

PROGETTO DELLA CENTRALE SOLARE "SOLAR BLOOMS"

da 29,36 MWp a Civita Castellana (VT)



GR01

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E DI INQUADRAMENTO IDRAULICO



PACIFICO

Proponente

Pacifico Pirite S.R.L.

Piazza Walther-von-der-Vogelweide, 8 - 39100 (BZ)

progetto
verde
studio di architettura del paesaggio

Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione

Progettista: Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi, Arch. Alessandro Visalli

Collaboratori: Arch. Anna Manzo, Urb. Patrizia Ruggiero, Arch. Anna Sirica

Progettazione elettrica e civile

Progettista: Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto

Collaboratori: Ing. Marco Balzano, Ing. Simone Bonacini



AEDES GROUP
ENGINEERING



**MARE
RINNOVABILI**

Consulenza geologia

Geol. Gaetano Ciccarelli

Consulenza archeologia

Apoikia S.R.L.

Via Sant'Anna dei Lombardi, 16 - 80134 (NA)

04 2023

rev	descrizione	formato	elaborazione	controllo	approvazione
00	Prima consegna	A1	Carmine Perna	Gaetano Ciccarelli	Fabrizio Cembalo Sambiasi
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E NORME DI RIFERIMENTO	3
2.1	Coerenza dello studio con le norme vigenti	6
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
4	NORAMATIVA RIFERIMENTO	8
5	ASSETTO FISICO E GEOLOGICO	9
5.1	Quadro geologico di riferimento	9
6	MODELLO GEOLITOLOGICO	12
7	ASSETTO GEOMORFOLOGICO	12
8	CIRCOLAZIONE IDRICA	14
9	INDAGINI DI RIFERIMENTO	16
10	ANALISI DEI DATI DELLE INDAGINI DI RIFERIMENTO: MODELLAZIONE GEOTECNICA 17	
10.1	Prove DPSH	17
10.2	indagini geofisiche	18
10.3	Modello Geotecnico e Litologico Medio	20
10.4	Acque sotterranee	21
11	PERICOLOSITÀ SISMICA	21
11.1	Sismicità storica ed hazard sismico	21
11.1.1	Hazard Sismico	24
11.2	Classificazione Sismica	26
11.3	Magnitudo di riferimento	29
12	VERIFICA A LIQUEFAZIONE	34
13	ANALISI DEI VINCOLI IDROGEOLOGICI	34
13.1	p.a.i. - pericolosità idraulica e geomorfologica	34
14	CONCLUSIONI	38
15	LIMITAZIONI	40

INDICE DELLE TABELLE

Tabella n. 3-1	Documenti di riferimento	8
Tabella n. 10-1	Parametri geotecnici caratteristici dei livelli del sottosuolo	21
Tabella n. 11-1	Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio (Comune di Civita Castellana). Is - intensità al sito (MCS); AE - Denominazione dell'area dei maggiori effetti; Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.	23
Tabella n. 11-2	Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno	29

Tabella n. 11-3. Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo Simboli: Valore fissato (zona di vulcanismo recente). *: "Giudizio Esperto"	31
Tabella n. 11-4 Valori medi Magnitudo e Distanza in base al metodo della disaggregazione	33

INDICE DELLE FIGURE

Figura n. 2-1. Inquadramento geografico generale dell'area in esame, Google Earth	4
Figura n. 2-2 Google – Vista stato di fatto del sito.....	5
Figura n. 2-3 Google – Vista del sito con l'ipotesi di progetto	5
Figura n. 2-4 Stralcio della planimetria catastale riguardante l'area d'esame.....	7
Figura n. 5-1. Stralcio del Foglio 143 Bracciano e 144 Palombara Sabina della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000 - nel poligono in rosso l'area di progetto –.....	11
Figura n. 7-1 Ubicazione topografica del sito – CTR Elemento 356101 e 356102 scala 1:5000 ediz. 2014 – stralcio fuori scala -	14
Figura n. 8-1 Stralcio della Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio alla scala 1:100.000, Foglio 4 con legenda. In rosso l'area in esame, Regione Lazio – Dipartimento di Scienze Geologiche Università Roma Tre, 2012.....	16
Figura n. 10-1 Profili delle prove DPSH di riferimento rispettivamente P1, P2 e P3	18
Figura n. 11-1 Stralcio DBMI15 Massime intensità macrosismiche osservate (2015)	22
Figura n. 11-2 Grafico illustrante la storia sismica di Civita Castellana. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v1.5/query_place/)	24
Figura n. 11-3 DISS 3.2.1 Sorgenti sismogenetiche.....	24
Figura n. 11-4 Civita Castellana – MOPS 1 Livello – Stralcio del comprensorio di interesse –	27
Figura n. 11-5 Mappa di pericolosità sismica del territorio regionale del Lazio (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (http://esse1.mi.ingv.it/d2.html)	28
Figura n. 11-6 Mappa interattiva della pericolosità sismica di Valentano (http://esse1-gis.mi.ingv.it)	29
Figura n. 11-7 Zone sismogenetiche della regione Lazio.....	30
Figura n. 11-8 Stralcio della Carta delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti C., Valanzise G., et al., 2004)..	31
Figura n. 13-1 PAI B.I. del Tevere – WebGis della Provincia di Viterbo – . In rosso l'area di inserimento del parco fotovoltaico.....	35
Figura n. 13-2 Carta della Pericolosità del P.G.R.A. - in rosso l'area di studio -.....	36
Figura n. 13-3 Tavola 2.3.1 Vincoli Ambientali del Piano Territoriale Provinciale Generale (P.T.P.G.) della Provincia di Viterbo con legenda. In rosso l'area di studio, 2006.....	37

1 PREMESSA

La presente relazione, espone le risultanze degli studi geologici, geologico-tecnici e geosismici a supporto del progetto definitivo dell'impianto fotovoltaico nel tenimento comunale di Civita Castellana (VT).

Lo studio, in ossequio alle vigenti norme, definisce le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e del rischio sismico locale della zona interessata dai lavori, compreso gli scenari di rischio in base ai vigenti piani di assetto idrogeologico.

I temi affrontati dallo studio alla scala locale sono stati inquadrati nel contesto generale del territorio prendendo come riferimento la bibliografia relativa alle note illustrative della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, ovvero, del foglio n. 143 Bracciano.

In conformità con la norma NF P94-500 (versione novembre 2013) e la DFG-189.12.21-SON-075 B del 01/12/2021, la sezione geologico-tecnica del presente studio determina la natura e le proprietà geotecniche dei terreni per identificare eventuali rischi del sedime delle fondazioni dei pannelli solari.

Lo studio è stato sviluppato secondo il seguente programma:

- Indagine bibliografica e documentaristica per l'inquadramento geografico e territoriale dell'area in esame;
- Studio ed analisi della cartografia e bibliografia geologica, nel dettaglio il Foglio 143 e Foglio 144 della Carta Geologica d'Italia per la definizione delle caratteristiche geologiche tecniche e stratigrafiche;
- Analisi geomorfologia condotta su supporti cartografici disponibili;
- Analisi del "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della competente Autorità di Bacino;
- Analisi delle carte dei vincoli e delle aree protette;
- Studio della circolazione idrica superficiale e del sottosuolo;
- Analisi delle carte inventario dei fenomeni franosi e della sismicità storica;
- Analisi dei dati delle indagini di riferimento e modellazione geotecnica del sottosuolo;
- Modellazione geotecnica e sismica del sito.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E NORME DI RIFERIMENTO

L'area in esame è ubicata a sud-est del centro abitato del Comune di Civita Castellana in provincia di Viterbo vicino la località Valle Feliciosa con coordinate:

- 42°16'34.52" N,
- 12°29'03.71" E

Il sito di studio è inserito in un contesto agricolo; in particolare, il sito si trova a sud-est ed est di diversi impianti fotovoltaici esistenti secondo le visualizzazioni satellitari. Dal punto di vista geografico il territorio comunale di Civita Castellana è compreso entro fasce altimetriche generalmente inferiori a 145 metri s.l.m. e superiori a 35 metri s.l.m. Nel territorio comunale di Civita Castellana insistono alcuni fossi di carattere torrentizio e pluviale, mentre il corso d'acqua principale è rappresentato dal Fiume Treja, che rappresenta un affluente di destra del Tevere.

Nel dettaglio l'area di studio, osservabile in Figura n. 2-1, presenta quote di circa 393 metri s.l.m.

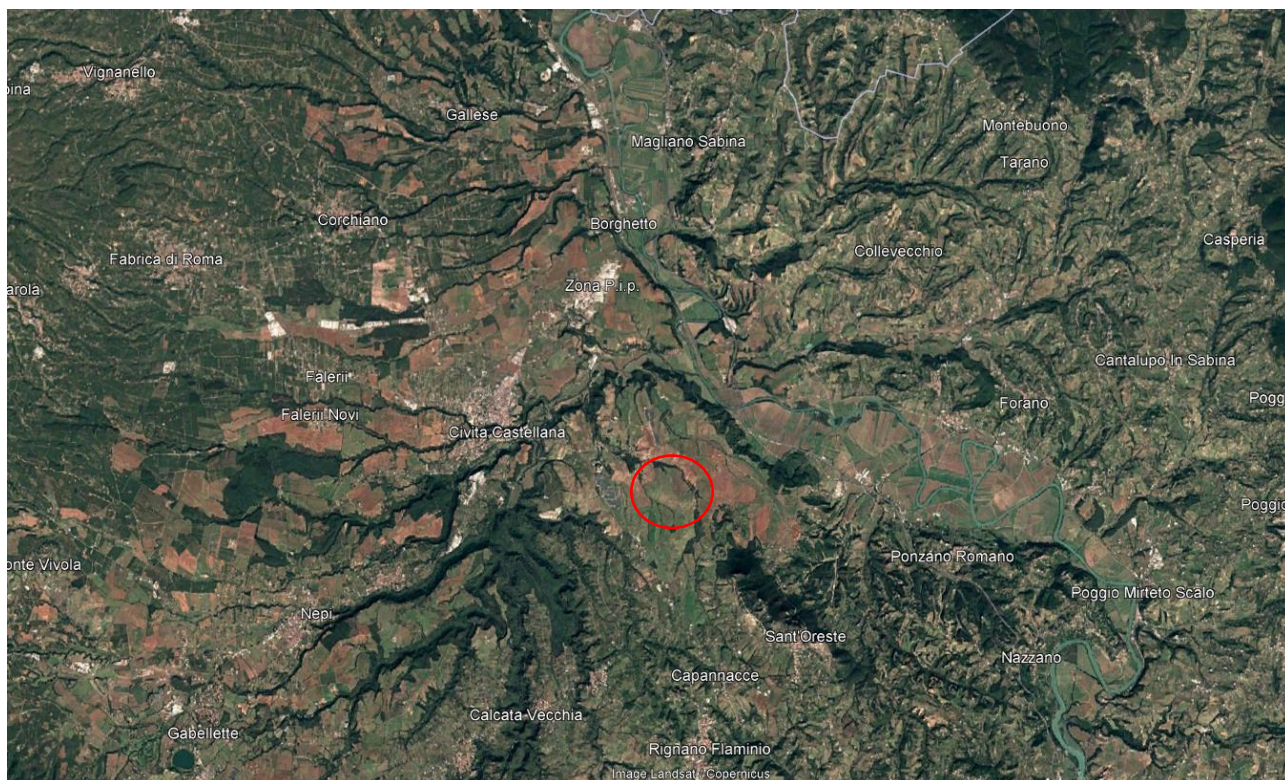


Figura n. 2-1. Inquadramento geografico generale dell'area in esame, Google Earth

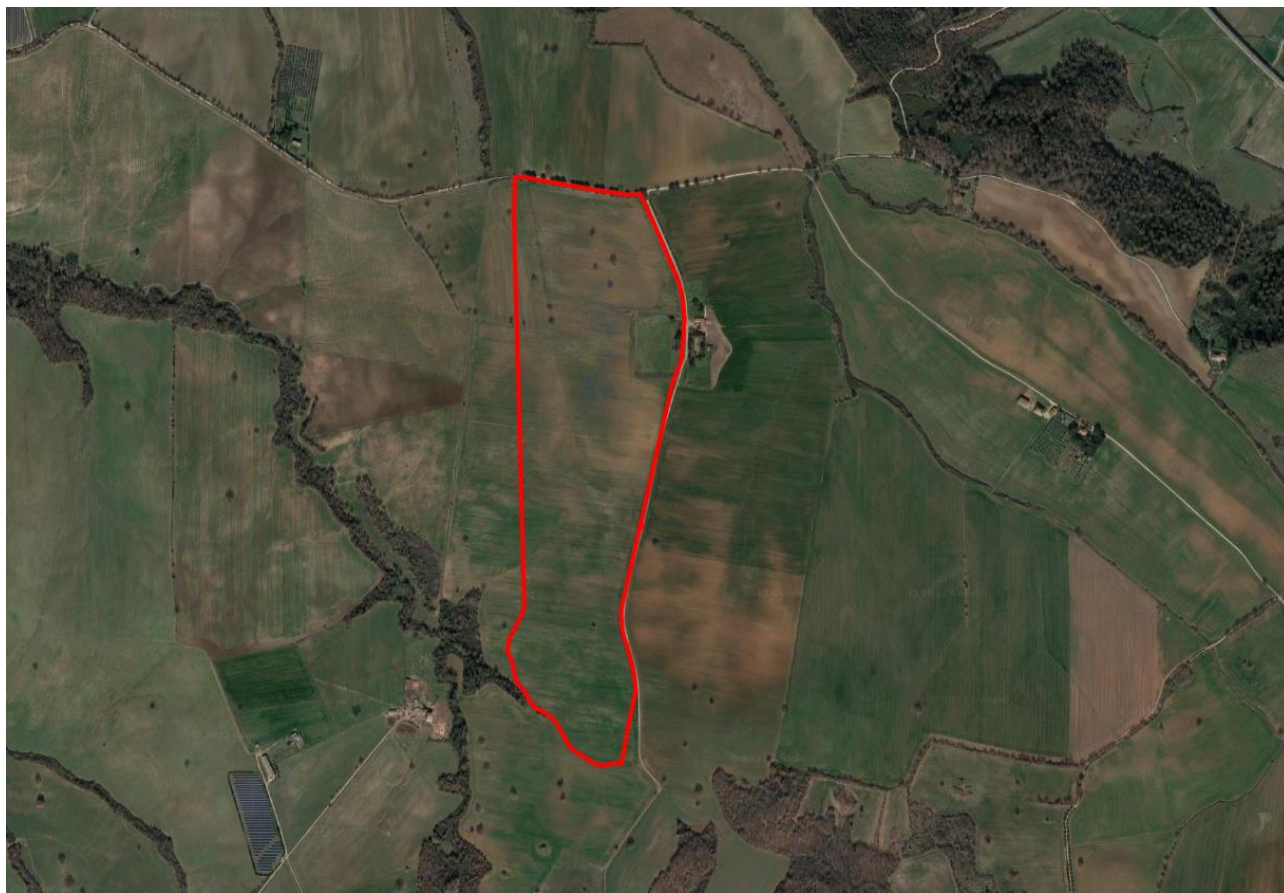


Figura n. 2-2 Google – Vista stato di fatto del sito



Figura n. 2-3 Google – Vista del sito con l'ipotesi di progetto

Le aree di riferimento sono riportate al Catasto dei Terreni nel Foglio 40 alle particelle nn. 96 – 84 – 239 – 99 – 85 – 100 – 101 – 59 – 86 si veda la figura n. 2.5.

2.1 COERENZA DELLO STUDIO CON LE NORME VIGENTI

Gli studi sono stati condotti nel rispetto delle indicazioni contenute nell'art. 41 del D.P.R. 328/01, nelle “Norme Tecniche per le Costruzioni” NTC 2018 approvate con il decreto MIT del 17.01.2018, pubblicate sulla Serie Generale n. 42 del 20.02.2018 in vigore dal 22.03.2018, e nel Regolamento Regionale n. 26 del 26.10.2020 (“Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14 e successive modifiche”. Bollettino Ufficiale Della Regione Lazio - n. 129 del 27/10/2020”, di seguito RR2020).

Con riferimento al § C 10.1 della Circ. Min. Infr. 7 del 21.01.2019 (S.O. n. 5 G.U. n. 35 dell'11.02.2019) recante “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al D.M. 17 gennaio 2018”, la presente contiene la “relazione geologica sulle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito” (§ 6.2.1 delle NTC e § C 6.2.1 della Circolare) e la “relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione” (§ 3.2 delle NTC e § C 3.2 della Circolare) e si pone a compendio della documentazione per l'ottenimento dell'autorizzazione sismica in conformità a quanto previsto dagli articoli 93 e 94 del D.P.R. 380/2001.

In base alla classificazione sismica del comune di Civita Castellana (sottozona 2B ai sensi della D.G.R. Lazio n. 387/2009) e alla tipologia di progetto, la Classe d'Uso è pari a IV ai sensi del § 2.4.2 delle NTC2018, sì che si definisce l'opera come rilevante (art. 4 c.2, lett. b, Tab. A, e art. 7, RR2020) e rischio sismico alto.

Per quanto disposto dalle norme regionali ed in relazione al richiesto Piano delle Indagini di cui all'Allegato “C” del citato RR2020 ed in relazione alla Classe d'Uso IV, trattandosi comunque di opere che prevedono fondazioni formate da piccole piastre di modesta ampiezza a cui affidare carichi ridotti e in assenza di scavi ed opere di contenimento importanti, le indagini programmate ed eseguite sono state ridotte, così come esplicitate nel successivo § 9 della presente relazione; anche in considerazione dell'ampio novero di prove sperimentali già eseguite in sede di PFTE.

Si ritiene, pertanto, adeguato la tipologia ed il numero di indagini di riferimento e quindi anche lo studio geologico del sito e la modellazione sismica, in relazione alla stessa complessità geologica, alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale. Giudichi il progettista delle strutture, responsabile secondo la vigente normativa in merito, se il suddetto programma di indagini risulta essere adeguato e sufficiente anche per le modellazioni geotecniche, in relazione alle caratteristiche dell'opera in progetto e alle caratteristiche del sottosuolo indagate in questa relazione. Lo scrivente sarà prontamente disponibile a curare eventuali integrazioni della campagna di indagini geotecniche, qualora il progettista lo ritenesse opportuno.

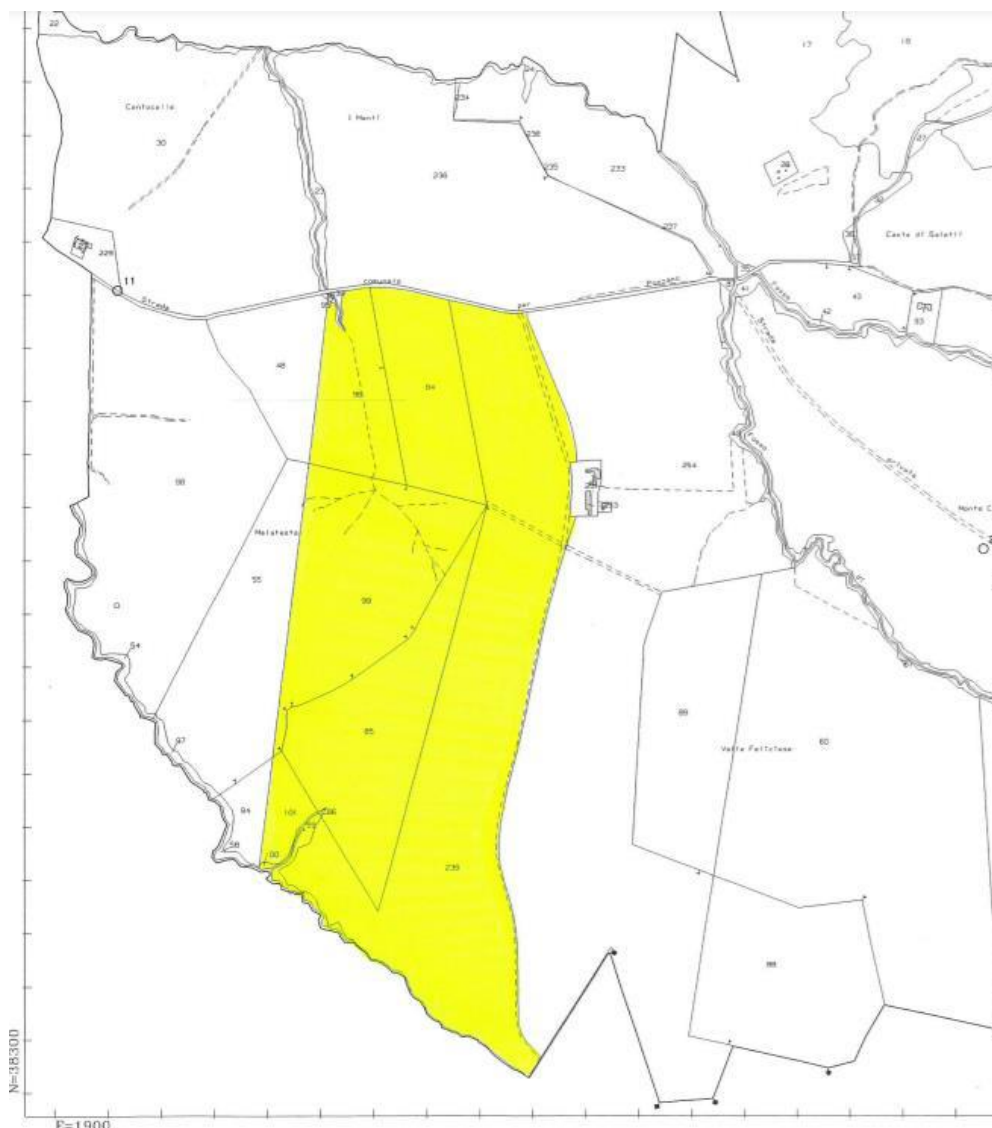


Figura n. 2-4 Stralcio della planimetria catastale riguardante l'area d'esame

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per lo studio geologico-tecnico sono stati utilizzati i dati contenuti nei documenti di seguito elencati.

In ottemperanza alle NTC2018 e per la tipologia di opere da realizzare, le indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche sono riportate nei documenti sottoelencati.

Nr. Rif.	Titolo documento	Autore	Anno
1	<i>Studio geologico per il progetto di fattibilità</i>	<i>CG Associati</i>	<i>2020</i>
2	<i>PAI Autorità di Bacino Distrettuale Italia Centrale – ex Autorità di Bacino Interregionale del fiume Tevere</i>	<i>Autorità di Bacino distrettuale Italia Centrale</i>	

3	<i>Carta geologica in scala 1:100.000 – Foglio n.143</i>	ISPRA	
4	<i>Carta geologica in scala 1:100.000 – Foglio n.144</i>	ISPRA	

Tabella n. 3-1 Documenti di riferimento

I documenti prodotti nell’ambito del presente lavoro sono:

Sigla .	Titolo documento	Autore	Anno
GEO_01	Stralcio della Carta geologica in scala 1:100.000 – Foglio n.143 e 144 riportata in Figura 5.1	ISPRA	-
GEO_03	Relazione geologico sismica	CG Associati Srls	2021

Figura n. 3-2 Elaborati prodotti

4 NORAMATIVA RIFERIMENTO

Il quadro normativo di riferimento a cui risponde lo studio eseguito è così costituito:

- 81-2012-IEEE (Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System).
- EN 1997 - Eurocode 7: Geotechnical design. Part 1: General rules.
- EN 1997 - Eurocode 7: Geotechnical design. Part 2: Ground investigation and testing.
- EN 1997 - Eurocode 7: Part 3: Design assisted by field testing.
- Legge 02 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Coordinato con la Circolare del Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, n. 30483 - Istruzioni per l'applicazione.
- Ord.P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. e documenti correlati.
- D.M. 14 gennaio 2008 Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Norme Tecniche per le Costruzioni
- DPR 6 giugno 2001, n.380. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A)
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Circolare 11 dicembre 2009. Entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Circolare 5 agosto 2009 - Ulteriori considerazioni esplicative
- D.G.R. Lazio n.545 del 26 Novembre 2010. Linee guida per l'utilizzo degli indirizzi e criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica nel territorio della Regione Lazio e s.m.
- D.G.R. del 5 luglio 2016 n.375. Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico
- “Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)” aggiornate ai sensi del DPCM del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti DEL 17 gennaio 2018 e successive modifiche;
- L.R. n.12 del 18/12/2018 “Disposizioni in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico. Ulteriori disposizioni per la semplificazione e l'accelerazione degli interventi di ricostruzione delle aree colpite dagli eventi sismici del 2016 e successivi”.

- DGR del 23/07/2019, n. 493 recante “Modifica deliberazione di Giunta regionale 22 maggio 2009 n. 387 concernente “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03”, come modificata dalla deliberazione di Giunta regionale 17 ottobre 2012, n. 489.”
- Regolamento regionale 26 Ottobre 2020 n. 26 - BUR 27 ottobre 2020, n. 129 - Regolamento regionale per la semplificazione e l’aggiornamento delle procedure per l’esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n.14 e successive modifiche.

5 ASSETTO FISICO E GEOLOGICO

Per quanto riguarda l’inquadramento geologico regionale dell’area in esame è stato preso come riferimento lo studio presente le Note Illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000 (Servizio Geologico d’Italia, Foglio 143 Bracciano e 144 Palombara Sabina).

L’area esaminata è situata sull’estremo margine sud orientale dell’apparato vulcanico vicano, la cui evoluzione è datata in un periodo compreso tra 900.000 e 95.000 anni fa, in cui sono state distinte quattro fasi principali, in base alle diverse attività vulcaniche.

La terza fase (0.2 – 0.15 Ma) è stata quella più importante, durante la quale furono emesse le varie formazioni piroclastiche ignimbritiche, ampiamente diffuse su tutto il territorio circostante. In particolare, il terzo deposito, Ignimbrite C (0.15 Ma), è il più noto poiché dotato di maggiore estensione areale.

È conosciuto come “Tufo rosso a scorie nere”, fu emesso in notevoli quantità e si estese per un raggio di decine di chilometri dal centro di emissione, ricoprendo gran parte del territorio, colmando le paleovalli e formando un esteso plateau localmente inclinato verso la valle del Tevere.

Questa emissione iniziò con la deposizione di pomici di ricaduta disperse nel settore sud ovest del vulcano, seguite da colate di pomici immerse in una matrice cineritica chiara, di spessore limitato ad alcuni metri.

Il plateau vulcanico è attraversato da valli profondamente incise, le quali hanno l’aspetto di vere e proprie “forre”, con dislivelli che raggiungono anche i 100 metri dalla sommità dei versanti, formando un reticolo idrografico facente parte dell’ampio bacino del Tevere.

Il reticolo idrografico ha un orientamento in direzione sud ovest - nord est e drena verso il bacino principale, appartenente al torrente Treia, che invece è orientato in direzione sud – nord.

Tale reticolo è di tipo sub parallelo – sub angolare ed è stato notevolmente influenzato dalla tettonica; si ipotizza pertanto che i fossi si siano impostati proprio lungo alcuni allineamenti, più facilmente erodibili, corrispondenti alle principali fratture.

Le scarpate dei versanti in cui affiorano depositi vulcanici di notevole potenza, sovrastano i terreni di origine sedimentaria.

I depositi sedimentari hanno sia origine continentale (fluviale) che marina e appartengono al plio – pleistocene; sono più facilmente erodibili, hanno matrice sabbio - ghiaiosa e sabbio – argillosa.

5.1 QUADRO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

L’area in esame fa parte di una vasta area dall’alto Lazio, al confine con la Toscana e l’adiacente entroterra collinare e montuoso fino al Lago di Bolsena.

In tutta l'area affiorano terreni vulcanici dell'apparato vicano ricoperti, nelle zone vallive, da depositi continentali plio-pleistocenici.

Le formazioni vulcaniche affiorano in tutta l'area rilevata, occupata in prevalenza dai tufi di copertura e quindi una delle “manifestazioni” finali dell'apparato vicano.

Riferendosi al Foglio 143 della Carta Geologica d'Italia (doc. rif. N.5 - si veda lo stralcio della figura 5.1-) si rileva che nell'ambito dell'area di progetto sono presenti coperture tufacee sotto forma di cineriti con strati a lapilli (Tufi Finali – sigla **T₁** o **Tps**). La formazione lavica è ascrivibile all'attività del complesso vulcanico di Vico.

Le caratteristiche di questo tufo sono la matrice cineritica omogenea, saldata, di colore rossastro – giallastro nella porzione alterata, o grigio scuro, in cui sono incluse numerose scorie nere porfiriche a leucite e sanidino, a tessitura orientata.

Localmente, il tufo può apparire nella sua facies incoerente pozzolanica nerastra, specialmente nella sua porzione basale che ha la natura e l'aspetto delle pomici della facies normale litoide.

Il volume di emissione di quest'unità piroclastica fu notevole, intorno a 10 km³, legato sicuramente alla fase principale dello sprofondamento della caldera di Vico.

La presenza dei depositi di ricaduta pomicei, iniziali, fa pensare ad una colonna esplosiva i cui prodotti si depositarono sul fianco meridionale del vulcano, a questi seguirono le brecce caotiche che segnarono il passaggio da un'attività eruttiva centrale ad un'attività fissurale, legata alla prima fase di collasso calderico.

I notevoli volumi emessi successivamente e l'aspetto omogeneo dei depositi di notevole spessore, sono spiegabili con l'apertura di più fratture eruttive che hanno fornito un'alimentazione continua dell'attività vulcanica ed un'alta velocità di emissione. L'intensa attività vulcanica descritta ha contribuito alla formazione di una zona a morfologia sub collinare, poco accentuata, che si affaccia sulla valle del Tevere, posta poco più ad est.

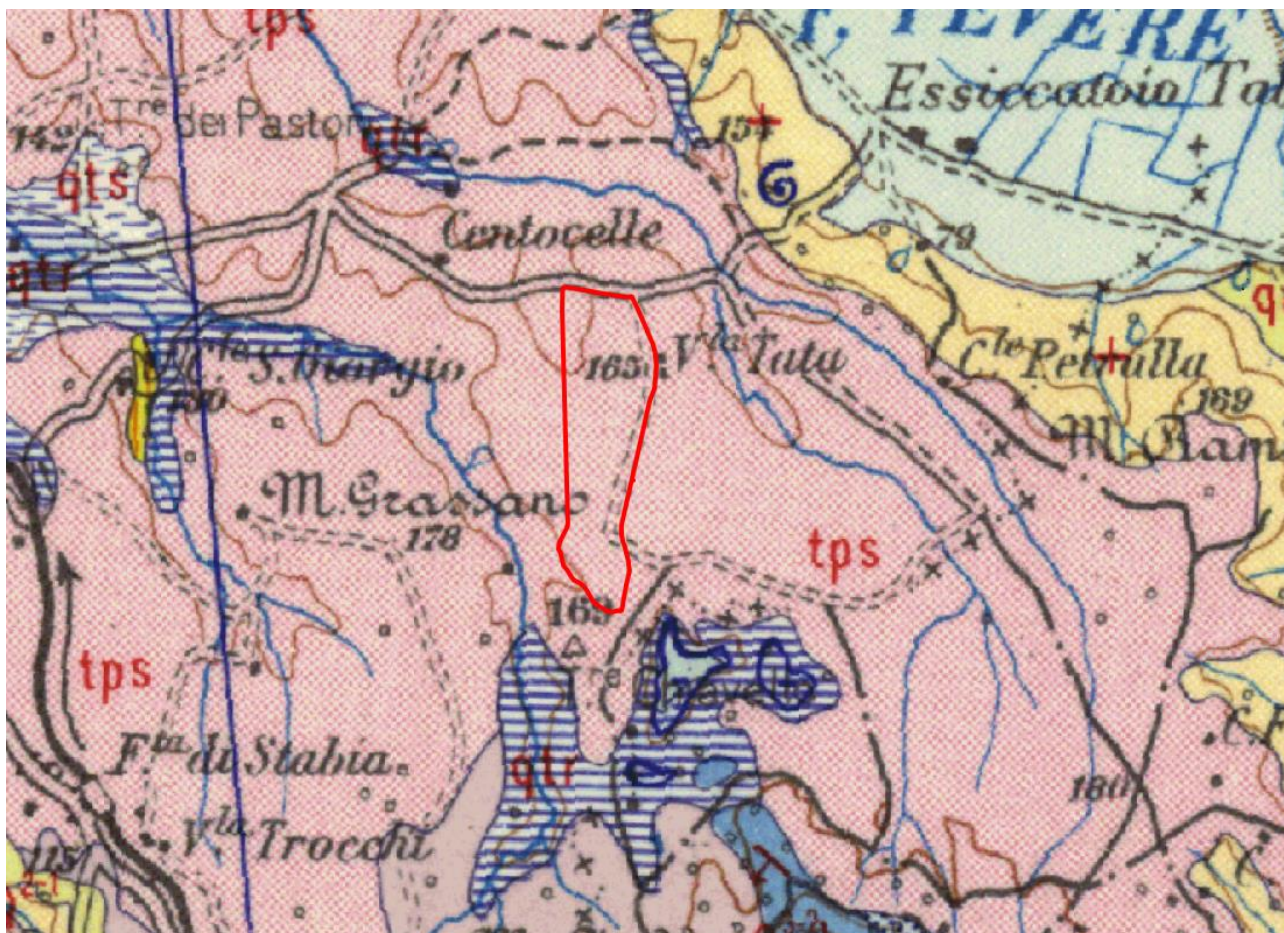
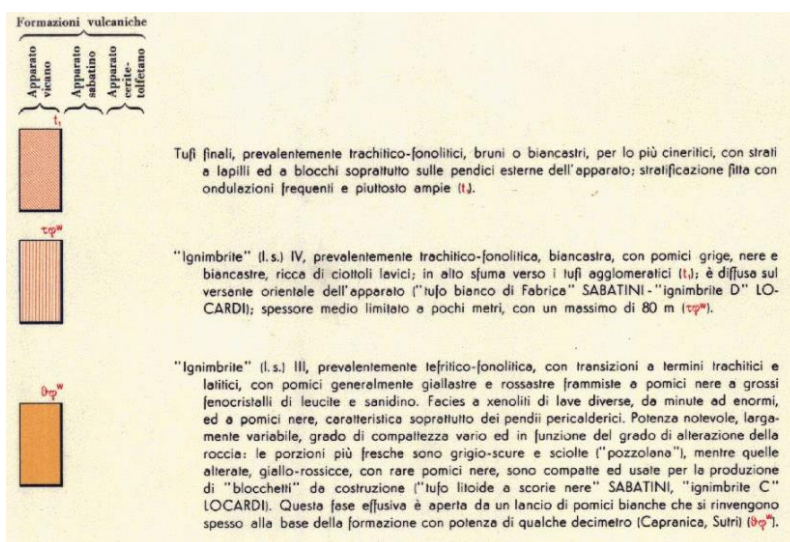


Figura n. 5-1. Stralcio del Foglio 143 Bracciano e 144 Palombara Sabina della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000 - nel poligono in rosso l'area di progetto –



6 MODELLO GEOLITOLOGICO

Per quanto riguarda lo studio delle unità litostratigrafiche presenti nell'area in esame è stato preso come riferimento bibliografico lo studio della Carta Geologica d'Italia – ISPRA Foglio 143 e 144 rispettivamente Bracciano e Palombara Sabina. Nel presente capitolo saranno quindi analizzate e descritte brevemente le principali unità geologiche presenti nell'area in esame a partire dalla più antica, quella dei Tufi Finali (sigla **T₁**). Sotto la formazione tufacea è presente il complesso ghiaioso e sabbio argilloso che costituisce il deposito sedimentario precedente l'arrivo della coltre vulcanica, dotato di spessore discreto e composto inizialmente da banchi di materiale grossolano che sfumano, in profondità, su depositi prettamente argillosi ed argillo sabbiosi.

Unità dell'apparato vicano

Il vulcano di Vico rappresenta l'ultimo dei grandi eventi vulcanici della regione: i suoi prodotti ricoprono le vulcaniti degli altri sintemi e si estendono per grande raggio intorno al cono centrale i cui residui sono rappresentati dall'attuale caldera di Vico. Nell'area affiorano su tutta la porzione di progetto del parco fotovoltaico le manifestazioni finali dell'Apparato Vicano rappresentate da piroclastiti stratificate, i Tufi Finali (**T₁**).

Tufi Finali (T₁)

Costituiscono insieme alle Ignimbriti una delle manifestazioni finali dell'Apparato Vicano. I loro caratteri variano in funzione della distanza dalla regione craterica; nelle vicinanze di quest'ultima sono frequenti, intercalati agli strati di ceneri e lapilli, strati di tufi agglomeratici a grosse pomici del tutto simili ai banchi delle Ignimbriti. Allontanandosi dalle immediate pendici del vulcano, così come sono presenti nell'area in esame, gli strati agglomeratici vanno sparendo e nelle regioni periferiche compaiono in prevalenza livelli di tufi cineritici.

La stratificazione risulta incrociata e irregolarmente ondulata, in dipendenza spesso dell'ondulazione del terreno su cui è avvenuta la deposizione.

Nell'area in esame i tufi, prevalentemente trachitico-fonolitici, compaiono bruni o biancastri e per lo più cineritici, con strati a lapilli ed a blocchi. La stratificazione dei tufi risulta fitta con ondulazioni quindi frequenti piuttosto ampie.

7 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Civita Castellana sorge su un piano tufaceo dai pendii scoscesi e si trova in una posizione centrale rispetto al territorio, che è costituito in prevalenza da un tavolato di rocce nel quale il Fiume Treja, tributario del Tevere, e gli altri affluenti minori hanno inciso dirupi e vallate. L'area è caratterizzata dalla tipica morfologia di origine vulcanica. Il paesaggio è generalmente collinare, e si osserva la presenza dei fianchi dei vulcani o dalle creste delle caldere che formano alture e che si raccordano dolcemente con le pianure sottostanti.

Il comprensorio denota un reticolo idrografico principale di tipo radiale ed un reticolo secondario di tipo dendritico (arborescente) nelle altre zone caratterizzate da depositi detritici. I dissesti in quest'area sono limitati e legati per lo più a locali e modeste frane da crollo negli areali litoidi e per scalzamento alla base delle scarpate lungo gli alvei più incisi.

La diversa natura dei terreni presenti nell'area, fa sì che si possano notare diverse unità morfologiche. L'area di progetto è inserita nel contesto della valle a sud della confluenza tra il Fiume Treja ed il Tevere. La valle è allungata nella direzione N e il sito, come evidente dalla figura seguente, si trova tra le quote medie assolute di 146.5 / 172.9 m slm; quindi, in un contesto subpianeggiante privo di segni di instabilità e di possibili modificazioni morfologiche. L'alveo del fosso dista circa 450 m. dal perimetro nord del lotto d'intervento e si

presenta poco inciso con scarpate di modeste altezze. Piccole scarpate visibili nei dintorni riguardano direttamente la proprietà e non inficiano la sicurezza e la stabilità dei luoghi.

Attualmente non sono stati rilevati elementi che indichino la presenza di movimenti gravitativi in atto ed il sito risulta stabile.

Nel complesso le litologie affioranti ed in particolare i tufi che interessano l'area di progetto, e le coperture detritiche mostrano segni di erosione superficiale dovuti alla corrivazione delle acque dilavanti lungo solchi paralleli alla pendenza dei luoghi.

Vista la morfologia e l'acclività del sito, non si rileva la possibilità di amplificazione sismica legata alla topografia, la zona infatti, avendo una pendenza media molto ridotta, ricade nella categoria T1 (pendii con inclinazione inferiore a 15°).

L'area non è compresa all'interno delle zone a rischio cartografate nel Piano di Assetto Idrogeologico (sigla P.A.I.) della competente Autorità di Bacino (si veda la fig. 13-1).

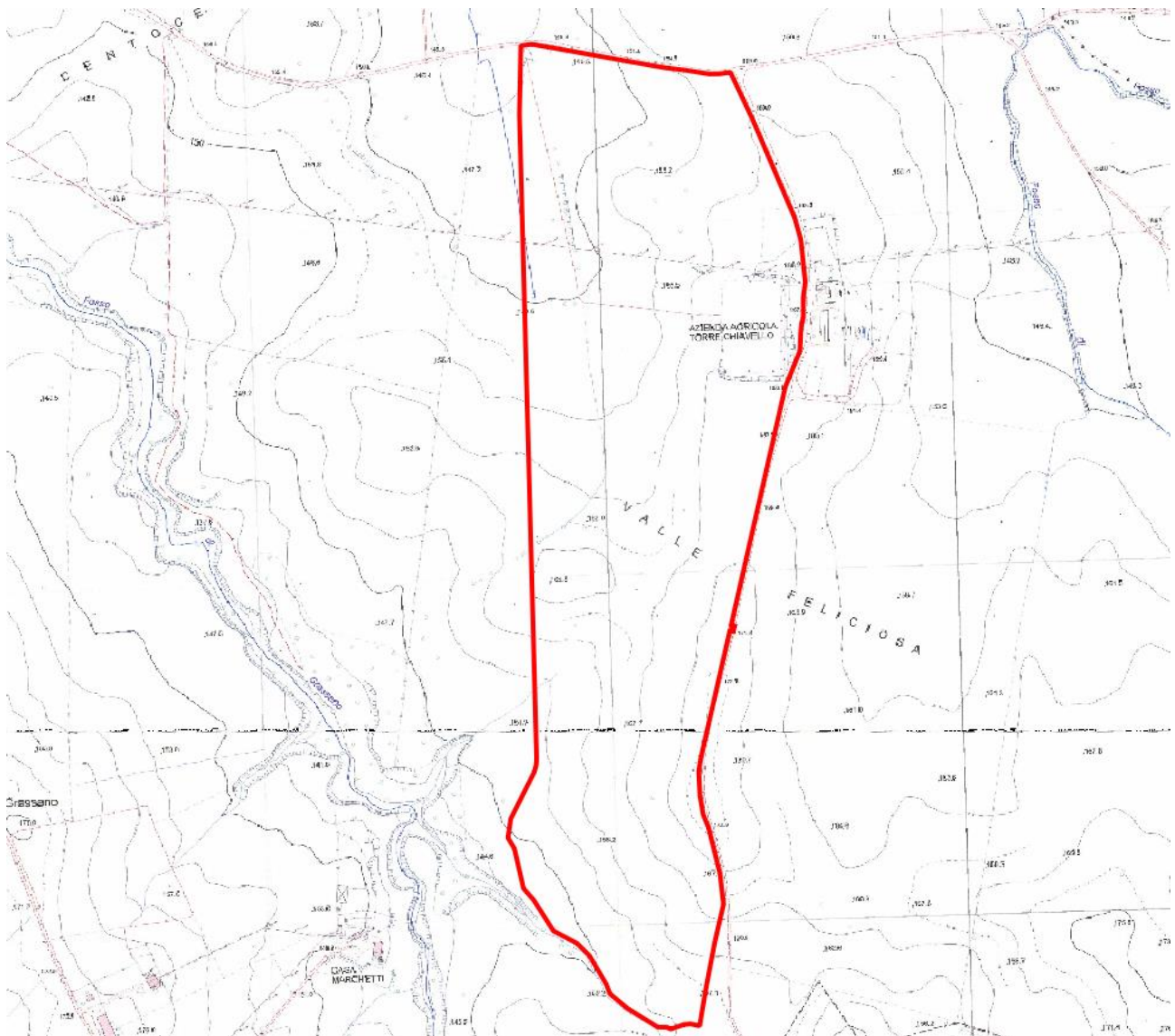


Figura n. 7-1 Ubicazione topografica del sito – CTR Elemento 356101 e 356102 scala 1:5000 ediz. 2014 – stralcio fuori scala -

8 CIRCOLAZIONE IDRICA

Dal punto di vista idrogeologico è possibile affermare che il reticolo idrografico superficiale appare da poco a mediamente sviluppato.

Tra i vari elementi idrografici presenti nei dintorni dell'area in esame, l'elemento principale è rappresentato dal Torrente Treja a nord dell'area di studio. Il torrente Treia è dotato di portata perenne ed abbondante, con ampie variazioni stagionali, ha un bacino idrografico di notevoli dimensioni e di forma rettangolare, allungata in direzione approssimata ovest – est, con versanti da mediamente a molto acclivi e pendenza media dell'alveo dell'1.0 %.

Il fosso fa parte del reticolo idrografico, inizialmente radiale centrifugo poi sub parallelo, che si diparte dalle alture sabatine e vicane, che qui è allineato in direzione approssimata sud ovest – nord est.

La quota della falda acquifera principale si attesta intorno agli 85 metri sul livello del mare, cioè a circa 25 metri dal piano di campagna locale con potenzialità discreta.

Sono possibili mineralizzazioni delle acque sotterranee nonché piccole falde sospese; il flusso idrico sotterraneo segue l'andamento di quello superficiale locale ed è diretto verso nord est; nella zona non sono segnalate sorgenti idriche degne di nota.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua secondari si noti la presenza del Fosso di Cava Travertina a nord dell'area di progetto.

La piovosità media annuale della zona, relativa alla stazione di Civita Castellana, nel periodo 1968 – 1995, si attesta intorno ai 970 mm annui con una infiltrazione efficace media intorno al 30 %.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti si riscontra un medio grado di permeabilità dovuto alla natura prevalentemente piroclastica e scoriacea delle unità presenti.

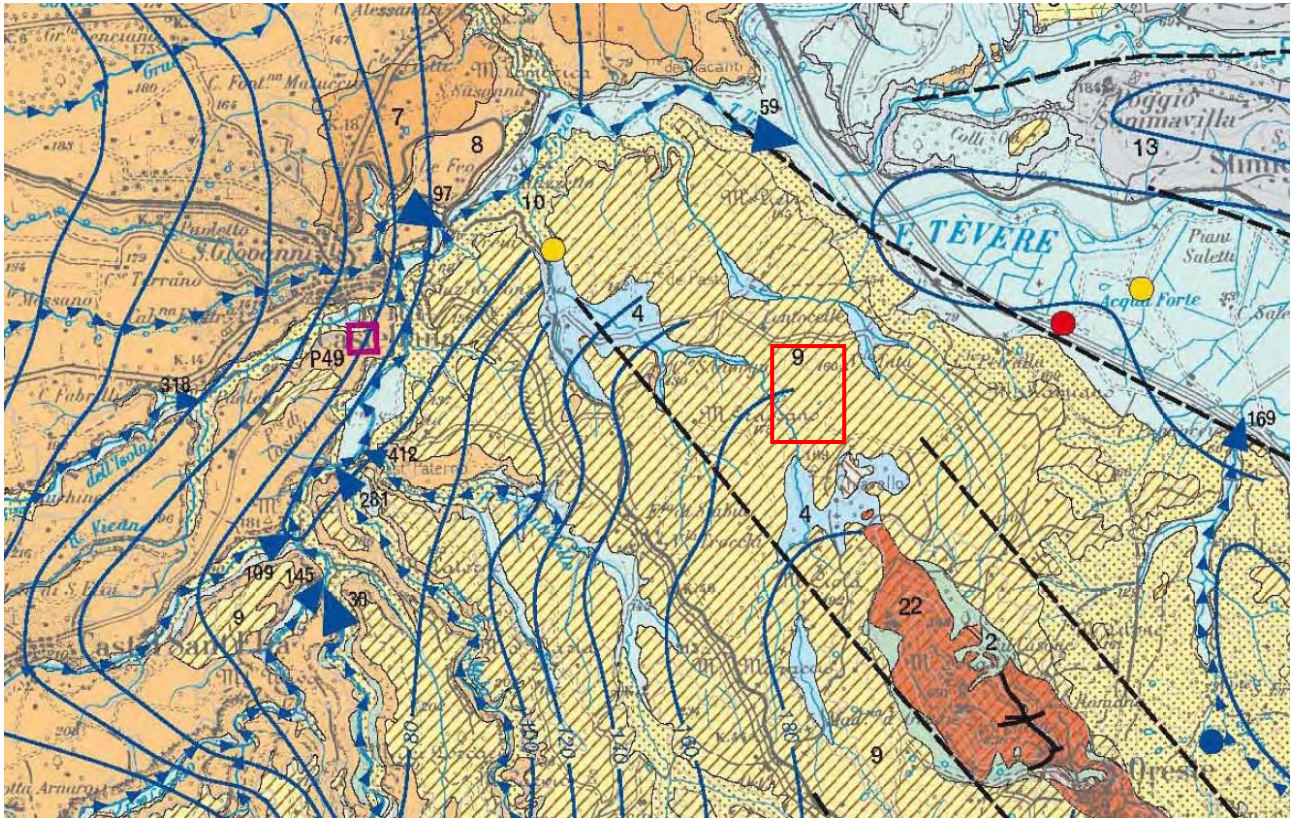
L'analisi delle caratteristiche dei litotipi affioranti ha consentito di accorparli in diversi complessi definiti secondo CIVITA, 1973 come “un insieme di termini litologici simili aventi una comprovata unità spaziale e giacitura, un tipo di permeabilità prevalente comune ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto”. Nel territorio affiorano diversi complessi idrogeologici costituiti da litotipi con caratteristiche idrogeologiche simili. I litotipi sono quelli adottati nella “Carta Geologica Informatizzata della Regione Lazio” (Regione Lazio – Dipartimento di Scienze Geologiche Università Roma Tre, 2012). Le caratteristiche idrogeologiche dei complessi sono espresse dal grado di “potenzialità acquifera”, definita come la capacità di ciascun complesso di assorbire, immagazzinare e restituire l'acqua.

I complessi idrogeologici in prossimità dell'area in esame sono n°2 e presentano una potenzialità di acquifero diversa da bassa fino a medio alta e sono i seguenti:

(9) Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche – potenzialità acquifera bassa -. Si rilevano in tutta l'area di studio e sono composti da tufi stratificati, tufi terrosi, brecce piroclastiche, pomici, lapilli e blocchi lavici in matrice cineritica. I termini del complesso si presentano interdigitati tra gli altri complessi vulcanici per cui risulta difficile definire lo spessore totale. Il complesso ha una rilevanza idrogeologica limitata anche se localmente può condizionare la circolazione idrica sotterranea, assumendo localmente il ruolo di limite di flusso e sostenendo esigue falde superficiali.

(4) Complesso dei travertini – potenzialità acquifera medio alta - Travertini antichi, recenti e attuali, concrezioni travertinose intercalate a depositi alluvionali e lacustri. Presentano uno spessore variabile fino ad un massimo di un centinaio di metri. Dove affiora in estese placche isolate è sede di una circolazione idrica

significativa che dà luogo a falda locali di buona produttività, dove si trova in continuità idraulica con gli acquiferi alluvionali e/o carbonatici regionali, la produttività della falda aumenta perché ben alimentata.



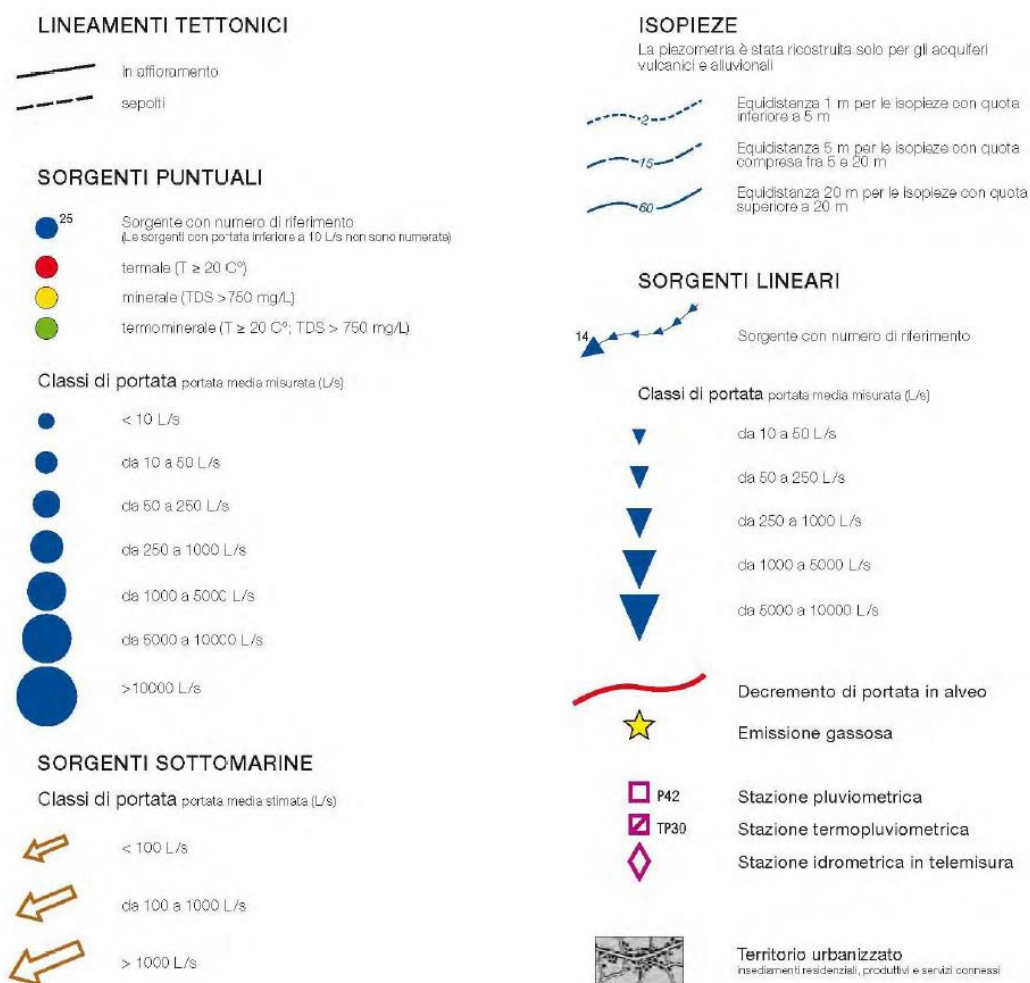


Figura n. 8-1 Stralcio della Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio alla scala 1:100.000, Foglio 4 con legenda. In rosso l'area in esame, Regione Lazio – Dipartimento di Scienze Geologiche Università Roma Tre, 2012

Osservando la Carta della figura 8.1, si nota che nell'area d'interesse è presente principalmente il complesso dei depositi dei tufi stratificati che presentano una potenzialità acquifera bassa.

Dall'osservazione delle isopieze presenti nella Carta Idrogeologica si noti come l'area di studio è compresa tra la isopieza 180 a sud e la 160 a nord.

È da sottolineare la presenza di diverse sorgenti lineari composte dal Fiume Treja che parte da direzione SO ed attraversa la zona a nord dell'area in esame in direzione EO.

9 INDAGINI DI RIFERIMENTO

Premesso che in base alle norme sismiche della regione Lazio (Regolamento regionale 26 ottobre 2020 n. 26), ovvero per quanto previsto dall'Allegato C di cui al Regolamento, così come aggiornato al R.R n. 7 del 2021, e per la riclassificazione sismica del territorio di Civita Castellana (giusti DGR nn. 387/09 e 835/09) che ricolloca lo stesso in classe 2 Sottozona B e per la tipologia delle opere a farsi, a basso impatto strutturale e tuttavia ricomprese nella Classe d'uso IV (DGR n. 387/09), le indagini prese a riferimento del presente studio sono da ritenersi sufficienti per la presente fase progettuale (cit. Allegato C, Rischio alto). Per la modellazione

geofisica e geotecnica del sottosuolo del sito e per l'analisi di Risposta Simica Locale (RSL) si è fatto riferimento allo studio ed all'integrazione di diverse indagini ricavate dalla letteratura:

- Ristrutturazione, adeguamento e messa a norma dell'ospedale di Civita Castellana (VT) – Relazione geologica e sismica, 204

Le indagini di riferimento comprendono:

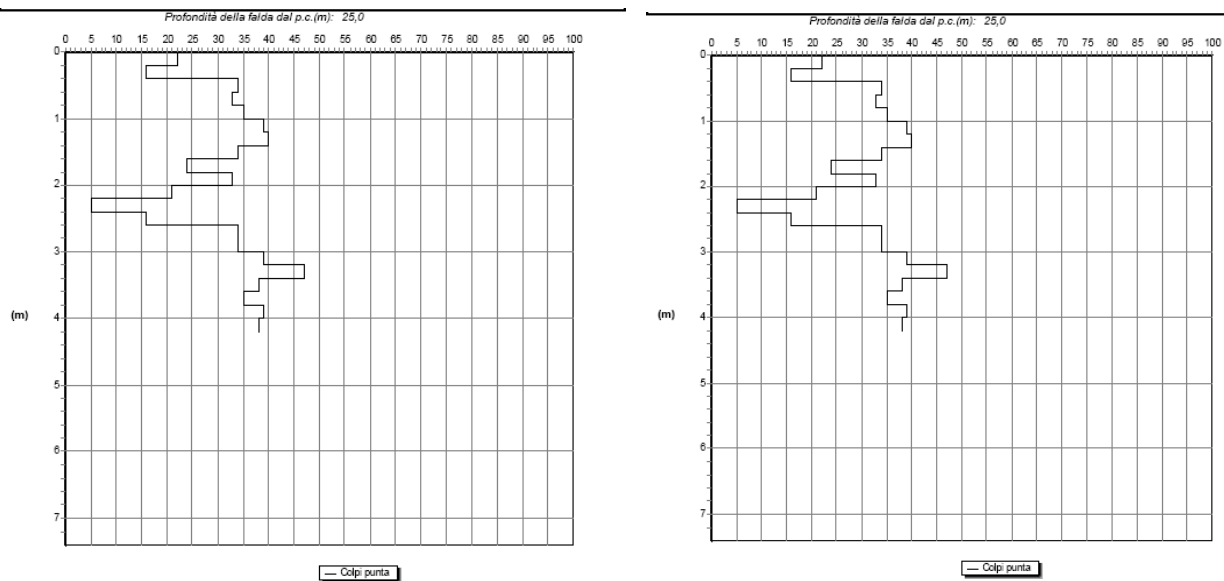
- 3 Infissioni penetrometriche DPSH (Dynamic Penetration Test NF P 94-115), denominati da PD-1 a PD-4, fino alla profondità di rifiuto;
- 1 Profilo sismico a rifrazione e Analisi Multicanale delle Onde di Superficie MASW, denominato SIS-1 ;
- 1 Prova HVSR.

10 ANALISI DEI DATI DELLE INDAGINI DI RIFERIMENTO: MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le indagini di riferimento citate nel paragrafo precedente e analizzate nel presente paragrafo hanno permesso di fornire una visione rappresentativa delle condizioni del sottosuolo locale; tuttavia, non si può escludere l'esistenza di anomalie stratigrafiche di estensione variabile.

10.1 PROVE DPSH

Tra le indagini di riferimento sono stata prese in considerazione n.4 prove DPSH con penetrometro dinamico a energia variabile. Nella figura 10.1 si riportano in copia i diagrammi delle infissioni.



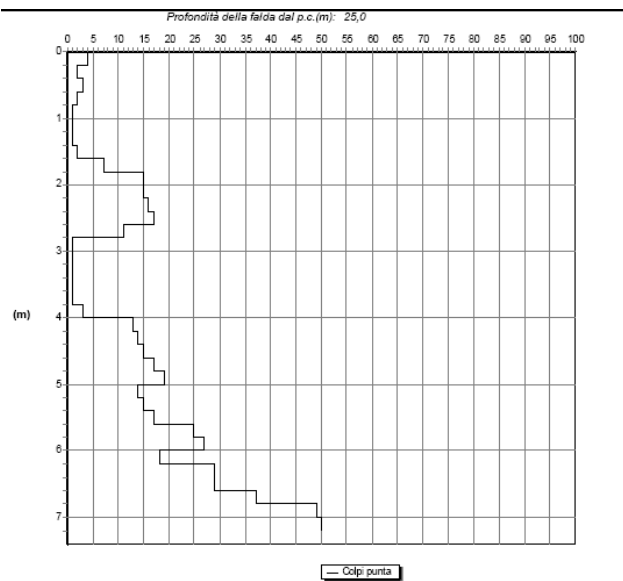


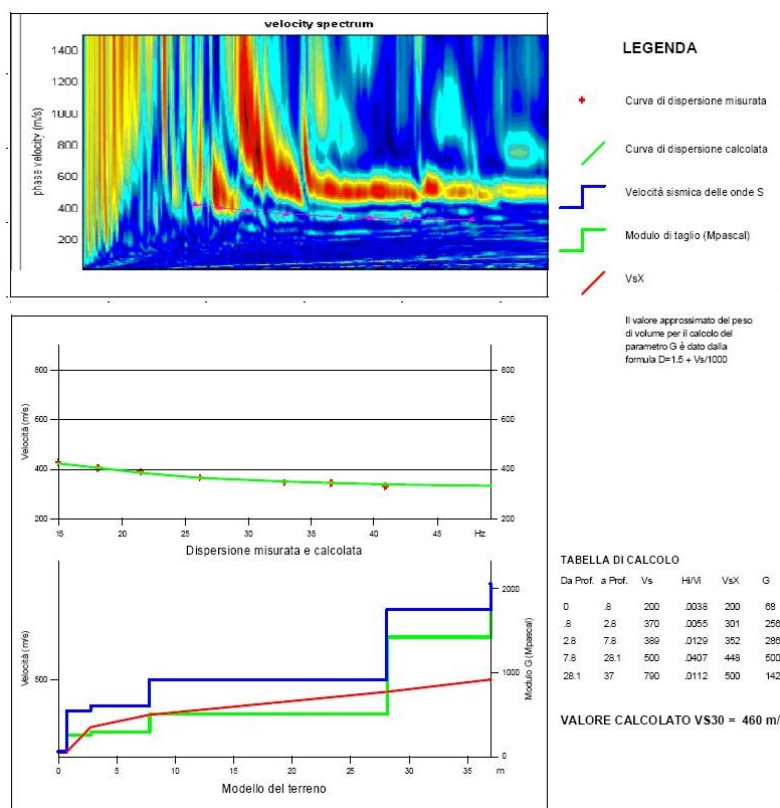
Figura n. 10-1 Profili delle prove DPH di riferimento rispettivamente P1, P2 e P3

Le profondità raggiunte dalle prove sono dettate dal rifiuto all'avanzamento della punta.

I valori dei parametri geotecnici caratteristici desunti dalle prove DPH, ovvero dalla resistenza dinamica alla penetrazione (qd), sono stati calcolati mediante un approccio globale ai risultati con individuazione del valore caratteristico della resistenza mediante l'intervallo di confidenza al 95%. I valori di resistenza qc e il numero NSPT sono stati calcolati mediante correlazioni così come la coesione (c, in Mpa), l'angolo di attrito ϕ (°) e il modulo di Young (E, Mpa). La resistenza al taglio dello strato superficiale (Topsoil) è stata calcolata mediante una nota correlazione e per il calcolo di Cu (Mpa).

10.2 INDAGINI GEOFISICHE

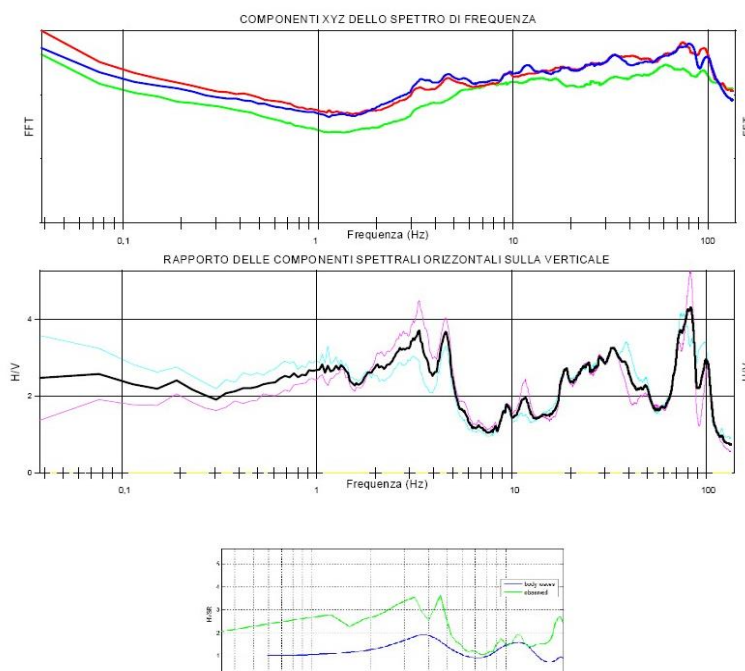
I parametri V_{s30} e lo spessore dei sismostrati ottenuti nell'analisi multicanale delle onde di superficie (MASW) ricavate da letteratura possono essere riassunti come segue:



Si noti come il valore calcolato di V_{s30} della MASW di riferimento è di 460 m/s.

Misure HVSR

Quale ulteriore indagine di riferimento è stata considerata una registrazione del rumore sismico ambientale con il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) realizzata tramite un'apparecchiatura portatile che impiega un geofono triassiale EEG ed i dati sono stati elaborati con software dedicato. L'analisi non hanno evidenziato picchi di frequenza significativi (si vedano le figure che seguono).



Indagine sismica HVSR

10.3 MODELLO GEOTECNICO E LITOLOGICO MEDIO

Le proprietà geotecniche dei terreni che formano la successione stratigrafica locale sono state desunte dall'interpretazione delle prove geofisiche e geotecniche ricavate dalla letteratura. Questi dati hanno permesso di identificare la caratteristica resistenza per ciascuna delle profondità rilevate. Come detto, si fa riferimento alle prove ricavate dalla letteratura.

I valori desunti dei principali di parametri fisici e di resistenza meccanica possono essere riassunti come segue:

LIVELLO A – Tufo rosso alterato	
Profondità dal p.c. (m)	-1 m
Spessore medio	3 m
Angolo di attrito interno	$\phi'_K = 34^\circ$
Coesione drenata	$c'_K = 0,1 \text{ kg/cm}^2$
Peso di volume naturale	$\gamma = 1,60 \text{ t/m}^3$
Densità relativa	$Dr = 80 \%$
Modulo Young	$E = 336 \text{ kg/cm}^2$
Modulo edometrico	$Ed = 119 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di taglio	$G = 540 \text{ kg/cm}^2$
N_{SPT} equivalente	$N_{SPT} = 23$
LIVELLO B – Tufo rosso a scorie nere	
Profondità dal p.c. (m)	4 m
Spessore medio	26 m
Angolo di attrito interno	$\phi'_K = 42^\circ$

Coesione drenata	$c'_{\kappa} = 0 \text{ kg/cm}^2$
Peso di volume naturale	$\gamma = 1,65 \text{ t/m}^3$
Densità relativa	$D_r = 85 \%$
Modulo Young	$E = 481 \text{ kg/cm}^2$
Modulo edometrico	$E_d = 205 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di taglio	$G = 838 \text{ kg/cm}^2$
N_{SPT} equivalente	$N_{SPT} = 47$

Tabella n. 10-1 Parametri geotecnici caratteristici dei livelli del sottosuolo

10.4 ACQUE SOTTERRANEE

Nell'area di progetto dall'analisi degli studi ricavati si nota come la falda è sempre stimata ad una profondità superiore a 20 m. dal piano campagna. Si sottolinea che comunque non è da escludere la presenza di una circolazione idrica a carattere stagionale; pertanto, nella fase esecutiva del lavoro si consiglia di stimare puntualmente la profondità della falda dal piano campagna.

11 PERICOLOSITÀ SISMICA

11.1 SISMICITÀ STORICA ED HAZARD SISMICO

L'analisi della pericolosità sismica storica locale nelle UAS del Lazio è stata eseguita utilizzando le informazioni macrosismiche messe a disposizione della comunità scientifica, a seguito del Progetto S1 dell'INGV, ed in particolare il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 [Gruppo di lavoro CPTI, 2015].

Studi recenti riguardanti la distribuzione delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>) indicano, per la zona in oggetto, dei valori intorno al sesto-settimo grado della scala macrosismica MCS.

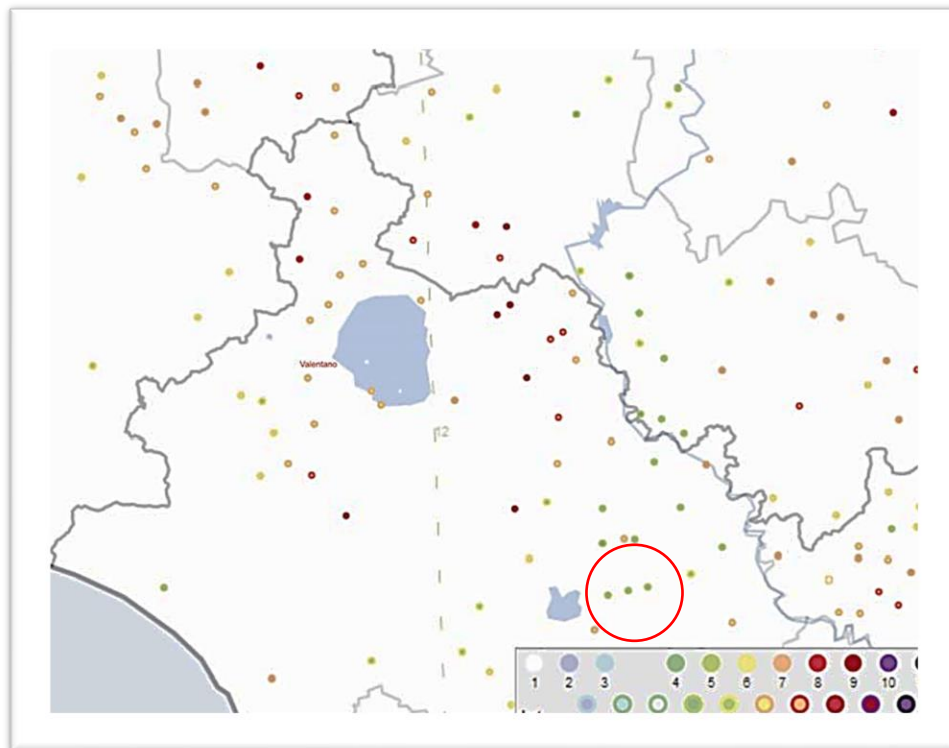


Figura n. 11-1 Stralcio DBMI15 Massime intensità macrosismiche osservate (2015)

Dall'analisi del Catalogo parametrico dei terremoti italiani (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>), si evincono i più importanti eventi sismici avvenuti nella zona e che hanno avuto un grande risentimento nell'area in studio; in totale gli eventi sono n. 23 e vengono riportati nella tabella 11.1.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	RMDP	Io	Mw
6-7		1695	06	11	02	30	Lazio settentrionale	50	8-9	5.80
F		1751	07	27	01		Appennino umbro-marchigiano	66	10	6.38
NF		1877	12	23	05	03	Viterbese	19	6	4.72
2		1892	01	22			Colli Albani	81	7	5.14
NF		1893	08	02	00	59	Valnerina	84	5-6	4.55
2-3		1895	11	01			Campagna romana	94	6-7	4.83
NF		1907	01	23	00	25	Adriatico centrale	93	5	4.75
NF		1909	08	25	00	22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
6-7		1915	01	13	06	52	4 Marsica	1041	11	7.08
NF		1930	10	30	07	13	Senigallia	268	8	5.83
2		1938	08	12	02	28	3 Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
NF		1957	12	06	04	54	Orvietano	63	7	4.97
3		1958	06	24	06	07	Aquilano	222	7	5.04
5		1979	09	19	21	35	3 Valnerina	694	8-9	5.83
4		1984	04	29	05	02	5 Umbria settentrionale	709	7	5.62
3-4		1984	05	07	17	50	Monti della Meta	911	8	5.86
3		1984	05	11	10	41	4 Monti della Meta	342	7	5.47
4		1997	09	26	00	33	1 Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4		1997	09	26	09	40	2 Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3-4		1997	10	03	08	55	2 Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
3		1997	10	06	23	24	5 Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
3-4		1997	10	14	15	23	1 Valnerina	786		5.62
NF		1998	08	15	05	18	0 Reatino	233	5-6	4.42
2-3		2000	12	16	07	31	0 Ternano	129	5-6	4.29
NF		2001	03	23	00	50	1 Sabina	85	5	3.77
3-4		2005	08	22	12	02	0 Costa laziale	57	5-6	4.78
NF		2005	12	15	13	28	3 Val Nerina	350	5	4.14
F		2017	01	18	10	14	0 Aquilano	280		5.70

Tabella n. 11-1 Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio (Comune di Civita Castellana). Is - intensità al sito (MCS); AE - Denominazione dell'area dei maggiori effetti; Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.

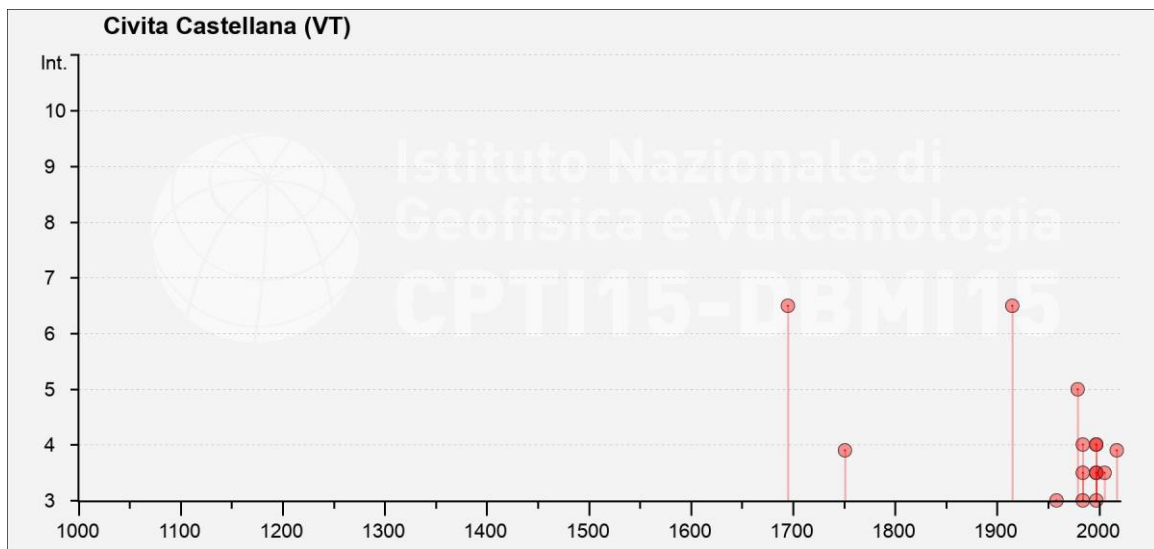


Figura n. 11-2 Grafico illustrante la storia sismica di Civita Castellana. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v1.5/query_place/)

11.1.1 Hazard Sismico

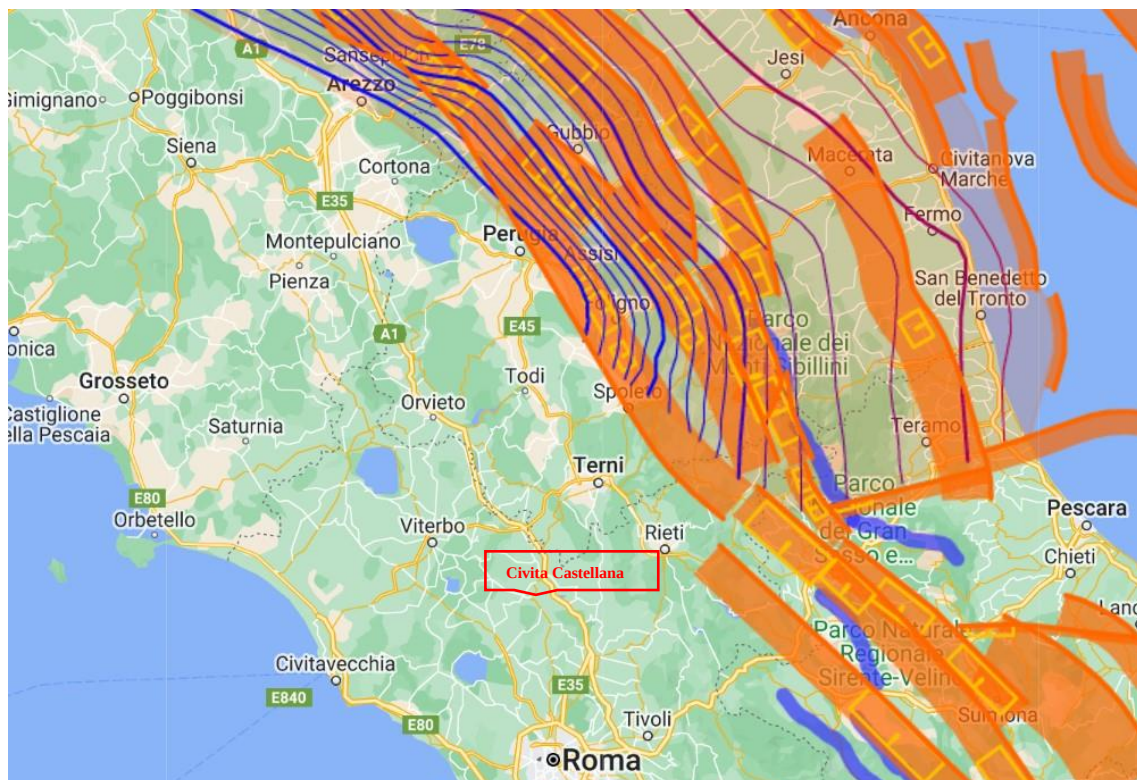
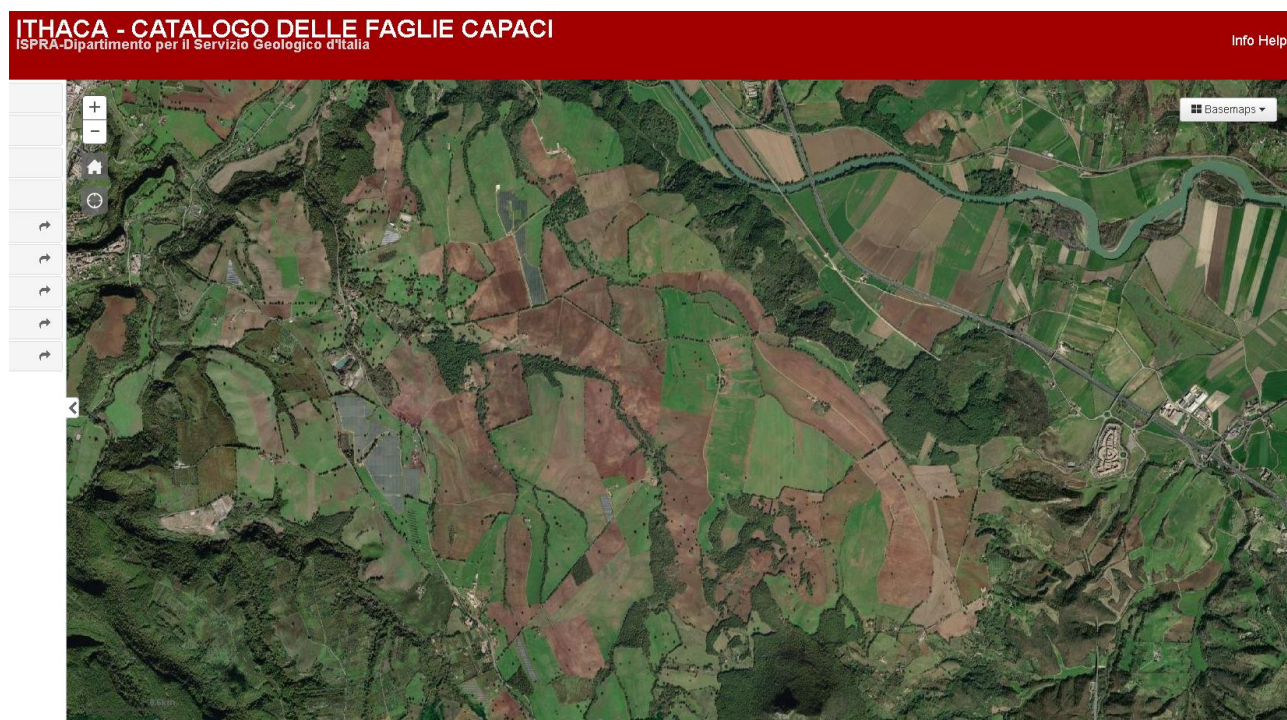


Figura n. 11-3 DISS 3.2.1 Sorgenti sismogenetiche

La conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci), assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. L'importanza di valutare la pericolosità in termini di ground rupture viene indicata anche nell'Eurocodice 8 (nella parte 5 sulle fondazioni). Per queste ragioni, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano.

Sebbene gran parte dei movimenti associati alle faglie capaci avvenga in associazione ad eventi sismici, raramente lo scorrimento può avvenire in modo lento, quindi asismicamente (creep). Deformazioni in superficie o a profondità prossime alla superficie lungo strutture fragili possono essere indotte in Italia anche da fenomeni endogeni non riferibili direttamente alla tettonica crostale.

La conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci), assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. L'importanza di valutare la pericolosità in termini di ground rupture viene indicata anche nell'Eurocodice 8 (nella parte 5 sulle fondazioni). Per queste ragioni, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano. ITHACA si propone, quindi, come strumento fondamentale per: a) analisi di pericolosità ambientale e sismica, b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, c) pianificazione territoriale e d) gestione delle emergenze di Protezione Civile. È inoltre di supporto alla ricerca scientifica nell'ambito dell'analisi dei processi geodinamici.



Nella figura si nota come Civita Castellana non sia interessata da faglie capaci (*una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa*).

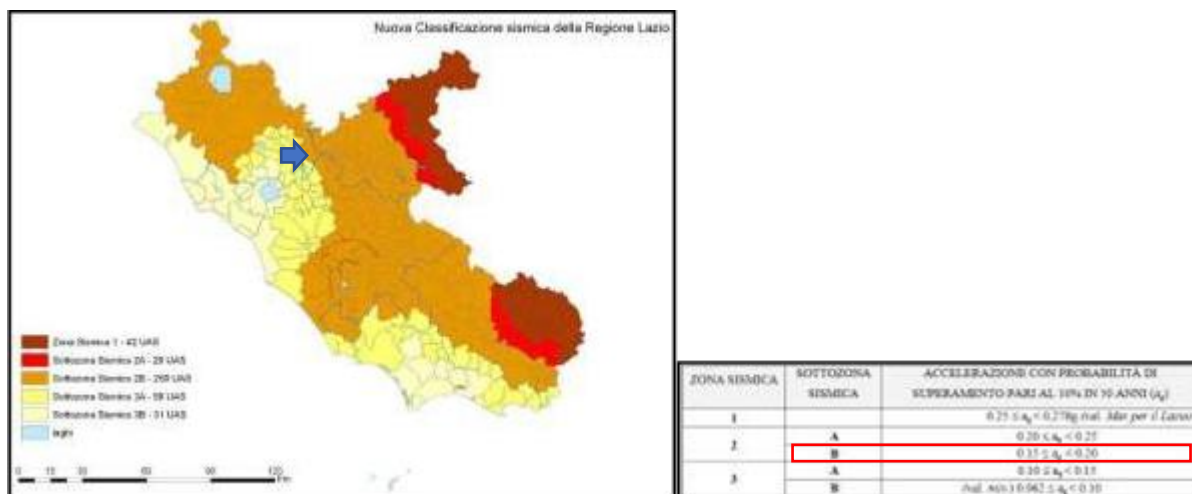
11.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Le Norme Tecniche sulle Costruzioni, emanate con il DM Infrastrutture del 17.01.2018, hanno stabilito che per ogni costruzione ci si può riferire ad una accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale della costruzione stessa.

I criteri di riclassificazione stabiliti dall'OPCM 3519/06 permettono di esprimere la pericolosità sismica in valori di accelerazione di picco su suolo rigido (a_g) suddivisa in sottoclassi per ogni zona sismica con intervalli di 0,025g.

La regione Lazio con proprie DGR nn. 387/09 e 835/09 e successivamente con la n. 493/19 ordinisticamente ha approvato la nuova classificazione sismica del territorio regionale. In base a tali norme il territorio di Civita Castellana è stato riclassificato in Zona **2B** a cui corrisponde un range del valore di a_g compreso tra $0.15 \leq a_g < 0.20$. In base all'Allegato "C" delle norme citate, le opere in progetto assumono la **Classe d'Uso IV**.

La zona sismica **2B** indica una pericolosità sismica media dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti. Nella seguente immagine è possibile osservare la zonazione sismica della Regione Lazio dove in blu è indicata l'area di studio.



Lo studio di Livello 1 in base alle indicazioni e disposizioni fissate dalla DGR Lazio n. 545/10 e della DGR Lazio n. 490/11, ascrive l'area in studio alla Zona **SA4** (Figura n. 11.4 - Aree stabili suscettibili di amplificazione), caratterizzata da tufi incoerenti, per spessori di almeno 10-20 metri a partire dal p.c., mentre, successivamente si rilevano, salvo differenze locali, argille e argille sabbiose. Il bedrock risulta profondo e comunque mediamente posto oltre i 50 metri dal p.c. I depositi sono posti in ambiti morfologici pianeggianti e tale da escludere, quindi, fenomeni di amplificazione di tipo topografico. Tale zona è diffusa nella porzione orientale del territorio di Civita Castellana.

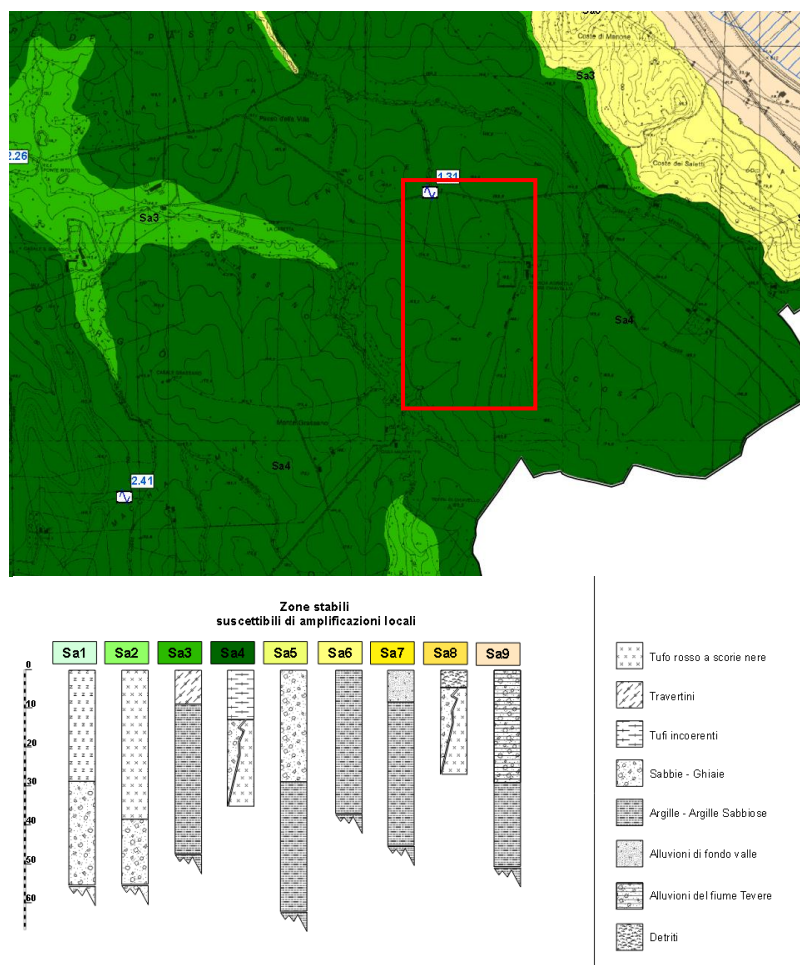


Figura n. 11-4 Civita Castellana – MOPS 1 Livello – Stralcio del comprensorio di interesse –

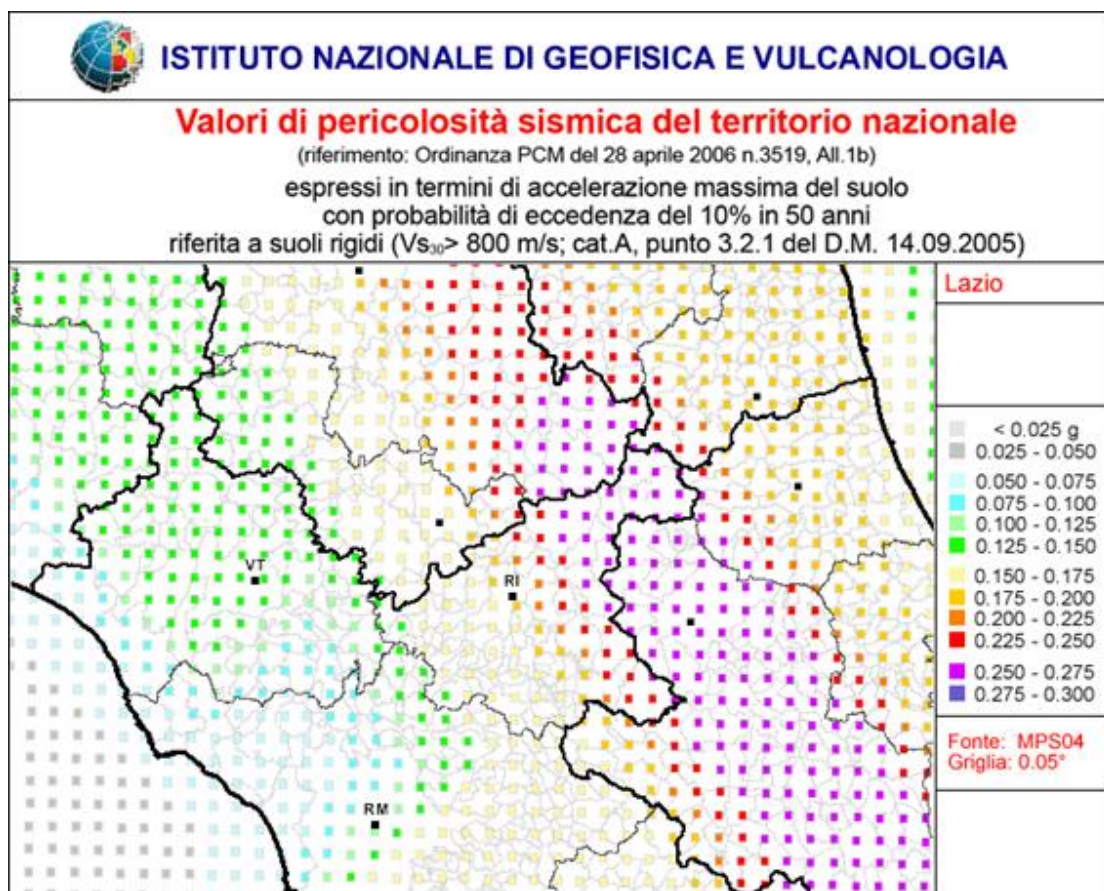


Figura n. 11-5 Mappa di pericolosità sismica del territorio regionale del Lazio (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>)

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b) è espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005). L'Ordinanza PCM n. 3519/2006 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale

Oltre al valore di a_g , è necessario conoscere, per il sito in esame, i dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza). La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione che permette di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

L'INGV, nella sua 'Mappa della pericolosità sismica' (sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>), elaborata con modello probabilistico sismotettonico, inserisce il comune di Civita Castellana in una zona con un'accelerazione orizzontale attesa compresa nell'intervallo 0.100-0.125 A_g/g riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s,eq} > 800$ m/s) e con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Fig. 11.6).

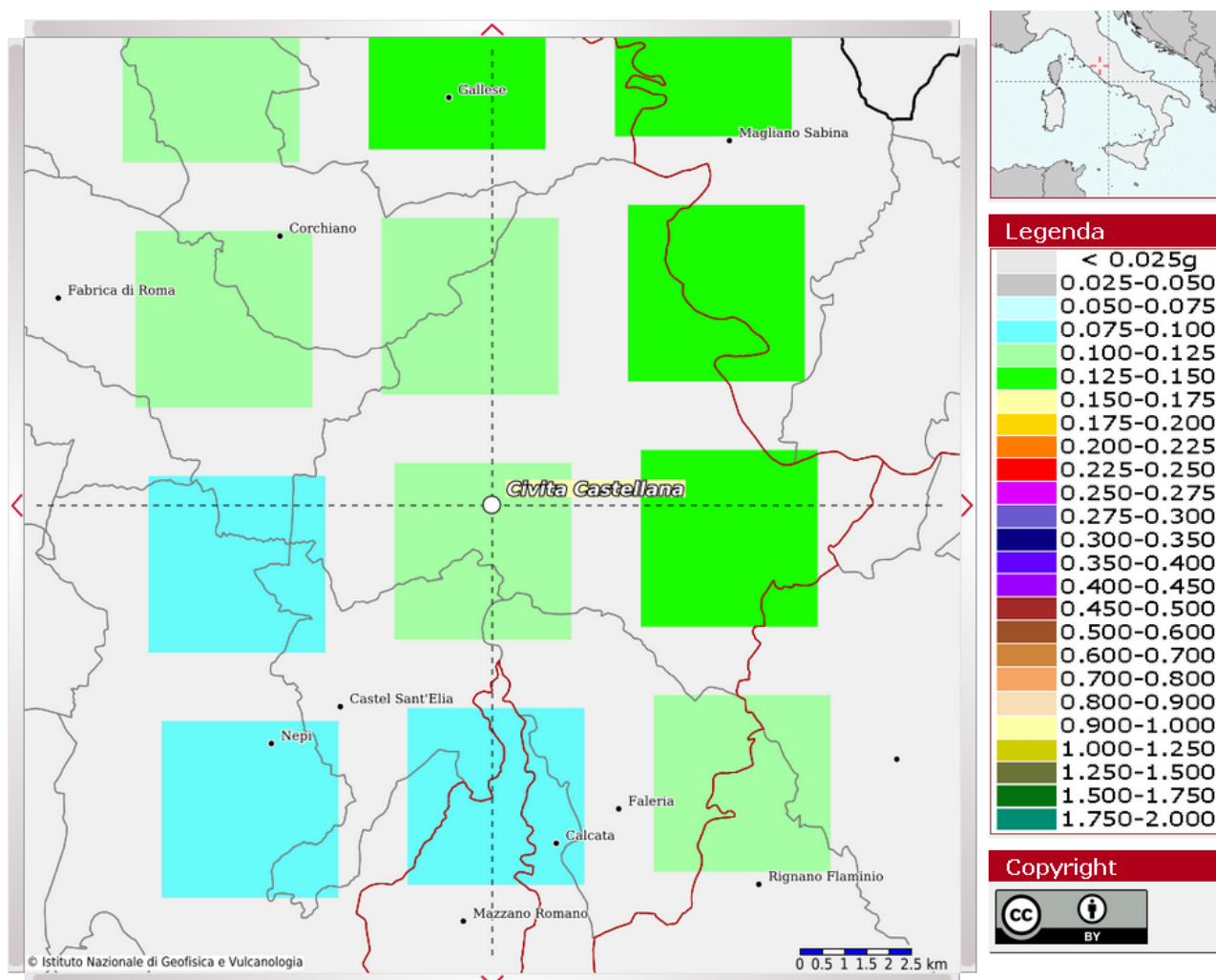


Figura n. 11-6 Mappa interattiva della pericolosità sismica di Valentano (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

P_{v_k} (Stato Limite)	C_U	V_H [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

Tabella n. 11-2 Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno

11.3 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda il valore di Magnitudo di riferimento si è fatto uso dei dati ICMS 2008. Un metodo per stimare il valore di M_w da considerare ai fini delle valutazioni per le verifiche di liquefazione per l'area o la microzona di interesse è, nel caso in cui non sia ricompresa nella zonazione sismogenetica (ZS9; INGV, 2009), di determinare le minime distanze (R_i) dalle zone sismogenetiche circostanti (i) e successivamente si verifica per ciascuna di esse se la magnitudo della zona sismogenetica considerata (M_i) è inferiore o superiore alla

magnitudo fornita dalla relazione $M_s = 1 + 3 \cdot \log(R_i)$. Nel caso in cui almeno una M_{si} , calcolata per le zone sismogenetiche circostanti, è inferiore alla M_i della stessa zona per la quale è stata calcolata M_{si} , si assume per M_w il valore di magnitudo più alto tra le magnitudo delle zone sismogenetiche circostanti ($M_i = M_w$); se invece tutte le M_{si} sono superiori alle M_i , si determina la M_w con il metodo della disaggregazione. Visto che tutti i valori di M_{si} sono maggiori di M_i si è stimato il valore di magnitudo con il metodo della disaggregazione, ovvero, mediante il portale dell'INGV si è identificato il sito oggetto dello studio e si sono individuati i relativi “nodi” della maglia all'interno della quale è inserito lo stesso.

Dall'analisi dei recenti inventari di faglie attive, nello specifico è stato consultato il Diss 3.2.1 (Diss Working Group, 2005 - consultabile on-line: <http://diss.rm.ingv.it/diss/>) e dalla carta delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti C., Valenzise G. et al., 2004) emerge che il comune di Civita Castellana è posto all'interno della zona 920.

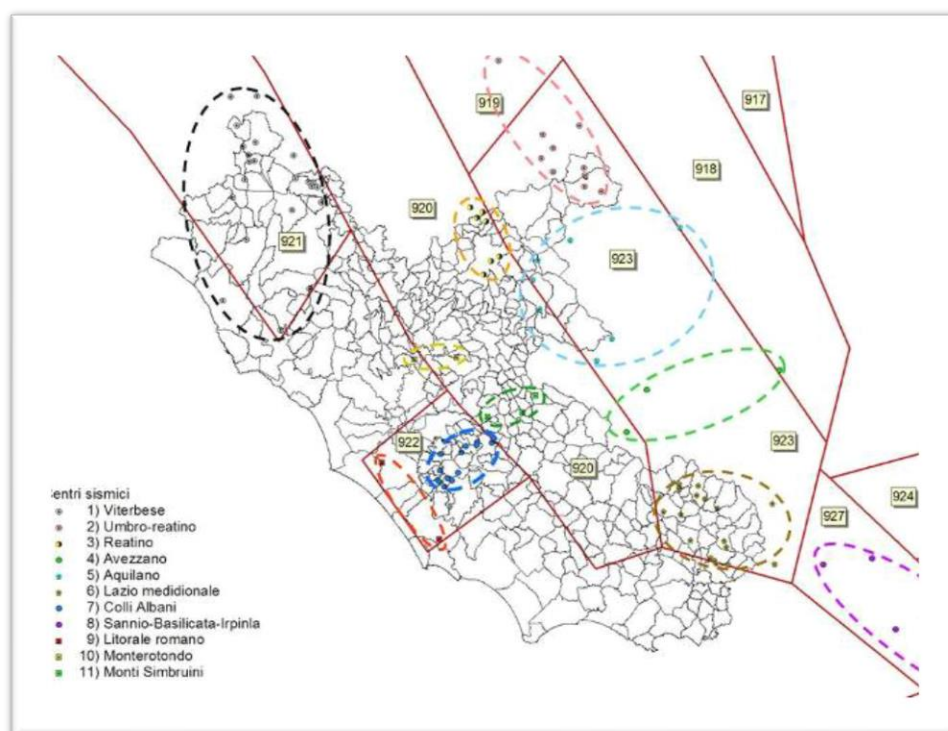


Figura n. 11-7 Zone sismogenetiche della regione Lazio

La zona 920 coincide con il settore in distensione tirrenica definito nel modello sismotettonico di Meletti et al. (2000). Questa zona è caratterizzata da una sismicità generalmente di bassa energia che solo sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.

Il DISS 3.2.1 costituisce un archivio georeferenziato di tettonica, faglie e informazioni paleo sismologiche dedicato nella valutazione del rischio sismico a scala regionale e nazionale. Nell'immagine di figura 11.8 sono indicate, con fasce di colore arancione, le zone sismogenetiche riconosciute. Il quadro sismotettonico regionale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Civita Castellana un livello di rischio sismico medio.



Figura n. 11-8 Stralcio della Carta delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti C., Valanzise G., et al., 2004)

L'area in esame inoltre può risentire degli effetti di terremoti che si verificano in settori appenninici interessati da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche, come l'Appennino Centrale, in particolar modo, i terremoti associati alle sorgenti sismogenetiche composite ITCS037 (Mugello-Città di Castello-Leonessa) e ITCS028 (Colfiorito-Campotosto) (DISS 3.2.1).

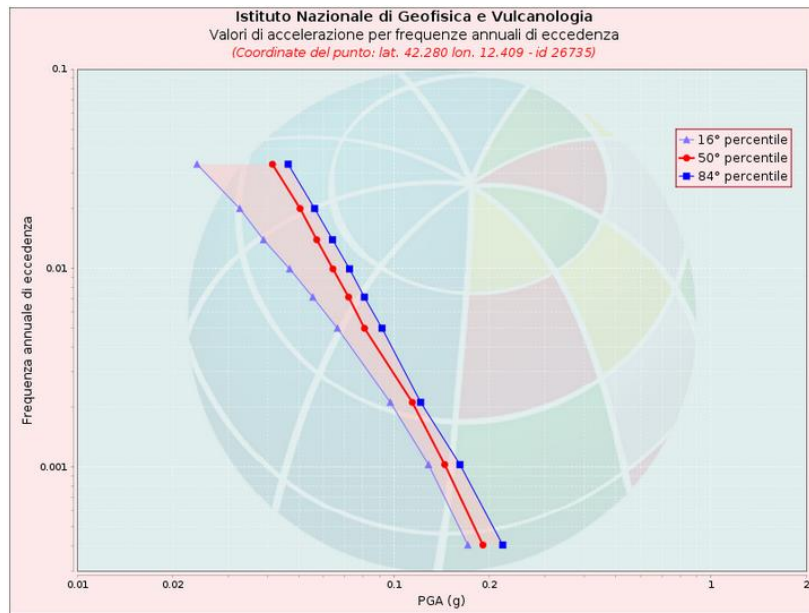
Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
920	296	201	39	4.6	5 - 8	6*

Tabella n. 11-3. Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo Simboli: Valore fissato (zona di vulcanismo recente). *: "Giudizio Esperto"

Come si nota dalla Tabella 11.3, per la Zona 920 la Mw valutata è pari a **4.6**. Tuttavia, e per confronto, si è scelto, di verificare la Mw anche con il metodo della disaggregazione in termini di Magnitudo e distanza riferendosi alla maglia più sfavorevole in termini di Magnitudo della Mappa interattiva della Pericolosità Sismica dell'INGV - figura 11.6 – e si è ottenuto il grafico della disaggregazione in termini di Magnitudo e distanza.

Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità. I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.

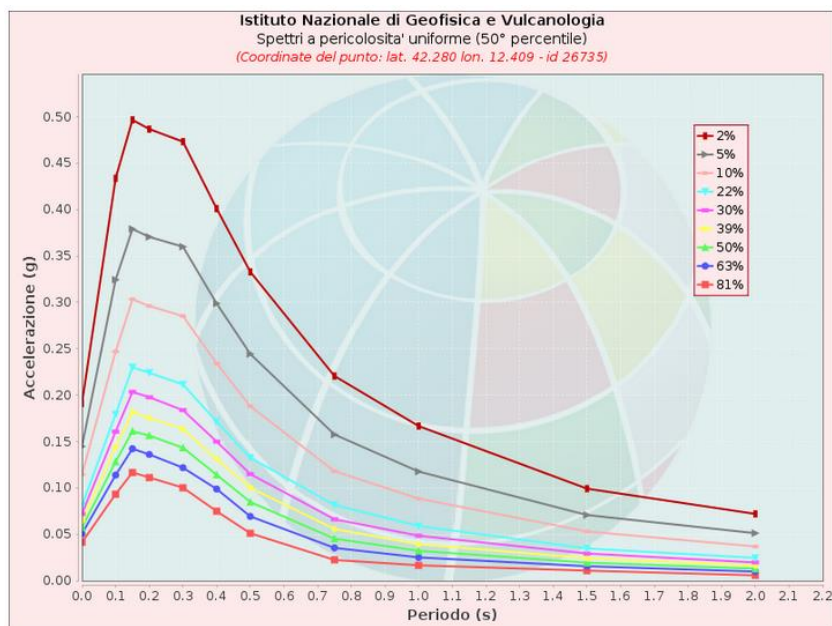
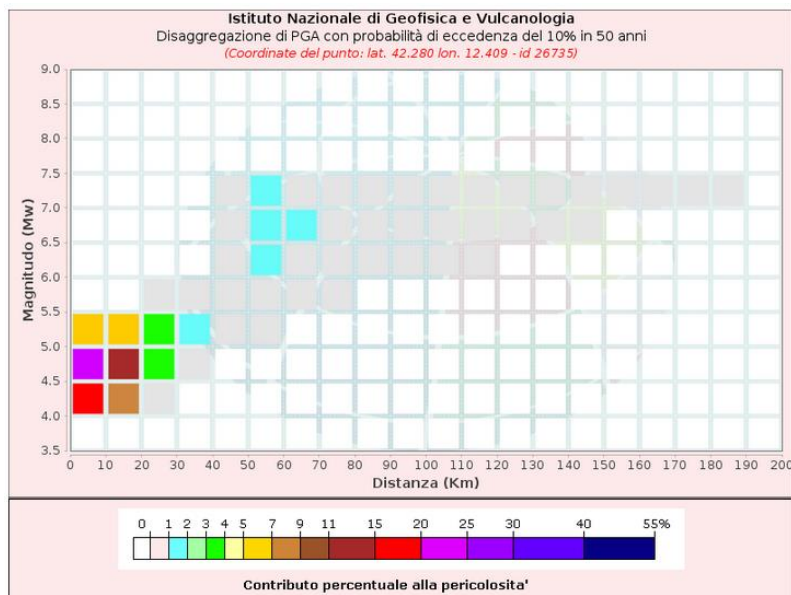


Grafico di disaggregazione

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.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 42.280 lon. 12.409 - id 26735)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	18.3000	22.7000	6.8800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	8.3300	14.4000	6.8000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.9220	3.6700	3.1900	0.4440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.3270	1.0900	0.2980	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.1890	0.2240	0.2400	0.3010	0.2080	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	0.4430	1.0200	1.3700	1.0200	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1430	0.7230	1.1000	0.9200	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0149	0.4010	0.7890	0.7420	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1660	0.5390	0.5720	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0480	0.3410	0.4170	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0082	0.1190	0.1780	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0524	0.1080	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0222	0.0709	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0072	0.0423	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0220	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0049	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
magnitudo	distanza	epsilon
4.98	18.2	1.19

Tabella n. 11-4 Valori medi Magnitudo e Distanza in base al metodo della disaggregazione

Come si nota, con tale metodo $M_{Wmwdio} = 4.98$ per una distanza di 18.2 km.

12 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Le nuove norme sulle costruzioni (NTC2018) al punto 7.11.3.4.2 tracciano le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione dei terreni. La normativa specifica in modo molto chiaro che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al p.c. minori di 0.1g;
- profondità della falda superiore a 15 m dal p.c.;
- distribuzione esterna al campo granulometrico delle sabbie;
- resistenze penetrometriche normalizzate $q_c > 180$.

Per la verifica dei singoli punti sopra riportati si evidenzia che:

- le accelerazioni massime attese al suolo vengono definite come riportato in precedenza per i vari stati limite previsti dalla normativa tecnica NTC2018 (vedi quanto riportato in precedenza). Da quanto desunto per lo stato limite SLC il valore di a_g è maggiore di 0,1g e più precisamente è pari a: $a_{max} = 0.212 g * 1.50 * 1.0 = 1.712 \text{ m/sec}^2$
- la profondità della falda stimata dalle carte piezometriche e indagini di riferimento è a circa -20 m dal p.c.;
- la distribuzione granulometrica in alcuni livelli è esterna al campo granulometrico delle sabbie entro i 10 metri dal p.c.;
- le resistenze penetrometriche normalizzate risultano per i depositi maggiori in coincidenza di alcuni livelli $> 17.65 \text{ MPa}$.

In base a quanto riportato non sarà eseguita la verifica a liquefazione.

13 ANALISI DEI VINCOLI IDROGEOLOGICI

13.1 P.A.I. - PERICOLOSITÀ IDRAULICA E GEOMORFOLOGICA

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (o P.A.I - Legge 18 maggio 1989 n. 183 art. 17 comma 6 - ter, Legge 3 agosto 1998 n. 267 modificata con Legge 13 luglio 1999 n. 226 e Legge 11 dicembre 2000 n. 365.) di riferimento per il sito di progetto afferisce alla pianificazione alla scala dei Bacini Regionali del Lazio gestiti dall'attuale Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, così come aggiornato alla data del 4/10/2011 ed approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 17 del 4/4/2012 (BUR n. 21 del 7/6/2012, S.O. n. 35).

Il bacino di competenza è il Bacino Interregionale del fiume Tevere.

In base alle perimetrazioni del PAI del Bacino Interregionale del fiume Tevere e relativamente alla tutela del territorio, si evince che il sito, come riportato nel servizio WebGis della Provincia di Viterbo (stralcio in figura n. 13.1) **non è ascritto** ad ambiti di pericolosità da frane e/o idraulico o rischio e/o pericolosità idrogeologica.

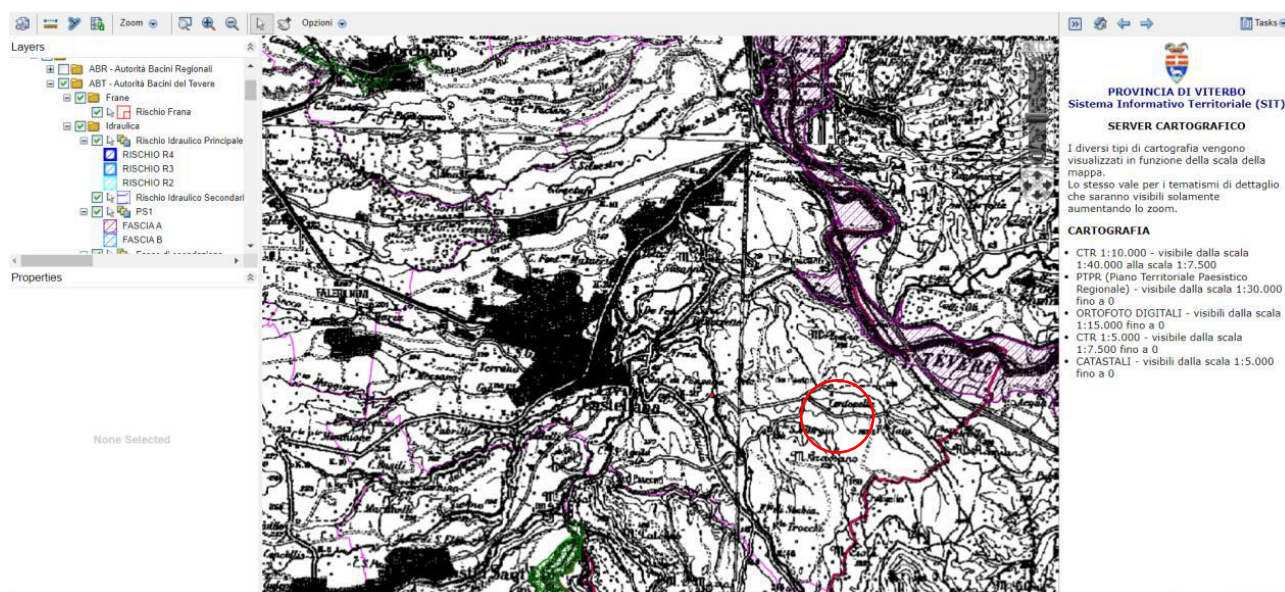
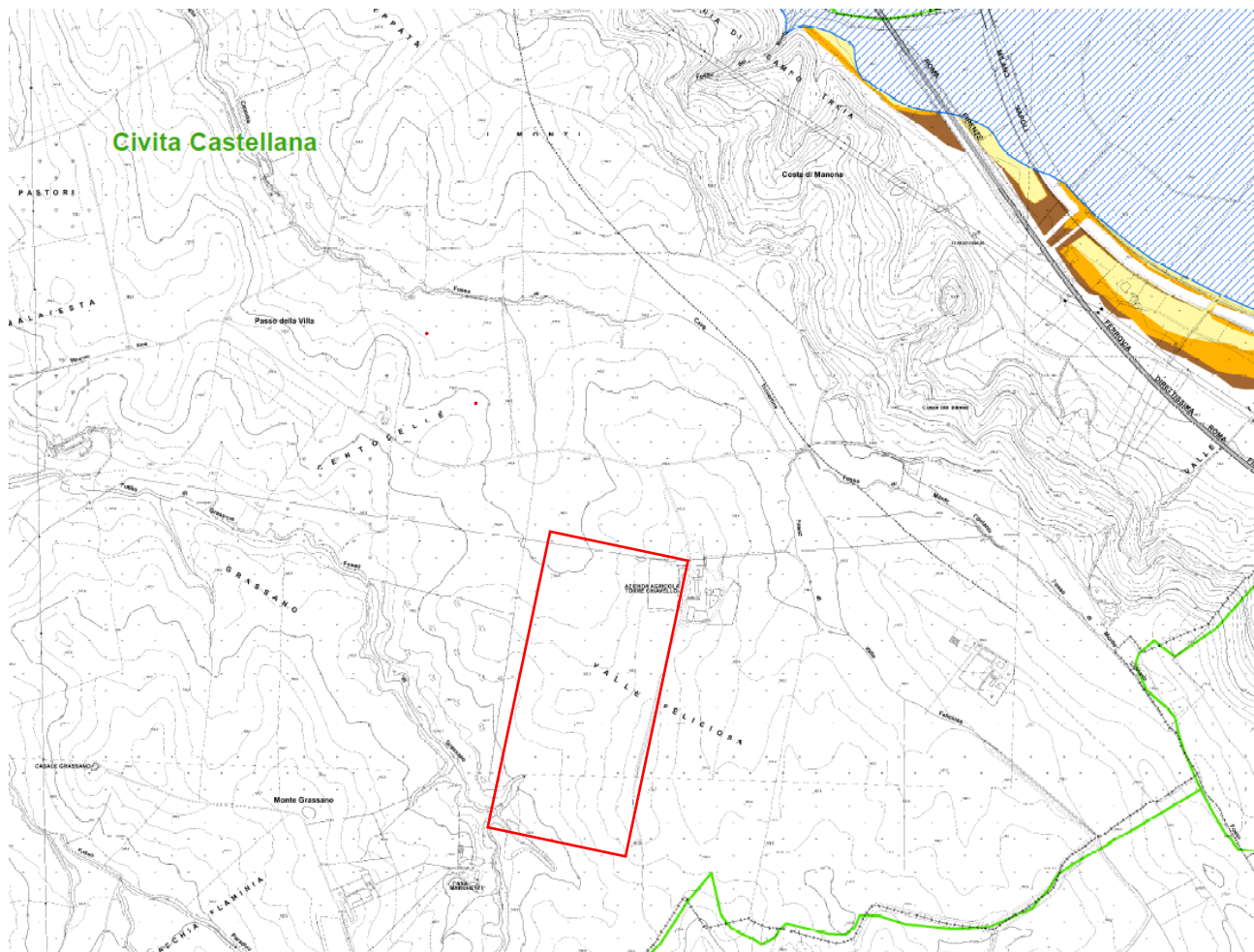


Figura n. 13-1 PAI B.I. del Tevere – WebGis della Provincia di Viterbo – . In rosso l’area di inserimento del parco fotovoltaico.

Dall’analisi della Carta della Pericolosità del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico dell’Appennino Centrale (direttiva 2007/60/CE – art. 6 D.Lgs. 49/2010) II° ciclo tavola I7 – Bacino Interregionale del fiume Tevere - si ricava che l’area in esame **non ricade direttamente** in nessun’area considerata a rischio alluvioni.



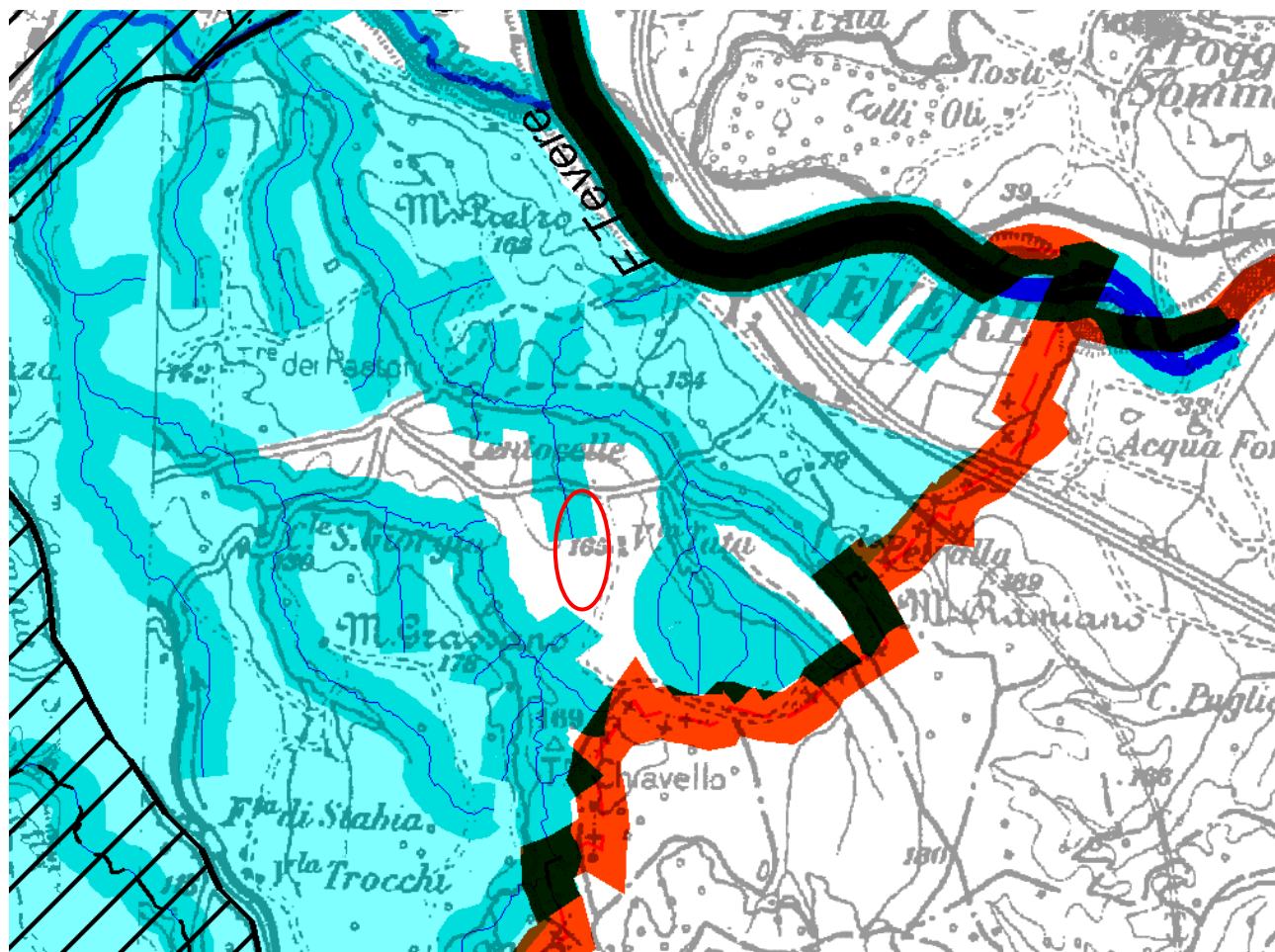
Legenda

Classi di pericolosità

-  P3 - elevata probabilità (alluvioni frequenti)
-  P2 - media probabilità (alluvioni poco frequenti)
-  P1 - bassa probabilità (alluvioni rare di estrema intensità)
-  P2 - media probabilità (alluvioni poco frequenti da ingressione marina)
-  Bacini con alta vulnerabilità alle flash floods

Figura n. 13-2 Carta della Pericolosità del P.G.R.A. - in rosso l'area di studio -

Infine, in base alla Tavola 2.3.1: Vincoli Ambientali del Piano Territoriale Provinciale Generale (P.T.P.G.) della Provincia di Viterbo (figura 13.4), si ricava, altresì, che il sito **ricade marginalmente in una zona di fascia di tutela**.



LEGENDA:

- CONFINI PROVINCIALI
- CONFINI COMUNALI
- FIUMI PRINCIPALI
- FIUMI AFFLUENTI PRINCIPALI
- FIUMI SECONDARI VINCOLATI
- FASCE DI TUTELA

- ZONE SOTTOPOSTE A VINCOLO PAESISTICO
AI SENSI DELLA L. 1497/39
- VINCOLO REGIONALE
AI SENSI DELLA L.R. 30/74 E S.M.I.
- VINCOLO IDROGEOLOGICO
AI SENSI DEL R.D.L. 2367/23
- SERVITU' MILITARI

Figura n. 13-3 Tavola 2.3.1 Vincoli Ambientali del Piano Territoriale Provinciale Generale (P.T.P.G.) della Provincia di Viterbo con legenda. In rosso l'area di studio, 2006

14 CONCLUSIONI

Con lo studio eseguito è stata caratterizzata l'area di sedime del Parco solare fotovoltaico "Civita Castellana" sotto il profilo geologico e sismico in ottemperanza alle vigenti norme della regione Lazio.

Lo studio per la caratterizzazione geolitologica geotecnica e simica si è avvalso delle risultanze delle indagini e sperimentazioni specialistiche ricavata dalla letteratura. In base all'intero novero dei dati sperimentali è stato elaborato il modello geotecnico del sottosuolo d'imposta del Parco Fotovoltaico.

L'area di studio, situata a SE del centro abitato del Comune di Civita Castellana (località Valle Feliciosa), presenta una morfologia subpianeggiante e non soggetta a variazioni e, pertanto, stabile sotto tale profilo. L'assetto idrogeologico locale, governato da acque meteoriche liberamente dilavanti lungo il sito e confluenti nel Fosso di Cava Travertino, impongono che per la stabilità del sito si attuino opportuni interventi di regimazione idraulica.

Il modello geotecnico attuale prevede una circolazione idrica episuperficiale con livello piezometrico posto mediamente a – 20 m. dal p.c. si consiglia comunque in fase esecutiva di misurare puntualmente il livello piezometrico. La costituzione granulometrica dei sedimenti presenti nel sottosuolo è tale da escludere il rischio di liquefazione, così come da norme relative.

Per la valutazione del Rischio Sismico Locale è stato eseguito lo studio specifico richiesto dalle norme. La classificazione dei suoli, basata sui profili MASW, colloca i materiali nella classe "B" delle NTC. In ogni caso, in fase esecutiva è necessario elaborare uno studio specifico per la definizione degli spettri elastici.

In fase esecutiva, i dati ricavati dall'elaborazione delle indagini di riferimento suggeriscono le seguenti considerazioni:

- si consiglia eseguire preventivamente prove di carico sui piani fondali prescelti;
- un'apposita indagine in situ completa di prove di laboratorio per caratterizzare puntualmente i terreni;
- indagini geofisiche puntuali ed analisi della risposta sismica locale;
- dalle prove chimiche di aggressività dei terreni, secondo la classificazione DIN 50 929, è emerso che i terreni presentano un livello significativo di aggressività per corrosione puntuale;
- i risultati di laboratorio mostrano una debole aggressività del terreno nei confronti del calcestruzzo (inferiore alla classe Qa);
- i sostegni in acciaio per le basi di fondazione dei pannelli se battuti in situ (pali) offrono una buona soluzione. Tuttavia, in alcune parti dell'area lo strato colluviale soffice si assottiglia ed emergono le sottostanti ghiaie che offrono resistenza all'infissione; pertanto, occorre localmente ricorrere al prescavo e si stima che tale precauzione debba essere adottata almeno per il 25% della superficie d'imposta dei pannelli;
- per quanto concerne le strutture di fondazioni dei locali tecnici e di trasformazione, è preferibile localizzare le platee in cemento al di fuori delle zone di avvallamenti topografici e lontano dalle linee di deflusso idrico superficiale.

Infine, per quanto attiene ai potenziali fenomeni di instabilità dei fronti di scavo, si pone in evidenza che è comunque necessario il rispetto delle seguenti norme sulla sicurezza:

D. Lgs 81/2008, art. 118: Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno;

D. Lgs 81/2008, art. 118: *Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno;*

D. Lgs 81/2008, art. 120: *È vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature;*
DM 14 01 08 “Norme tecniche sulle costruzioni”, 6.8.6. (fronti di scavo): *Per scavi trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo.*

Tutti i materiali di scavo vanno stoccati e lavorati, se occorre, in sito, altrimenti vanno smaltiti secondo le norme vigenti.

Napoli, marzo 2023

Dr. Gaetano Ciccarelli



15 LIMITAZIONI

Questa relazione è fornita per l'uso esclusivo del firmatario solo per questo progetto e per gli scopi di cui descritto nella relazione. Non deve essere utilizzato o invocato per altri progetti o scopi sullo stesso o altro sito o da una terza parte.

Nella redazione del presente rapporto si è necessariamente avvalsi delle informazioni fornite dal cliente e/o dai suoi tecnici.

Le conclusioni e le raccomandazioni presentate in questo rapporto si basano sulle informazioni fornite dai progettisti ed inquadrate nell'analisi delle indagini sul campo e di laboratorio.

I risultati forniti nella relazione sono indicativi delle condizioni nello stato di fatto dei terreni così come indagato con le sperimentazioni di riferimento (cfr. Doc. n.2), all'epoca programmate di concerto con i progettisti ed il committente prova, e relativamente alle profondità indagate e allo stato delle scelte progettuali indicate al momento dell'incarico ricevuto. Le condizioni del sottosuolo possono cambiare bruscamente a causa di processi geologici variabili e anche a causa di interventi antropici.

Se la costruzione proposta viene trasferita o riprogettata, o se le condizioni locali cambiano anche per interventi al contorno delle aree studiate ed oggetto del presente lavoro, le conclusioni e le raccomandazioni contenute in questo rapporto devono essere considerate non valide a meno che le modifiche non vengano, previa comunicazioni tecniche ufficiali rese per iscritto, successivamente esaminate e validate dagli scriventi sì che possano essere riconsiderate e/o validate.

Le condizioni del sito modificate o il trasferimento delle strutture proposte possono richiedere ulteriori indagini e prove specifiche per determinare se le nostre conclusioni e raccomandazioni sono applicabili in considerazione delle mutate condizioni.

La presente relazione deve essere letta unitamente a tutte le note allegate e deve essere conservata integralmente senza separazione di singole pagine o sezioni.

La CG Associati Srls non può essere ritenuta responsabile per interpretazioni o conclusioni fatte da altri a meno che non siano supportate da una dichiarazione espressamente resa alla scrivente che deve accettare le interpretazioni e le implicazioni geologico-tecniche.

I nostri servizi professionali sono stati eseguiti e resi, unitamente alle raccomandazioni in conformità con i principi e le buone pratiche ingegneristiche generalmente accettate. Questa garanzia è sostitutiva di tutte le altre garanzie espresse o implicite.