

# SINNER WIND S.r.l.

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 59,4 MW<sub>p</sub> RICADENTE NEI TERRITORI DI SCANDALE (KR), SAN MAURO MARCHESATO (KR) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE



Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato  
**UNI EN ISO 9001:2015**  
**UNI EN ISO 14001:2015**  
**UNI ISO 45001:2018**

### Tecnico

geol. Lucia SANTOPIETRO

### Collaborazioni

### Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

| ELABORATO  | TITOLO  | COMMESSA                | TIPOLOGIA             |             |             |
|------------|---|-------------------------|-----------------------|-------------|-------------|
| <b>V15</b> | <b>Relazione geologica geotecnica</b>   | <b>24022</b>            | <b>D</b>              |             |             |
|            |   | CODICE ELABORATO        |                       |             |             |
|            |   | <b>DC24022D-V15</b>     |                       |             |             |
| REVISIONE  | Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.) | SOSTITUISCE             | SOSTITUITO DA         |             |             |
| <b>00</b>  |   | -                       | -                     |             |             |
|            |   | NOME FILE               | PAGINE                |             |             |
|            |   | <b>DC24022D-V15.doc</b> | <b>36 + copertina</b> |             |             |
| REV        | DATA  | MODIFICA                | Elaborato             | Controllato | Approvato   |
| 00         | 27/03/24  | Emissione               | Santopietro           | Santopietro | Santopietro |
| 01         |   |                         |                       |             |             |
| 02         |   |                         |                       |             |             |
| 03         |   |                         |                       |             |             |
| 04         |   |                         |                       |             |             |
| 05         |   |                         |                       |             |             |
| 06         |   |                         |                       |             |             |

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. PREMESSA .....   | 2  |
| 2. ANALISI DELLA VINCOLISTICA.....                                      | 6  |
| 3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME ..... | 12 |
| 3.1 GEOMORFOLOGIA DEL SITO DI PROGETTO .....                            | 12 |
| 3.2 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA .....                           | 12 |
| 5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PRELIMINARI.....                         | 15 |
| 6. INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA .....                                | 16 |
| 6.1 SISMICITA' STORICA .....  | 16 |
| 6.2 STRUTTURE TETTONICHE ATTIVE .....                                   | 20 |
| 6.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE .....                                 | 24 |
| 6.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....                                     | 26 |
| 7. CONCLUSIONI .....  | 36 |

## 1. PREMESSA

La presente Relazione geologica geotecnica, ha lo scopo di inquadrare l'origine e la natura dei terreni dell'area di progetto, attraverso un'analisi geologica e geomorfologica, è finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica proposto dalla società SINNER WIND S.r.l..

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 9 aerogeneratori, del tipo Siemens-Gamesa con rotore pari a 170 m e altezza al tip pari a 220 m, per una potenza complessiva di 59,4 MW, da realizzarsi nei comuni di Scandale (KR) e San Mauro Marchesato (KR), in cui insistono gli aerogeneratori, le opere di connessione e la cabina utente per il collegamento in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Belcastro-Scandale".

Il parco eolico di progetto sarà ubicato nei comuni di Scandale (KR) e San Mauro Marchesato (KR) a distanza rispettivamente di circa 1,5 km, e 2,2 km dal centro urbano.

L'area di progetto, intesa sia come quella occupata dai 9 aerogeneratori di progetto, con annessi piazzole, e dai cavidotti di interconnessione, interessa il territorio comunale di Scandale (KR) censito al NCT ai fogli di mappa nn. 11, 12 e 16, e il territorio comunale di San Mauro Marchesato (KR) censito al NCT ai fogli 8, 14 e 17; la cabina utente ricade nel territorio comunale di Scandale (KR) censito al NCT al foglio di mappa n. 17.

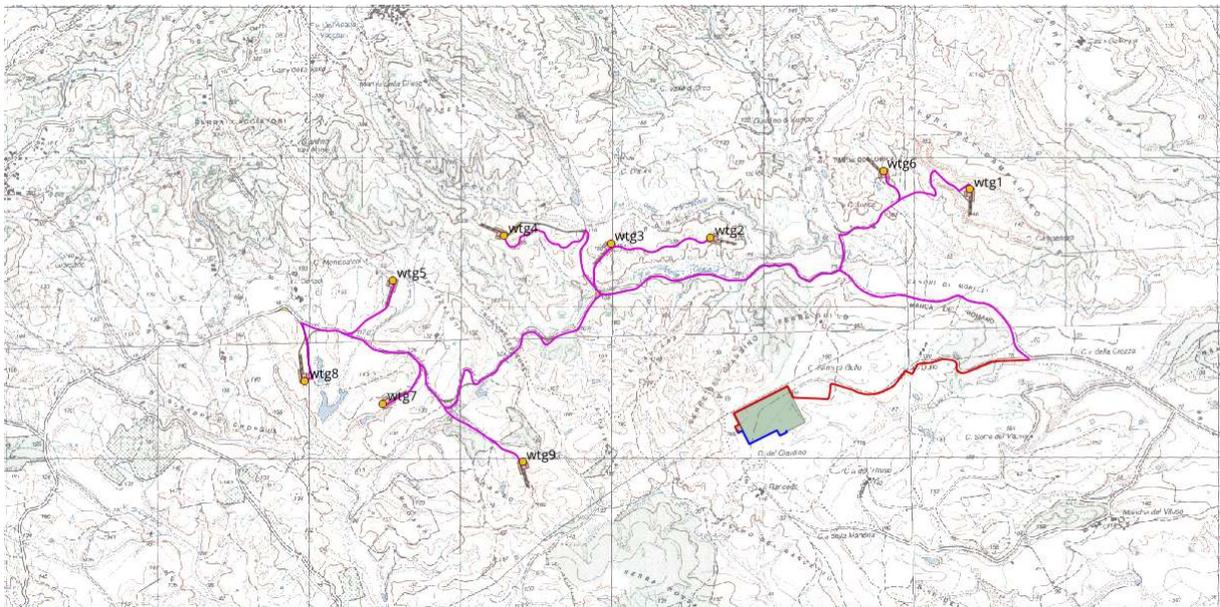


Figura 1: Ubicazione dell'impianto eolico e delle opere di connessione su IGM

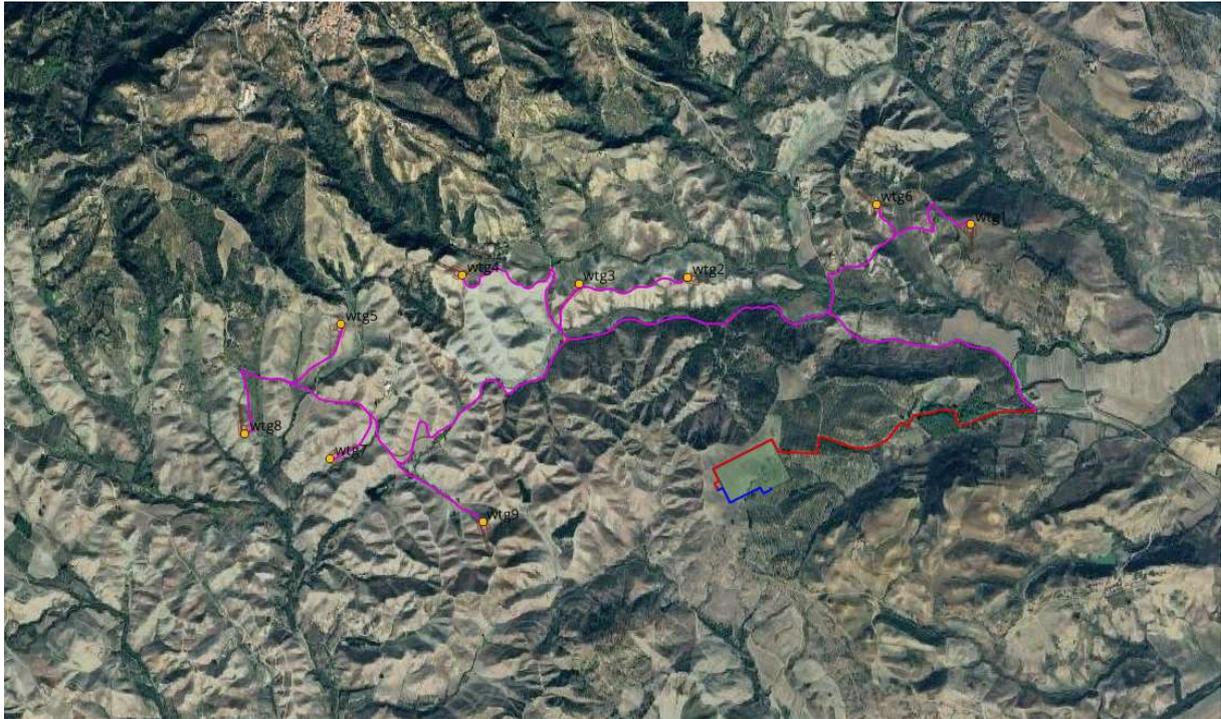


Figura 2: Ubicazione dell'impianto eolico e delle opere di connessione su ortofoto

Di seguito, si riporta la tabella riepilogativa in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate (WGS84 – UTM zone 33N) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni dei Comuni di Scandale (KR) e San Mauro Marchesato (KR).

| WTG | COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84 |                | COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84 |         | DATI CATASTALI       |        |         |
|-----|------------------------------|----------------|---------------------------------------|---------|----------------------|--------|---------|
|     | LATITUDINE                   | LONGITUDINE    | NORD (Y)                              | EST (X) | Comune               | foglio | p.lla   |
| 01  | 39° 6' 26.40"                | 17° 0' 15.29"  | 4330600                               | 673296  | SCANDALE             | 16     | 1       |
| 02  | 39° 6' 19.77"                | 16° 59' 4.49"  | 4330358                               | 671600  | SCANDALE             | 12     | 38      |
| 03  | 39° 6' 16.42"                | 16° 58' 36.42" | 4330240                               | 670928  | SCANDALE             | 12     | 38      |
| 04  | 39° 6' 18.57"                | 16° 58' 7.09"  | 4330291                               | 670222  | SCANDALE             | 11     | 490     |
| 05  | 39° 6' 9.58"                 | 16° 57' 36.37" | 4329998                               | 669490  | SAN MAURO MARCHESATO | 8      | 392     |
| 06  | 39° 6' 30.89"                | 16° 59' 51.74" | 4330726                               | 672727  | SCANDALE             | 14     | 47      |
| 07  | 39° 5' 42.98"                | 16° 57' 32.84" | 4329176                               | 669423  | SAN MAURO MARCHESATO | 17     | 44      |
| 08  | 39° 5' 48.30"                | 16° 57' 11.51" | 4329329                               | 668907  | SAN MAURO MARCHESATO | 17     | 3-39-41 |
| 09  | 39° 5' 29.78"                | 16° 58' 10.85" | 4328789                               | 670345  | SAN MAURO MARCHESATO | 17     | 22-47   |

Gli aerogeneratori utilizzati saranno ad asse orizzontale, costituiti da un sistema tripala, con generatore di tipo asincrono. Il tipo di aerogeneratore da utilizzare verrà scelto in fase di progettazione esecutiva dell'impianto; le dimensioni previste per l'aerogeneratore tipo sono:

- diametro del rotore pari 170 m,
- altezza mozzo pari a 135 m,
- altezza massima al tip (punta della pala) pari a 220 m.

La soluzione di connessione alla RTN prevede che l'impianto venga collegata in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Belcastro – Scandale".

La connessione in antenna avverrà mediante raccordo in cavo interrato AT tra gli aerogeneratori e il quadro di arrivo all'interno dell'ampliamento della stazione TERNA di nuova realizzazione.

Per il collegamento degli aerogeneratori alla stazione Terna è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- Cavidotto AT, composto da 3 linee provenienti ciascuna da un sottocampo del parco eolico, esercito a 36 kV, per il collegamento elettrico degli aerogeneratori con la suddetta stazione. Detti cavidotti saranno installati all'interno di opportuni scavi principalmente lungo la viabilità ordinaria esistente e sulle strade di nuova realizzazione a servizio del parco eolico.
- Rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo della rete elettrica e dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare;
- Cabina utente ubicata nei pressi del punto di connessione, che raccoglie le linee AT di interconnessione del parco eolico, consentendo poi la trasmissione dell'intera potenza del parco eolico al punto di consegna mediante un raccordo in cavo interrato (36 kV).

La rete elettrica a 36 kV interrata assicurerà il collegamento dei trasformatori di torre degli aerogeneratori alla stazione. Si possono pertanto identificare due sezioni della rete in AT:

- La rete di raccolta dell'energia prodotta suddivisa in 3 sottocampi costituiti da linee che collegano i quadri AT delle torri in configurazione entra/esce;
- La rete di vettoriamento che collega l'ultimo aerogeneratore del sottocampo alla stazione Terna.

Al campo eolico si accede attraverso la viabilità esistente (strade provinciali, comunali e poderali), mentre l'accesso alle singole turbine avviene mediante strade di nuova realizzazione e/o su strade interpoderali esistenti, che saranno adeguate al trasporto di mezzi eccezionali.

Laddove necessario tali strade saranno adeguate al trasporto delle componenti degli aerogeneratori e saranno anche realizzati opportuni allargamenti degli incroci stradali per consentire la corretta manovra dei trasporti eccezionali. Detti allargamenti saranno rimossi o ridotti, successivamente alla fase di cantiere, costituendo delle aree di "occupazione temporanea" necessarie appunto solo nella fase realizzativa.

La sezione stradale avrà larghezza carrabile di 5,00 metri, dette dimensioni sono necessarie per consentire il passaggio dei mezzi di trasporto delle componenti dell'aerogeneratore eolico.

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore sarà realizzata una piazzola "di montaggio", necessaria per l'installazione della gru principale e delle macchine operatrici, lo stoccaggio delle sezioni della torre, della navicella e del mozzo, ed "ospitare" l'area di ubicazione della fondazione e l'area di manovra degli automezzi.

Alla fine della fase di cantiere la piazzola di montaggio sarà ridotta e la superficie residua sarà ripristinata e riportato allo stato ante-operam; la piazzola "definitiva" sarà tale da consentire la manutenzione degli aerogeneratori stessi.

La cabina utente, da realizzarsi nei pressi del punto di consegna, è il punto di raccolta dei cavi provenienti dal parco eolico per consentire il trasporto dell'energia prodotta fino al punto di consegna alla rete di trasmissione nazionale e riceve l'energia prodotta dagli aerogeneratori attraverso la rete di raccolta a 36 kV.

All'interno dell'area recintata della cabina utente sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri AT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, i servizi igienici, ecc. Inoltre sarà installata una reattanza shunt per permettere l'eventuale rifasamento delle correnti reattive.

Per tali aree, lo studio persegue il fine di fornire un panorama delle conoscenze del territorio ed effettuare una valutazione generale per la caratterizzazione dei terreni interessati dall'opera in oggetto.

Lo scopo del documento è quello di fornire i seguenti elementi:

- inquadramento geologico e geomorfologico dell'area di progetto;
- caratterizzazione geotecnica preliminare e caratterizzazione sismica dei terreni.

La caratterizzazione geotecnica di massima dei terreni è stata ricostruita grazie alla consultazione di studi e bibliografia esistente per una valutazione preliminare ai fini fondali dell'opera in progetto.

La normativa di riferimento è:

- **Decreto Ministeriale 11.03.1988.** 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;
- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- **Decreto ministeriale 17-01-2018** – Norme Tecniche per le Costruzioni;

- **Decreto ministeriale 14-01-2008** – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni Allegati A e B;
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007;
- **O.P.C.M. n° 3274 (2003)** - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- **O.P.C.M. n° 3316** "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza n. 3274 del 20/3/03";
- **O.P.C.M. n° 3519 (2006)** – "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle stesse zone";
- **Eurocodici** in versione normata UNI.

## 2. ANALISI DELLA VINCOLISTICA

Sono stati analizzati gli eventuali vincoli che ricadono nell'area di intervento:

- Piano stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.): aree a pericolosità geomorfologica ed idraulica;
- Piano di Gestione rischio alluvioni (PGRA).

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Il Piano si articola in:

- attività conoscitiva, formulazione di specifiche, modellazione;
- rilevazioni e misure; - perimetrazioni di aree a differente livello di pericolosità, vulnerabilità e rischio; - vincoli che si applicano alle aree soggette a rischio e/o pericolose e altre misure di salvaguardia di tipo non strutturale;
- interventi strutturali destinati alla rimozione o mitigazione del rischio idrogeologico;
- monitoraggio per il controllo delle aree a rischio e/o pericolose e la raccolta d'informazioni per l'aggiornamento del Piano;
- banche dati del Sistema Informativo del Rischio Idrogeologico in Calabria (SIRICA).

Il rischio idrogeologico viene definito dall'entità attesa delle perdite di vite umane, feriti, danni a proprietà, interruzione di attività economiche, in conseguenza del verificarsi di frane, inondazioni o erosione costiera.

Il Piano individua il rischio laddove nell'ambito delle aree in frana, inondabili, oppure soggette ad erosione costiera, si rileva la presenza di elementi esposti. Gli elementi esposti

a rischio sono costituiti dall'insieme delle presenze umane e di tutti i beni mobili e immobili, pubblici e privati, che possono essere interessati e coinvolti dagli eventi di frana, inondazione ed erosione costiera.

Nelle finalità del Piano, le situazioni di rischio vengono raggruppate, ai fini delle programmazioni degli interventi, in tre categorie:

- rischio di frana;
- rischio d'inondazione;
- rischio di erosione costiera.

Per ciascuna categoria di rischio, in conformità al DPCM 29 settembre 1998, sono definiti quattro livelli:

- R4 - rischio molto elevato: quando esistono condizioni che determinano la possibilità di perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone; danni gravi agli edifici e alle infrastrutture; danni gravi alle attività socio-economiche;

- R3 - rischio elevato: quando esiste la possibilità di danni a persone o beni; danni funzionali ad edifici e infrastrutture che ne comportino l'inagibilità; interruzione di attività socio-economiche;

- R2 - rischio medio: quando esistono condizioni che determinano la possibilità di danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale senza pregiudizio diretto per l'incolumità delle persone e senza comprometterne l'agibilità e la funzionalità delle attività economiche;

- R1 - rischio basso: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono limitati.

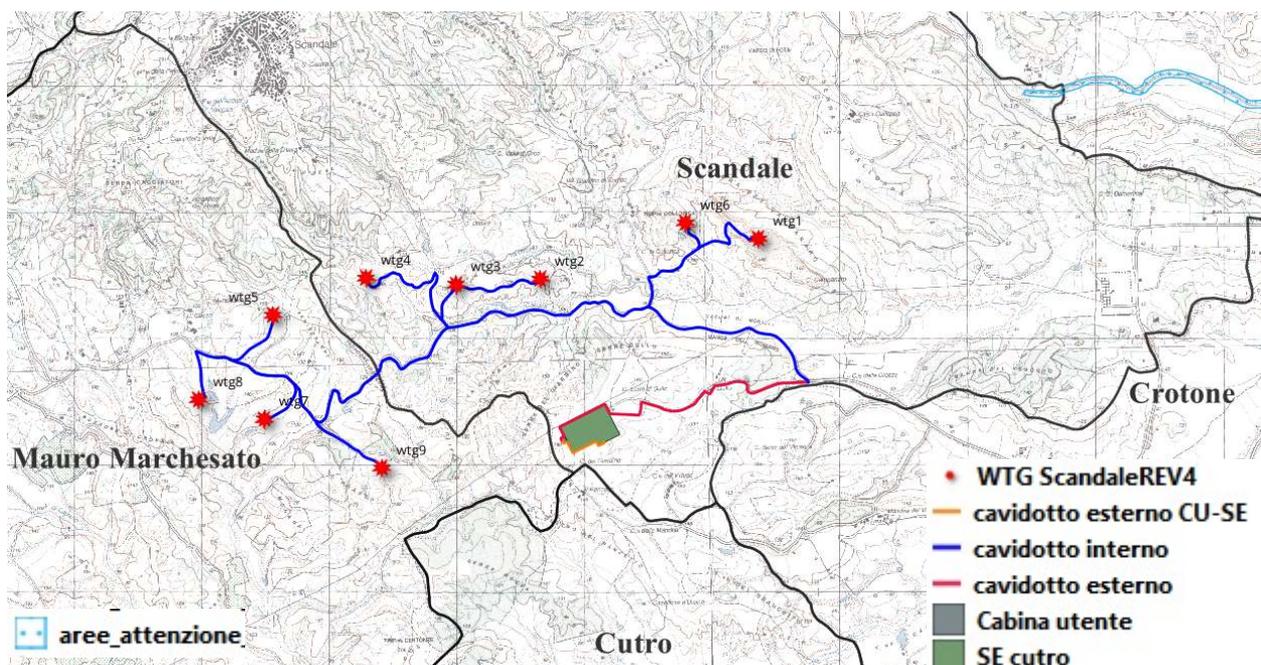


Figura 3: – Perimetrazione Aree a Rischio Idraulico - Aree di attenzione

(<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-ADB-Calabria-menu/piano-stralcio-assetto-idrogeologico-rischio-idraulico-menu>)

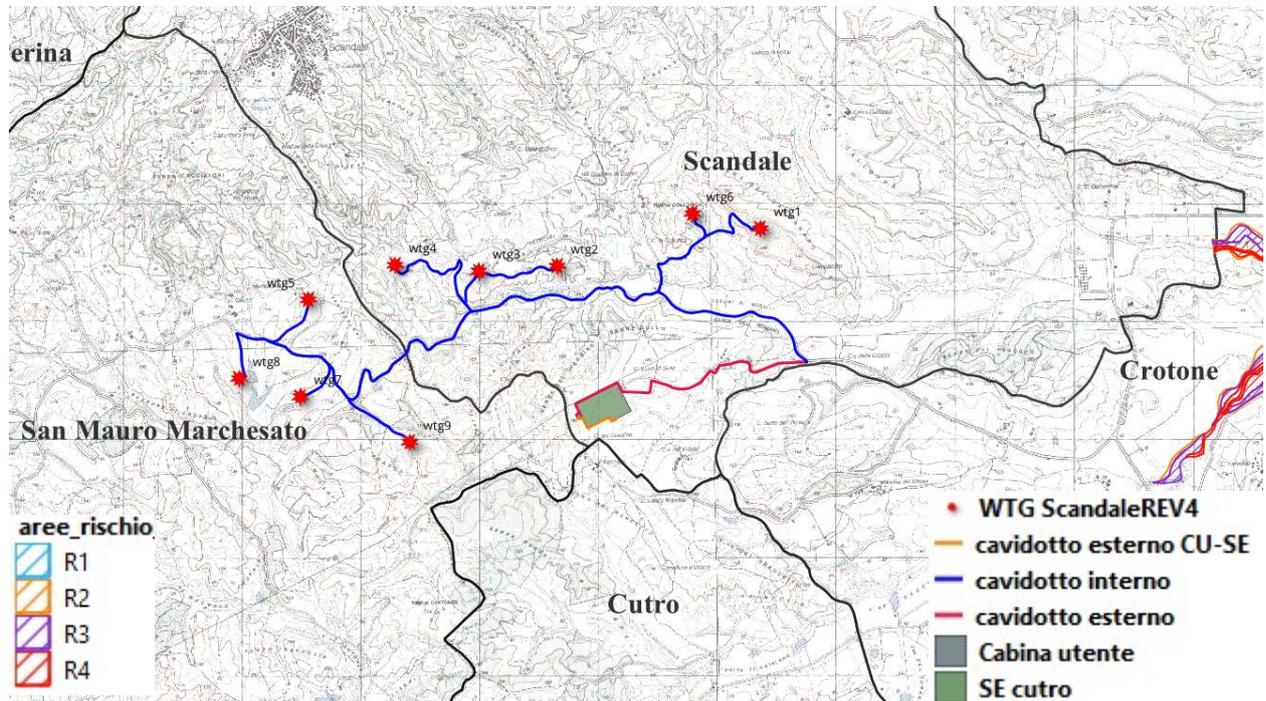


Figura 4: – Perimetrazione Aree a Rischio Idraulico - Aree a rischio

(<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-ADB-Calabria-menu/piano-stralcio-assetto-idrogeologico-rischio-idraulico-menu>)

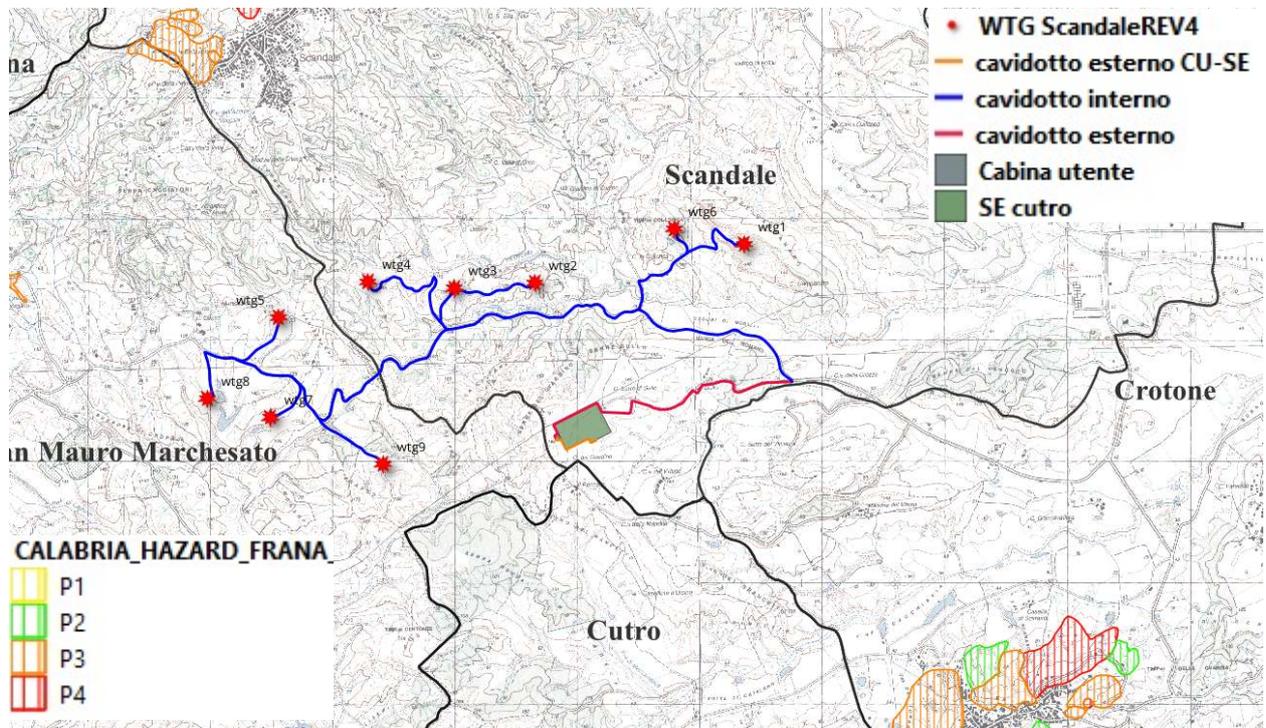


Figura 5: – Perimetrazione delle aree a pericolo di frana – Pericolosità da frana

(<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-ADB-Calabria-menu/piano-stralcio-assetto-idrogeologico-rischio-idraulico-menu>)

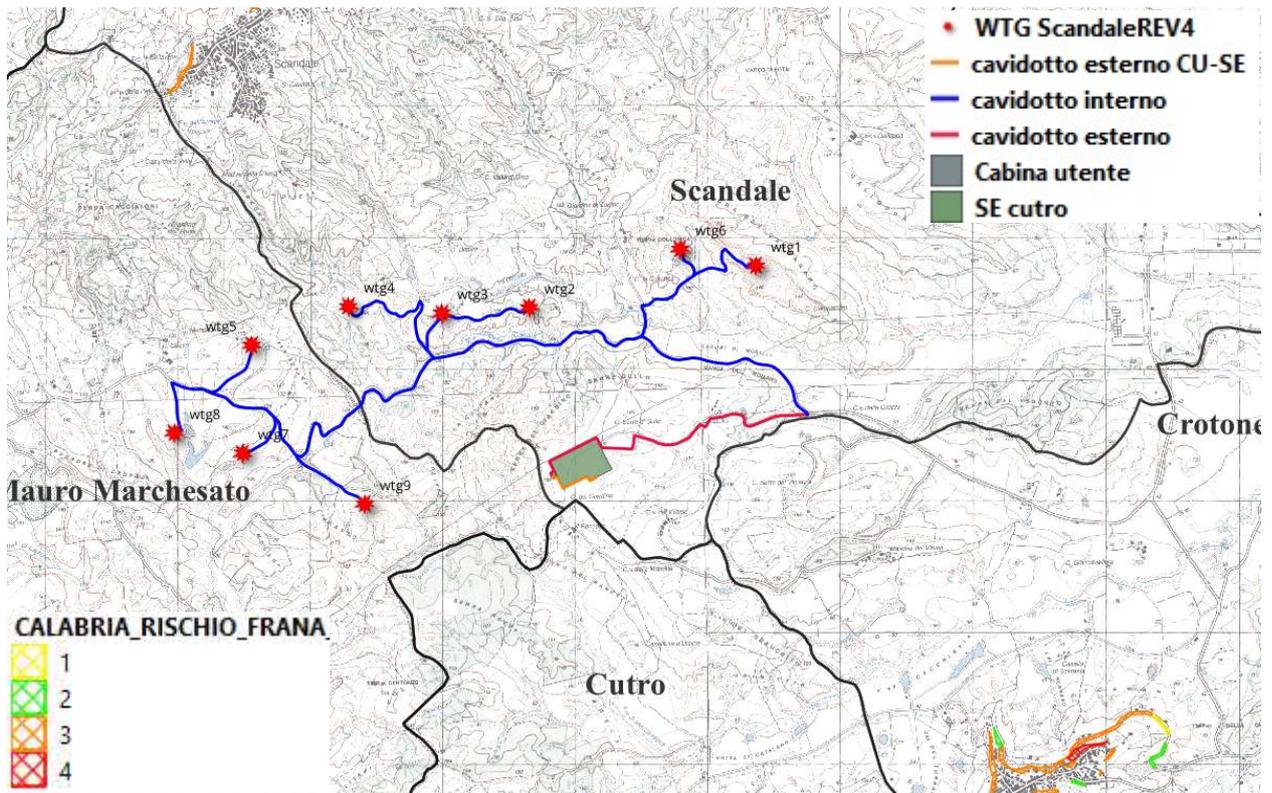


Figura 6: – Perimetrazione delle aree a rischio frana – Rischio da frana

(<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-adb-calabria-menu/piano-stralcio-assetto-idrogeologico-rischio-idraulico-menu>)

**L'opera di progetto, in ogni caso, non ricade nè su areali a rischio frana nè su areali a rischio idraulico come riportato sulle immagini precedenti.**

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PRGA) è lo strumento atto alla valutazione e gestione del rischio di alluvione con l'obiettivo di salvaguardia della salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche. Il PRGA, recepisce i contenuti dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), dei loro aggiornamenti ed ha valore di piano sovraordinato rispetto alla pianificazione territoriale e urbanistica. Il PRGA agisce in sinergia con i PAI vigenti.

Nelle aree perimetrare come aree di attenzione PRGA nelle mappe dei progetti di varianti di aggiornamento che le prevedono, tutte le nuove attività e i nuovi interventi a farsi devono essere tali da:

- a) migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
- b) non comportare significative alterazioni morfologiche o topografiche e un apprezzabile pericolo per l'ambiente e le persone;

c) non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;

d) non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;

e) non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi individuati dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;

f) garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;

g) limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;

h) rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

Nelle aree di attenzione PGRA sono consentiti esclusivamente:

a) gli interventi volti a ridurre la vulnerabilità dei beni presenti nelle aree di attenzione PGRA, nonché gli interventi idraulici di regolazione, di regimazione e di manutenzione volti al miglioramento delle condizioni di deflusso e tali, da non aumentare il rischio di inondazione a valle, da non pregiudicare la possibile attuazione di una sistemazione idraulica definitiva e nel rispetto delle componenti ambientali e degli habitat fluviali eventualmente presenti;

b) gli interventi di demolizione dei corpi di fabbrica esistenti, anche con ricostruzione con incremento massimo di volumetria pari al 20% di volumetria utile e utilizzando criteri costruttivi volti alla riduzione della vulnerabilità;

c) gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. 380/2001 e s. m. e i., con aumento di superficie o volume non superiore al 20%;

d) la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non producano un significativo incremento del valore del rischio idraulico dell'area;

e) l'espianto e il reimpianto di colture;

f) la realizzazione di annessi agricoli purché indispensabili alla conduzione del fondo;

g) tutti gli ulteriori interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, compresi quelli di cui alle lett. b) e c), senza le limitazioni imposte, a condizione che non comportino apprezzabili alterazioni al regime idraulico dei luoghi.

Gli interventi di cui alla lett. d), a esclusione di quelli di manutenzione, devono essere corredati da uno studio di compatibilità idraulica, predisposto nel rispetto delle disposizioni del Piano Stralcio territorialmente competente che valuti i livelli di pericolosità e/o rischio della zona d'interesse ante e post operam e garantisca la compatibilità degli interventi con le disposizioni della normativa del Piano stralcio.

Nel successivo art. 5 si precisa quanto segue: "Gli interventi consentiti di cui all'art.4 lett a),d) e g), per i quali è prevista la predisposizione dello studio idrologico e idraulico e/o lo studio di compatibilità idraulica, sono soggetti al parere vincolante dell'Autorità di Bacino, che potrà fornire anche le eventuali prescrizioni per il rispetto di tutte le disposizioni di cui all'art.4.

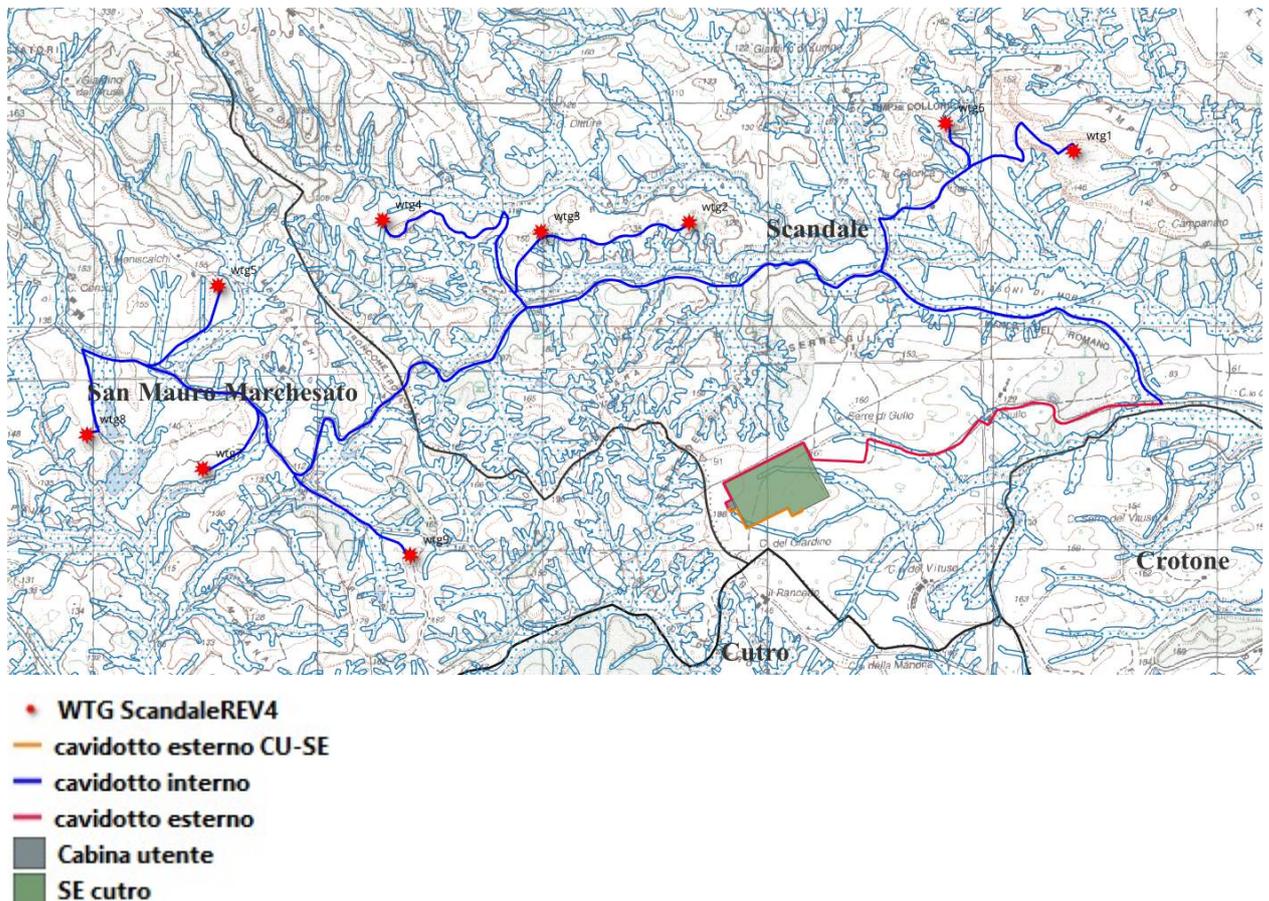


Figura 7: – Aree di attenzione PGRA nella zona di progetto

(<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/varianti-al-piano-stralcio-assetto-idrogeologico-menu/modifiche-al-pai-menu/varianti-di-aggiornamento-mappe-pai-alle-mappe-pgra-menu/misure-di-salvaguardia-menu>)

**Gli aerogeneratori non ricadono all'interno delle aree di attenzione PGRA, mentre il cavidotto, lungo la viabilità esistente, e una piccola parte della Stazione Elettrica risulta investita dalla perimetrazione prevista per le Aree di Attenzione.**

### **3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME**

#### **3.1 GEOMORFOLOGIA DEL SITO DI PROGETTO**

La configurazione morfologica dell'area di studio è condizionata dalle caratteristiche litologiche e strutturali dei terreni affioranti. L'area di progetto è caratterizzata da un paesaggio di bassa collina. Il reticolo idrografico incide i depositi alluvionali e le sottostanti argille marnose, costituendo ampie valli sul cui fondo scorrono dei corsi d'acqua a carattere torrentizio. Localmente l'erosione sui depositi argillosi determina paesaggi di tipo calanchivo. Le zone a più bassa pendenza si trovano sui depositi alluvionali, mentre le dolci acclività presenti sono da attribuire ai depositi di tipo argilloso limoso sabbiosi.

I corsi d'acqua presenti sono a carattere torrentizio, lungo il loro corso hanno eroso la coltre superficiale dei litotipi argillosi portando in affioramento le coperture alterate del substrato geologico caratterizzato da argille grigio-azzurre estremamente compatte che si trova in tutta l'area investigata.

Il sedimento sabbioso di Terrazzo Marino ( $Q^{s-cl}$ ) depositato originariamente (sabbie e/o sabbie ghiaiose) sia prevalentemente alterato causato da agenti esogeni.

#### **3.2 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA**

La rete idrografica è rappresentata da diversi torrenti e brevi fiumare condizionate dalla presenza di formazioni geologiche impermeabili, che determinano uno smaltimento rapido e legato alla stagionalità delle piogge delle acque meteoriche. Il regime idrometrico è strettamente legato al regime pluviometrico, infatti si ha un accumulo di grandi volumi di acqua durante il periodo delle piogge mentre durante la stagione estiva si hanno portate molto modeste o addirittura nulle.

Riguardo all'idrografia sotterranea non sono presenti falde acquifere al contatto stratigrafico tra la copertura quaternaria  $Q^{s-cl}$  (potenziale acquifero) e le argille Plioceniche  $P_{2-3}^a$  impermeabili.

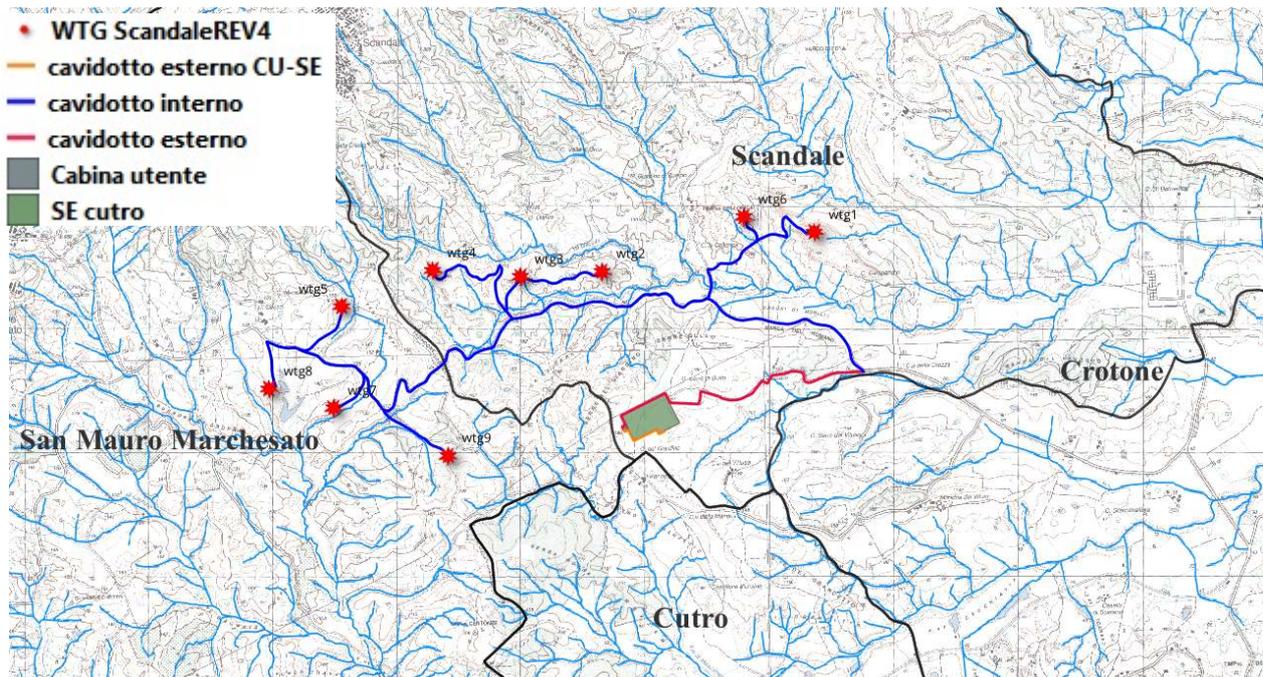


Figura 8: – Stralcio dell'idrografia dell'area di progetto su IGM a 25.000

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

Dal punto di vista geologico la Calabria è costituita per la maggior parte da sedimenti quaternari scarsamente litificati e da intensi fenomeni franosi.

A partire dal Pleistocene medio, dopo la deposizione di depositi sabbioso-siltosi che passano rapidamente a sabbie e microconglomerati rossastri di spiaggia, l'Arco Calabro è stato sottoposto ad un cospicuo sollevamento che ha portato all'emersione di vari bacini, compreso quello Crotonese.

Di seguito i sedimenti dall'alto verso il basso:

##### - **Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente (af) – Olocene**

Tipici depositi recenti di ambiente fluviale, mobili e fissati dalla vegetazione o artificialmente, costituiti da sabbie e limi e ghiaia. Sono particolarmente diffusi in prossimità dei corsi d'acqua che attraversano l'area d'interesse.

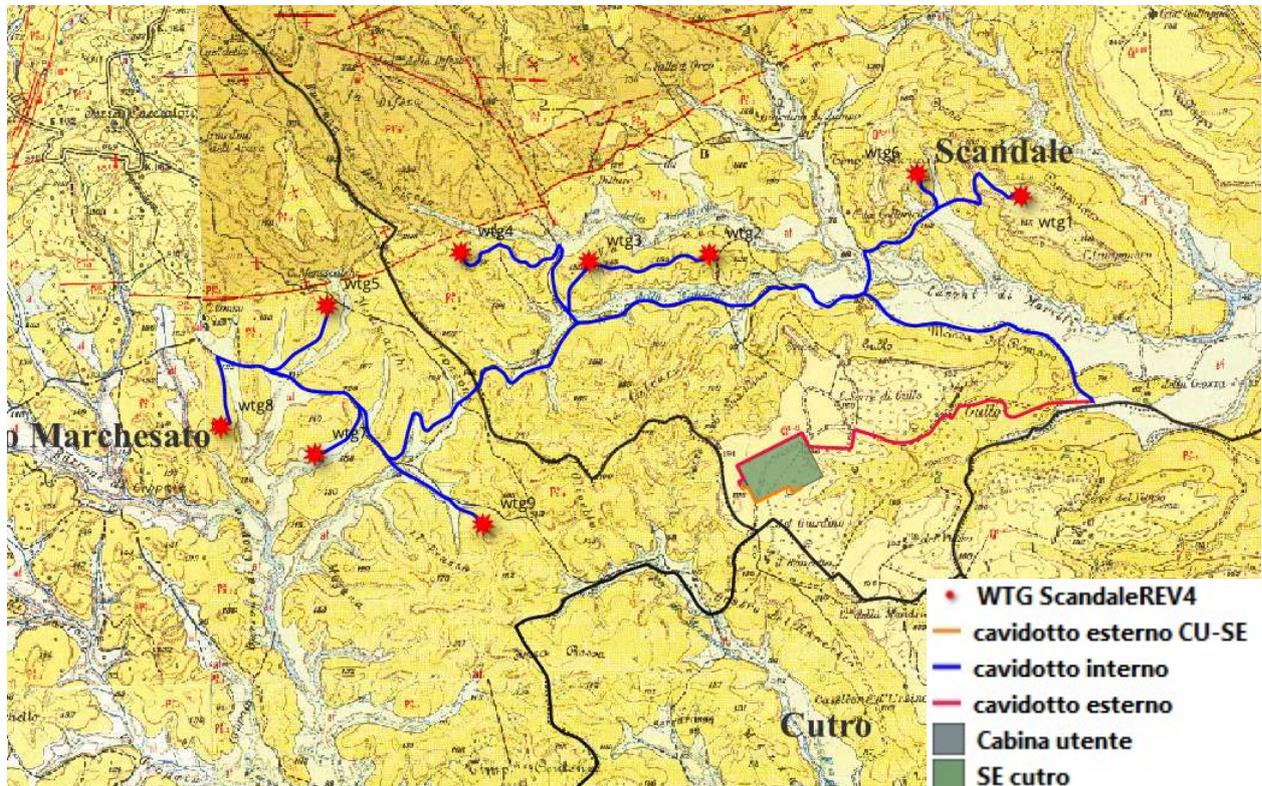
Presentano geometria e composizione granulometrica irregolare con prevalenza in termini sabbioso-limosi; rappresentati prevalentemente da sabbie sciolte di colore grigio chiaro a granulometria medio-fine, parzialmente fissati dalla vegetazione spontanea e da specie arbustive pioniere. Occasionalmente, in vicinanza degli impluvi concentrati, si presentano frammisti a materiale terrigeno fine, depositato da passate esondazioni e allagamenti.

##### - **Sabbie da fini a grossolane, ghiaie, conglomerati e sabbioni con strati arenacei – Pleistocene (Q<sup>S-cl</sup>)**

Sabbioni limosi ghiaiosi di colore bruno rossastro con frequenti livelli di ghiaie fini e frammenti lapidei arenacei e si trovano sempre allo stato incoerente. Essi sono piuttosto permeabili, facilmente erodibili e possiedono angoli di attrito interno di valore molto variabile, a seconda che prevalgano i depositi a granulometria sottile oppure quelli grossolani.

- **Argille siltose, da grigio-chiare a grigio-azzurre (P<sub>2-3</sub><sup>a</sup>) - Pliocene medio- Calabriano**

Argille siltose, con sottili intercalazioni di sabbie micacee e ghiaiose grigio-brunastre, talora leggermente cementate, sono presenti in certe zone. Le argille presentano scarsa resistenza all'erosione e danno comunemente luogo a forme di erosione tipo calanchi, occasionalmente a movimenti franosi. Pliocene medio- Calabriano.



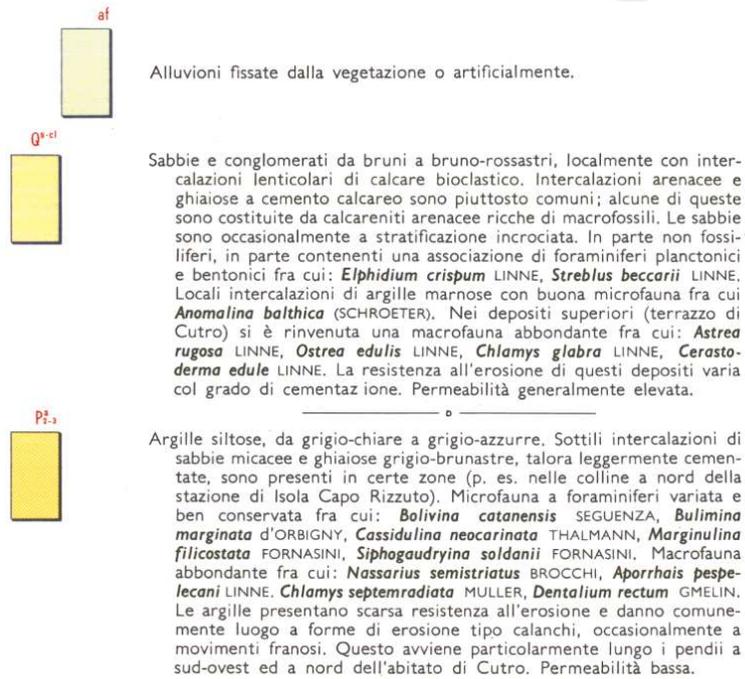


Figura 9: – Stralcio della Carta geologica della Calabria in scala 1:25.000

## 5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PRELIMINARI

Da dati bibliografici è stato possibile determinare una caratterizzazione di massima sia da un punto di vista stratigrafico che da un punto di vista geotecnico dell'area di studio.

Alle unità litostratigrafiche rilevate sono stati attribuiti range di valori dei parametri geotecnici.

Ovviamente, il carattere preliminare del seguente lavoro richiederà una campagna di indagini dirette ed indirette puntuali e di dettaglio, da programmare ed effettuare nelle successive fasi di progettazione.

### MODELLO GEOLOGICO TECNICO PRELIMINARE DELL'AREA DI STUDIO (WTG 1)

| <b>M.G.T. 1</b><br><b>(Q<sup>s-d</sup>) (Sabbie limose)</b> | Prof. (m) | $\gamma_{nat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | Cu (kPa) | $\Phi'$ (°) |
|---|-----------|-------------------------------------|----------|-------------|
| Copertura pedogenetica (argille limose):                    | 0,0-2,0   | 14,5-15,5                           | -        | 25-27       |
| Sabbie limose   | 2,0-5,0   | 20,0-20,5                           | 95-110   | 28-31       |
| Argille grigie mediamente consist.                          | 5,0-7,0   | 18,5-19,5                           | 50-70    | 27-29       |
| Argille grigio-azzurre consist.                             | 7,0-15,0  | 20,0-21,0                           | 103-140  | 30-33       |

**(WTG2, WTG3, WTG4, WTG5, WTG6, WTG8, WTG9)**

| <b>M.G.T. 2</b><br><b>(P<sub>2-3</sub><sup>a</sup>) (Argille grigio-azzurre)</b> | Prof. (m) | $\gamma_{nat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | Cu (kPa) | $\Phi'$ (°) |
|--|-----------|-------------------------------------|----------|-------------|
| Copertura pedogenetica (argille limose):   | 0,0-2,0   | 14,5-15,5                           | -        | 25-27       |
| Argille grigie mediamente consist.   | 2,0-7,0   | 18,5-19,5                           | 50-70    | 27-29       |
| Argille grigio-azzurre consist.  | 7,0-15,0  | 20,0-21,0                           | 103-140  | 30-33       |

**6. INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA**

La caratterizzazione sismica di un territorio si basa da un lato sulla conoscenza degli eventi sismici già avvenuti, localizzati all'interno del territorio stesso o risentiti da aree contigue e, dall'altro, sulla conoscenza delle potenziali sorgenti geologiche esistenti e ritenute in grado di produrre terremoti significativi, anche a prescindere dal fatto che tali terremoti si siano o meno già verificati. Informazioni sugli eventi già avvenuti vengono acquisite su base storico-documentale, analizzando cioè documenti di archivio che abbiano registrato gli effetti dei terremoti avvenuti in epoca storica; tale procedura dipende fortemente dalla disponibilità e dalla qualità di tali documenti ed è quindi influenzata dall'esistenza in epoca storica di fonti (registri parrocchiali, archivi pubblici) e dalla loro conservazione e accessibilità.

Infine, per i terremoti più recenti, vengono utilizzate le registrazioni strumentali effettuate dalle reti sismiche regionali e nazionali esistenti sul territorio.

**6.1 SISMICITA' STORICA**

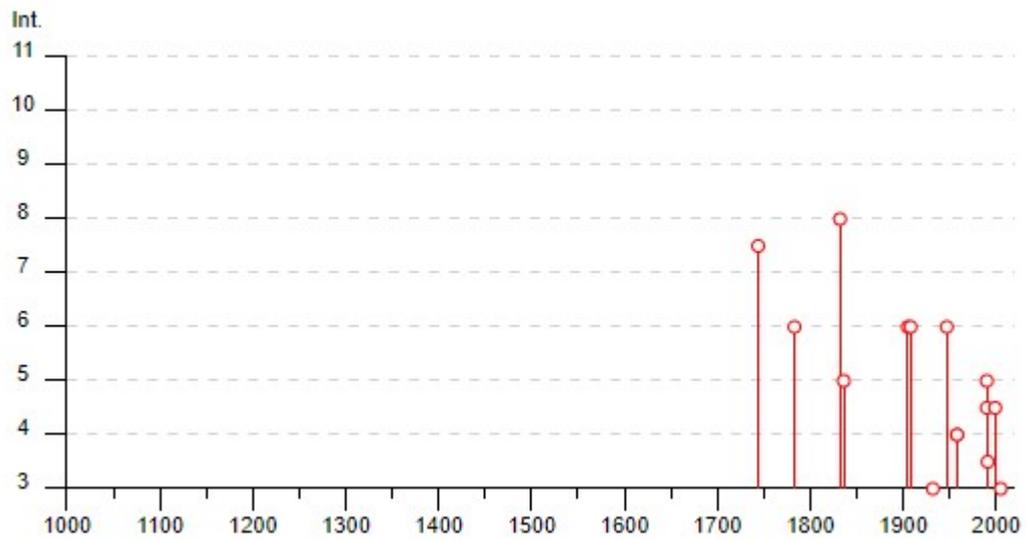
Dal Database Macrosismico Italiano dell'INGV (consultabile al seguente link: [https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15\\_v3.0/query\\_place/](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15_v3.0/query_place/)) è stato possibile individuare la seguente storia sismica dell'area interessata ricadente nel comune di Scandale (KR).

Questo fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2020. L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti (aggiornata sino all'anno 2020):

## Scandale

PlaceID IT\_65042  
Coordinate (lat, lon) 39.121, 16.960  
Comune (ISTAT 2015) Scandale  
Provincia Crotone  
Regione Calabria  
Numero di eventi riportati 24

a)



| Effetti | In occasione del terremoto del |    |    |    |    |    |                              |      |       |      |
|---------|--------------------------------|----|----|----|----|----|------------------------------|------|-------|------|
| Int.    | Anno                           | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale             | NMDP | Io    | Mw   |
| 7-8     | 1744                           | 03 | 21 | 20 |    |    | Sila Piccola                 | 29   | 8     | 5.74 |
| 6       | 1783                           | 03 | 28 | 18 | 55 |    | Calabria centrale            | 323  | 11    | 7.03 |
| 8       | 1832                           | 03 | 08 | 18 | 30 |    | Crotonese                    | 99   | 10    | 6.65 |
| 5       | 1836                           | 04 | 25 | 00 | 20 |    | Calabria settentrionale      | 44   | 9     | 6.18 |
| 6       | 1905                           | 09 | 08 | 01 | 43 |    | Calabria centrale            | 895  | 10-11 | 6.95 |
| 6       | 1908                           | 12 | 28 | 04 | 20 | 27 | Stretto di Messina           | 772  | 11    | 7.10 |
| 3       | 1932                           | 01 | 02 | 23 | 36 |    | Ionio settentrionale         | 16   | 5     | 5.52 |
| 6       | 1947                           | 05 | 11 | 06 | 32 | 15 | Calabria centrale            | 254  | 8     | 5.70 |
| 4       | 1958                           | 07 | 13 | 20 | 48 |    | Sila Piccola                 | 50   | 5-6   | 4.56 |
| 4       | 1958                           | 10 | 27 | 10 | 09 |    | Catanzarese                  | 62   | 5-6   | 4.59 |
| 2       | 1990                           | 01 | 24 | 03 | 51 | 0  | Crotonese                    | 21   | 5-6   | 3.26 |
| 5       | 1990                           | 01 | 24 | 04 | 45 | 0  | Crotonese                    | 63   | 5     | 4.43 |
| NF      | 1990                           | 01 | 24 | 16 | 18 | 5  | Crotonese                    | 26   | 5-6   | 4.01 |
| 4-5     | 1990                           | 01 | 24 | 16 | 40 | 0  | Crotonese                    | 8    | 4-5   | 3.47 |
| NF      | 1990                           | 05 | 05 | 07 | 21 | 2  | Potentino                    | 1375 |       | 5.77 |
| 3-4     | 1991                           | 04 | 24 | 13 | 22 | 1  | Sila                         | 48   | 5     | 4.04 |
| NF      | 1994                           | 01 | 05 | 13 | 24 | 1  | Tirreno meridionale          | 148  |       | 5.82 |
| NF      | 1994                           | 03 | 26 | 00 | 41 | 1  | Catanzarese                  | 41   | 4-5   | 4.25 |
| 4-5     | 1999                           | 12 | 28 | 04 | 26 | 4  | Crotonese                    | 20   | 4-5   | 3.99 |
| NF      | 2004                           | 04 | 17 | 05 | 14 | 1  | Golfo di Squillace           | 126  | 4     | 4.21 |
| NF      | 2004                           | 05 | 05 | 13 | 39 | 4  | Isole Eolie                  | 641  |       | 5.42 |
| 3       | 2005                           | 04 | 23 | 19 | 11 | 4  | Costa calabra settentrionale | 156  | 4     | 4.15 |
| 2-3     | 2006                           | 04 | 17 | 02 | 44 | 0  | Costa calabra settentrionale | 135  | 4-5   | 4.76 |
| NF      | 2006                           | 06 | 22 | 19 | 34 | 5  | Costa calabra settentrionale | 161  |       | 4.70 |

b)

| Località                | EQs | Distanza (km) |
|-------------------------|-----|---------------|
| San Mauro Marchesato    | 20  | 4             |
| Santa Severina          | 27  | 5             |
| Rocca di Neto [vecchia] | 2   | 8             |
| Roccabernarda           | 20  | 8             |
| Papanice                | 4   | 8             |
| Rocca di Neto           | 21  | 9             |
| Apriglianello           | 1   | 9             |
| Altilia                 | 3   | 10            |
| Cutro                   | 20  | 10            |

c)

Figura 10: – Storia sismica del comune di Scandale (KR) estrapolata dal Database Macrosismico Italiano 2020 dell'INGV. Alcuni effetti non sono esprimibili tramite scala MCS per cui vengono utilizzati codici alternativi come: F = avvertito (felt) in caso in cui si ritenga di escludere che si siano verificati danni ( $3 \leq IMCS \leq 5$ ); NF = non avvertito (not felt) in presenza di segnalazione esplicita è equiparabile a  $IMCS = 1$ . figure a), b) e c)

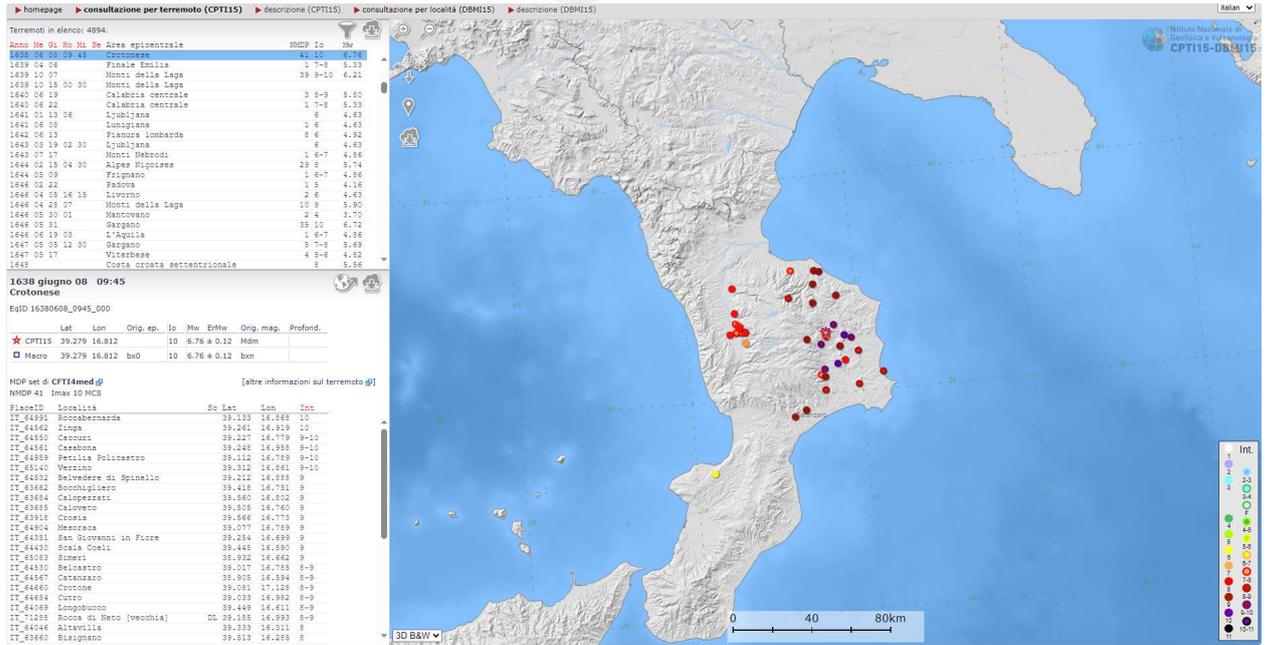


Figura 11: – Intensità registrate in seguito al sisma del 1638 Crotonese estratta dal Catalogo parametrico dei terremoti italiani 2020 (CPTI15) dell'INGV

Dal database INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia <https://terremoti.ingv.it/>) è stato possibile ricercare gli ultimi eventi sismici con magnitudo superiore a 3.5 avvenuti dal 1985 ad oggi entro un intorno di 30 km dal Comune di Scandale (KR).

In particolare nel suddetto periodo si sono verificati n.21 eventi con una magnitudo variabile tra M=3.5 e M=4.2 di seguito ubicati ed elencati.

Visualizzati **21** terremoti (Ordinamento Tempo Decrescente)

Esporta lista (UTC) ▾

| Data e Ora (Italia) ↓ ↑    | Magnitudo ↓ ↑     | Zona                                    | Profondità ↓ ↑ | Latitudine | Longitudine |
|----------------------------|-------------------|---|----------------|------------|-------------|
| 2023-05-08 16:35:54        | Mw 3.5            | 5 km S Crotone (KR)                     | 30             | 39.04      | 17.13       |
| 2020-04-03 16:18:55        | Mw 3.9            | Costa Ionica Crotonese (Crotone)        | 19             | 39.09      | 17.22       |
| <b>2020-04-03 05:52:04</b> | <b>Mw 4.0</b>     | <b>Costa Ionica Crotonese (Crotone)</b> | 22             | 39.08      | 17.22       |
| 2020-04-03 05:13:05        | Mw 3.5            | Costa Ionica Crotonese (Crotone)        | 20             | 39.08      | 17.24       |
| 2020-01-17 00:37:09        | Mw 3.8            | 6 km NE Albi (CZ)                       | 8              | 39.07      | 16.62       |
| 2019-10-15 13:54:52        | Mw 3.9            | Costa Ionica Crotonese (Crotone)        | 10             | 39.21      | 17.15       |
| 2017-07-06 08:04:48        | Mw 3.7            | Costa Ionica Catanzarese (Catanzaro)    | 29             | 38.86      | 16.90       |
| 2011-09-20 01:44:25        | ML 3.6            | 7 km NE Isola di Capo Rizzuto (KR)      | 25             | 39.01      | 17.16       |
| 2011-03-25 19:31:31        | ML 3.8            | Costa Ionica Crotonese (Crotone)        | 1              | 38.87      | 16.97       |
| 2011-03-25 17:18:11        | ML 3.5            | Costa Ionica Crotonese (Crotone)        | 2              | 38.87      | 16.95       |
| 2008-09-27 10:28:27        | ML 3.6            | Costa Ionica Crotonese (Crotone)        | 10             | 39.18      | 17.21       |
| <b>2007-08-01 02:07:54</b> | <b>Mw 4.2</b>     | <b>Costa Ionica Crotonese (Crotone)</b> | 10             | 39.00      | 17.18       |
| 2007-03-26 15:55:26        | Mw 3.8            | 1 km SW San Nicola dell'Alto (KR)       | 23             | 39.28      | 16.96       |
| 2005-12-03 09:33:01        | ML 3.6            | 5 km E Rocca di Neto (KR)               | 10             | 39.20      | 17.06       |
| 2005-11-18 19:35:22        | ML 3.5            | Costa Ionica Crotonese (Crotone)        | 19             | 39.13      | 17.21       |
| 2002-04-06 08:38:19        | Md 3.5            | 2 km SW Roccabernarda (KR)              | 4              | 39.12      | 16.86       |
| 2002-04-05 16:54:15        | Md 3.8            | 4 km N Petilia Policastro (KR)          | 10             | 39.15      | 16.80       |
| 1999-03-30 15:19:11        | Md 3.6            | 3 km NE Umbriatico (KR)                 | 5              | 39.37      | 16.94       |
| 1991-04-24 15:22:17        | Md 3.6            | 2 km NW San Giovanni in Fiore (CS)      | 5              | 39.27      | 16.69       |
| 1990-01-24 17:18:57        | Md 3.7            | 1 km W Scandale (KR)                    | 5              | 39.12      | 16.94       |
| <b>1990-01-24 05:45:03</b> | <b>ML-VAX 4.0</b> | <b>6 km E Scandale (KR)</b>             | 10             | 39.10      | 17.02       |

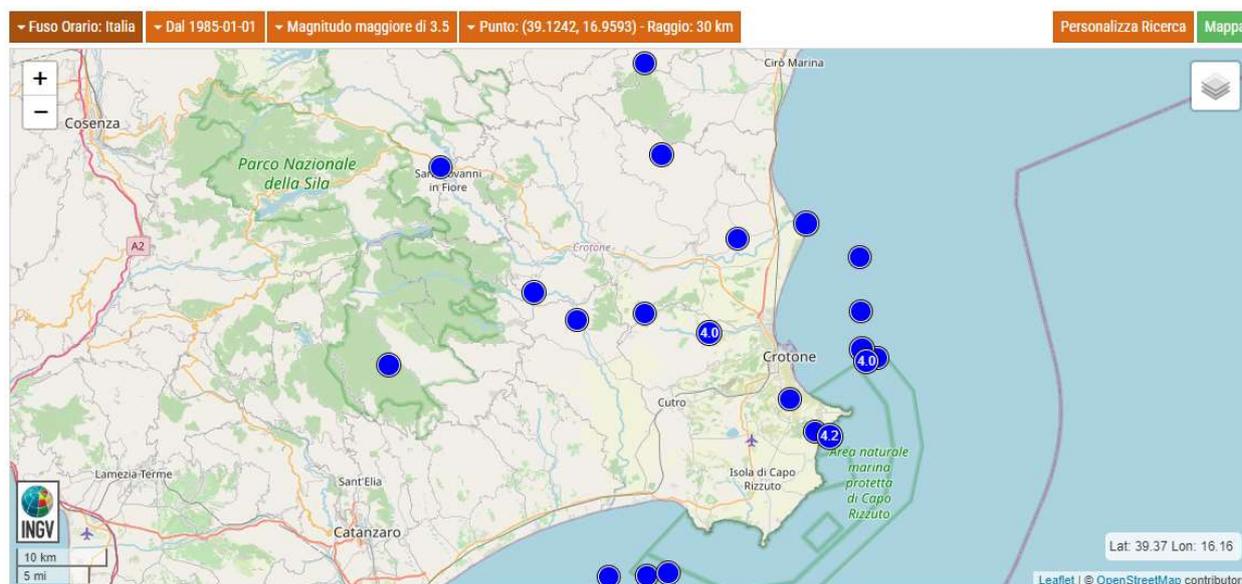


Figura 12: – Lista degli eventi di  $M \leq 3,50$  avvenuti dal 1985 ad oggi entro un raggio di 30 km dal Comune di Scandale (KR) da INGV.

## 6.2 STRUTTURE TETTONICHE ATTIVE

Sul database Ithaca dell'ISPRA (Catalogo delle Faglie capaci) sono riportate le strutture tettoniche attive in Italia, interessandosi in modo particolare alle faglie capaci - primarie,

secondarie e ereditate riattivate - che tagliano la superficie e in alcuni casi riporta anche faglie sepolte ritenute capaci di produrre deformazione del suolo. Le faglie contenute in questo database potrebbero quindi rappresentare concettualmente l'espressione superficiale diretta o indiretta dell'attività delle sorgenti profonde sia in risposta della dislocazione sul piano di faglia principale profondo, sia in conseguenza della deformazione cosismica superficiale di altra natura (ad es. gravitativa). Questo database raccoglie quindi prevalentemente informazioni su faglie superficiali ed è uno strumento utilizzabile per le analisi di pericolosità ambientale e sismica, per la pianificazione territoriale e per la pianificazione degli interventi durante le emergenze di protezione civile.

Dal database Ithaca (figura sottostante) è riscontrabile come l'area oggetto di studio non ricade sulle faglie attive cartografate sul portale dell'ISPRA.



Figura 13: – Database Ithaca con individuazione delle strutture tettoniche attive in Italia (cerchio in rosso =area di studio <http://sgi.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>)

Mentre il database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) contiene le strutture primarie, quelle cioè che si prendono carico della maggior parte della deformazione tettonica e, muovendosi in profondità, causano i terremoti principali e il relativo scuotimento, caratterizzandole in termini di massima magnitudo potenziale e distanza sorgente-sito. A queste strutture primarie possono essere associate diverse strutture secondarie, che possono essere sede di sismicità minore durante le sequenze sismiche, e in alcuni casi possono arrivare a tagliare direttamente la superficie; queste tuttavia non sono riportate nel DISS se non per i casi di rotture di superficie associate a terremoti storici o recenti studiati con approccio paleosismologico.

Il catalogo parametrico DISS 3.3.0 rappresenta senza dubbio la base di dati parametrici più completa ed aggiornata che definisce le più importanti sorgenti e strutture sismogeniche presenti in Italia (DISS Working Group, 2021). Questo catalogo è stato scelto come base di riferimento per individuare i terremoti più importanti per l'area studiata.

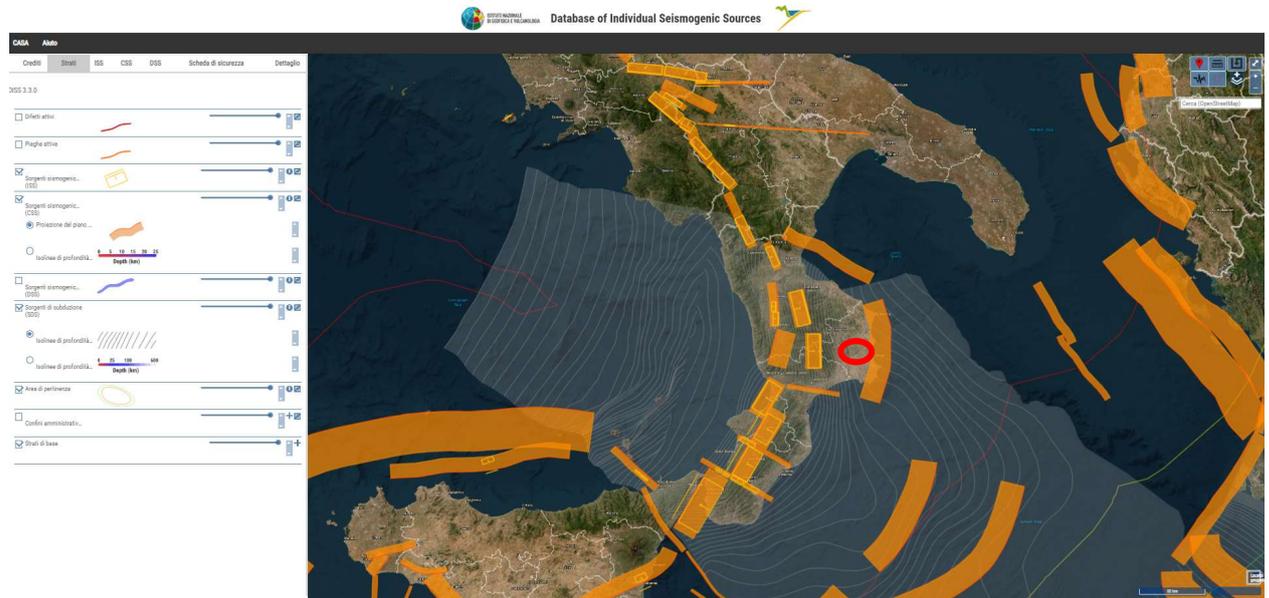


Figura 14: – Database DISS 3.3.0 ubicazione delle sorgenti sismogenetiche più vicine all'area di studio <https://diss.ingv.it/mapper/> (cerchio in rosso).

La nuova zonazione sismogenetica ZS9 ha lo scopo di recepire le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 3.3.0 e altre faglie attive, oltre ad inserire dati relativi ai terremoti più importanti.



Figura 15: – Zonazione sismogenetica ZS9 con indicazione dell'area di studio (da <https://data.ingv.it/>)

Un'altra importante novità inserita nella ZS9 è l'introduzione dello strato sismogenetico che è stato definito convenzionalmente come l'intervallo di profondità che ha generato il 90% degli eventi che ricadono all'interno di ogni zona. I limiti superiore e inferiore dello strato sismogenetico sono individuati alle profondità che includono un numero di eventi cumulato pari rispettivamente al 5% e al 95% del totale. La profondità alla quale avviene la maggior parte degli eventi è stata identificata con la moda principale della distribuzione di frequenza degli eventi.

L'area di studio ricade su zona sismogenetica 930 denominata "Calabria Ionica" con magnitudo massima misurata 6.6 con meccanismo di movimento indeterminato, con profondità efficace di 10 km.

La classificazione sismica del territorio tiene conto non solo dell'ubicazione delle sorgenti sismiche, ma anche della propagazione dell'energia sismica con la distanza dalla sorgente e della eventuale amplificazione locale delle oscillazioni sismiche, prodotte dalle caratteristiche del terreno.

### 6.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

E' noto come l'azione sismica sulle costruzioni sia generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta dinamica, che va verificata e controllata negli aspetti di sicurezza e di prestazioni attese.

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche.

Già nell'Ordinanza PCM 3274 2003 "Mappa delle zone sismiche" il dipartimento della protezione civile ha redatto la mappa delle zone sismiche d'Italia. Sul sito della protezione civile è pubblicato l'aggiornamento della classificazione sismica a livello nazionale (marzo 2023).

I comuni di Scandale, San Mauro Marchesato e Crotone (KR) ricadono in una zona a rischio sismico 2. E' con livello di pericolosa medio.

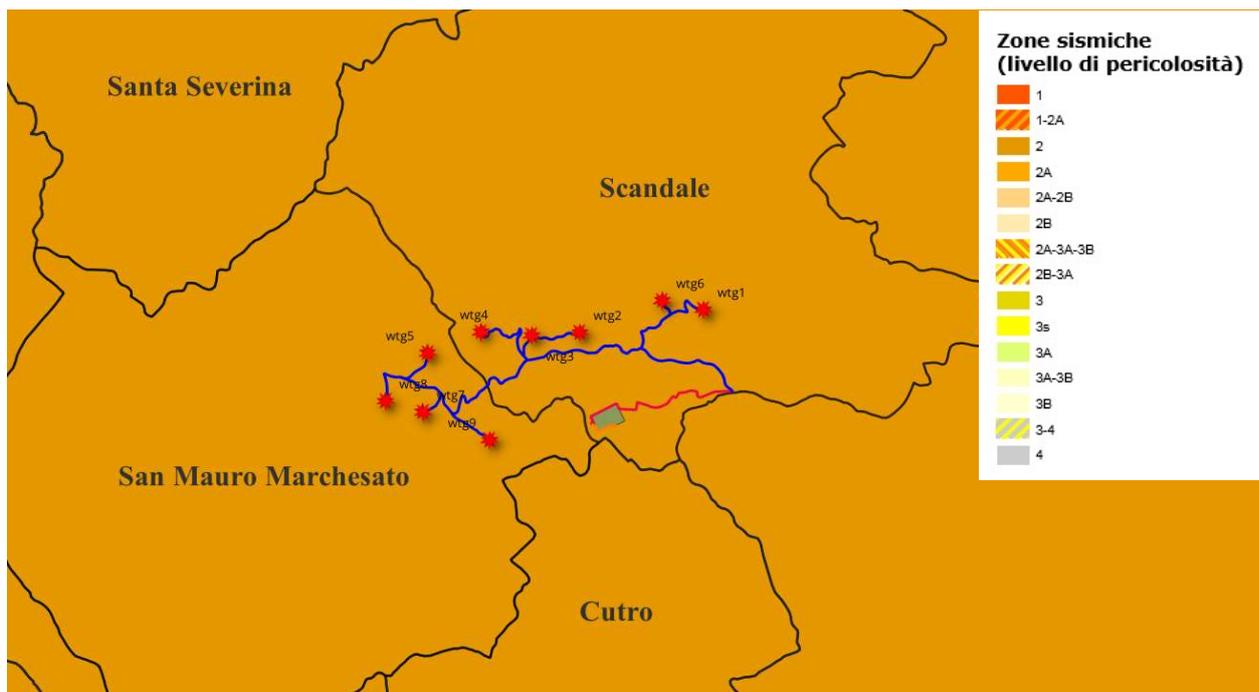


Figura 16: -Stralcio della classificazione sismica marzo 2023

Con pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto. Essendo prevalentemente un'analisi di tipo probabilistico, si può definire un certo scuotimento solo associato alla probabilità di accadimento nel prossimo futuro.

Già con il D.M. 14/01/2008 era stato introdotto una nuova modalità di valutazione dell'intensità dell'azione sismica da tener conto nella fase di progettazione dei fabbricati, basata non più su una mappa sismica "classica" suddivisa in categorie o zone, bensì su un

reticolo di riferimento. La grande novità consiste nel non avere più delle aree perfettamente confinate; il nuovo sistema di mappatura suddivide infatti l'intero territorio nazionale in riquadri, in cui a ciascun vertice è attribuito un valore di accelerazione sismica  $a_g$  prevista sul suolo, definita come parametro dello scuotimento, che insieme ai coefficienti  $S_s$  ed  $S_t$  (stratigrafici e topografici) diventano utili come riferimento per la valutazione dell'effetto sismico da applicare all'opera di progetto, secondo le procedure indicate nello stesso Decreto Ministeriale.

**Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica di base vengono forniti dall'INGV (<http://esse1.mi.ingv.it/>) e pubblicati su attraverso le coordinate geografiche del sito. Questi range di valori di  $a_g$  non tengono conto dell'amplificazione sismica locale (topografiche e stratigrafiche).**

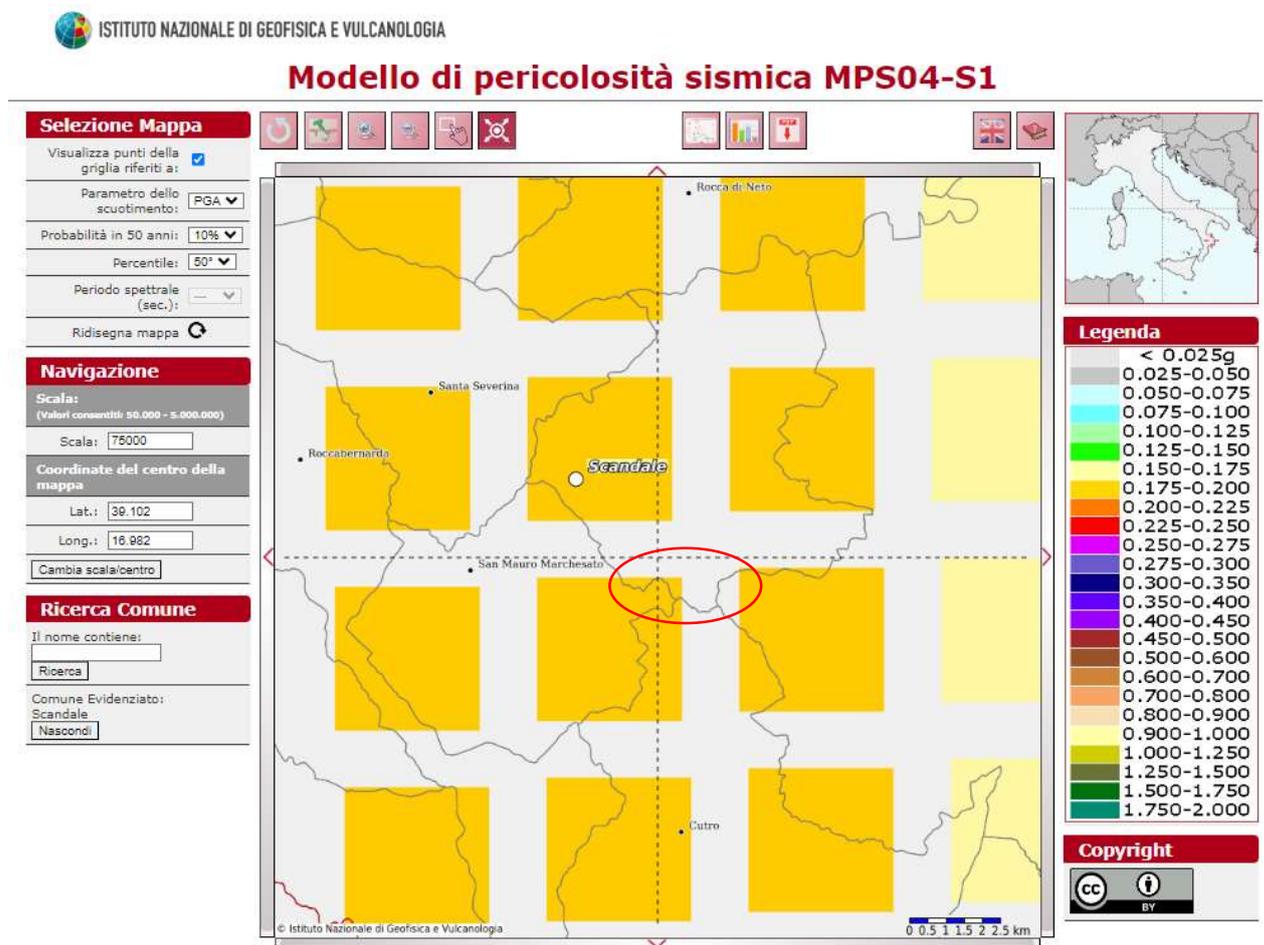


Figura 17: - Mappa dell'accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_s30 > 800m/s$  Cat. A).

In particolare, il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Opcm n. 3519 del 2006, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio,

introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ) (pericolosità di base), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per quanto riguarda l'accelerazione sismica di riferimento dell'area ricade, nel punto del reticolo di riferimento definito da longitudine 16.982 e latitudine 39.102, nella maglia elementare l'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (pericolosità di base), nel range di valori compresi tra 0,175 e 0,200 ( $a_g/g$ ).

Per la stima dell'accelerazione massima del sito (pericolosità locale), è necessario considerare oltre alla pericolosità di base anche i fattori di amplificazione locale del terreno (topografica e stratigrafica).

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio Civile, ecc).

#### **6.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA**

Con Decreto del 17 Gennaio del 2018, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Martedì 20 Febbraio, sono state aggiornate le Norme Tecniche per le Costruzioni.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel capitolo 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al capitolo 6.2.2.

Nello specifico il recente D.M. del 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni pubblicate sul supplemento ordinario della G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018) propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo mediante cinque tipologie di suoli: A –B –C – D –E, eliminando gli ulteriori due speciali S1 e S2 presenti nelle precedenti NTC del 2008.

In particolare le cinque tipologie dei suoli sono così definite (Tab. 3.2.II):

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| <b>A</b>  | <i>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.</i>   |
| <b>B</b>  | <i>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.</i>  |
| <b>C</b>  | <i>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.</i>   |
| <b>D</b>  | <i>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.</i> |
| <b>E</b>  | <i>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.</i>  |

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

Con  $h_i$  = spessore in metri dello strato  $i$ -esimo

$V_{s,i}$  = velocità dell'onda di taglio  $i$ -esima

$N$  = numero di strati

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

**Dai dati bibliografici relativi al sito in questione, si possono attribuire valori di massima di  $V_{s,eq}$  corrispondenti alla categoria di suolo C.**

Per quanto riguarda le condizioni topografiche, per quelle complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Per ciò che concerne l'area in studio, è caratterizzata da una zona poco acclive con valori di inclinazione media  $\leq$  di  $15^\circ$ . Pertanto, il coefficiente topografico da adottare è quello relativo alla categoria T1.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" VR e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" R V P.

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

**Approssimativamente, la caratterizzazione sismica del sottosuolo nell'area dell'impianto può essere approssimata ad una categoria di suolo C.**

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

**Ag** accelerazione orizzontale massima al sito;

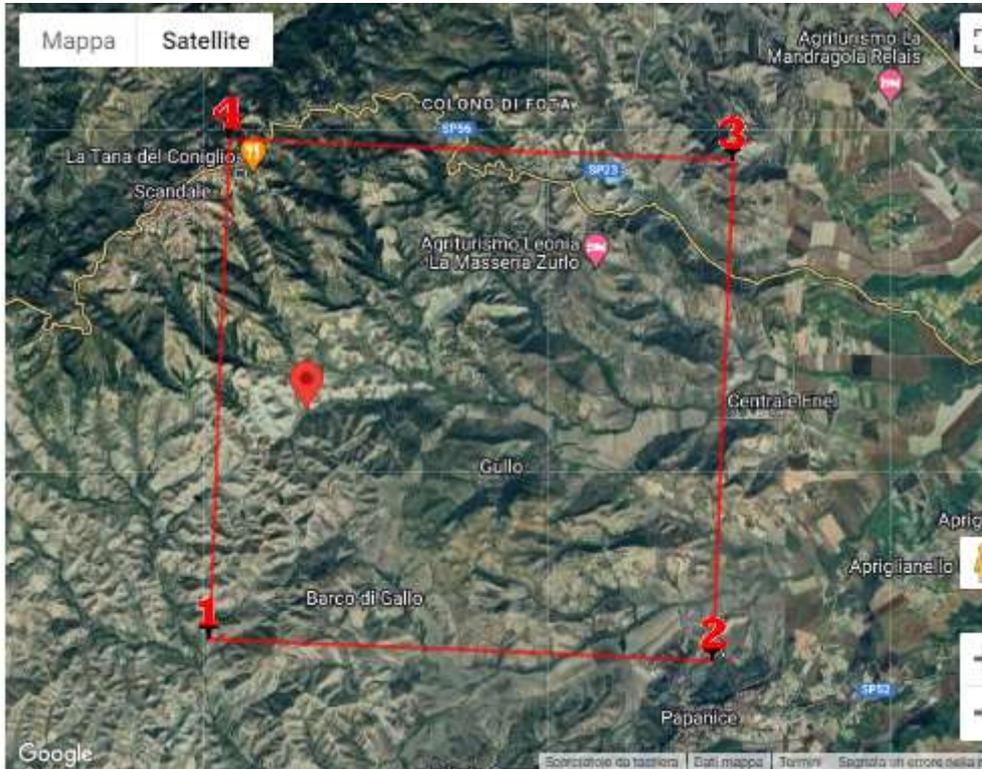
**Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

**Tc\*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Di seguito sono forniti i valori di **ag Fo e Tc\*** nonché lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali ed orizzontali, necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Ai fini della progettazione, il valore di accelerazione massima al suolo si ricava dalla maglia di riferimento per il calcolo dei paramenti sismici (es. GEOSTRU parametri sismici).

### Paramenti sismici



Siti di riferimento ED 50

Sito 1 ID: 40791 Lat: 39,0802 Lon: 16,9644 Distanza: 2758,746

Sito 2 ID: 40792 Lat: 39,0781 Lon: 17,0286 Distanza: 5264,109

Sito 3 ID: 40570 Lat: 39,1281 Lon: 17,0313 Distanza: 5468,322

Sito 4 ID: 40569 Lat: 39,1301 Lon: 16,9670 Distanza: 3128,376

Coordinate Punto WGS84: **lat: 39.102015 long: 16.975950**

Litologia prevalente: **Argille grigio azzurre**

Classe d'uso edificio: **2**

Coefficiente d'uso: **1**

Vita Nominale: **50 anni**

Categoria topografica: **T1**

Periodo di riferimento: **50 anni**

Categoria di Sottosuolo: **C**

Tabella 6.1: Parametri sismici di GeoStru

|            | <b>Probab. Sup.<br/>(%)</b> | <b>TR<br/>(anni)</b> | <b>ag<br/>(g)</b> | <b>F0</b> | <b>Tc*<br/>(s)</b> |
|------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|-----------|--------------------|
| <b>SLO</b> | <b>81</b>                   | 30                   | 0.049             | 2.329     | 0.280              |
| <b>SLD</b> | <b>63</b>                   | 50                   | 0.064             | 2.337     | 0.306              |
| <b>SLV</b> | <b>10</b>                   | 475                  | <b>0.188</b>      | 2.384     | 0.364              |
| <b>SLC</b> | <b>5</b>                    | 975                  | 0.248             | 2.447     | 0.380              |

Tabella 6.2: Coefficienti sismici di GeoStru

|            | <b>Ss</b>    | <b>Cc</b> | <b>St</b>    | <b>Kh</b>    | <b>Kv</b>    | <b>Amax</b> | <b>Beta</b> |
|------------|--------------|-----------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| <b>SLO</b> | 1.500        | 1.600     | 1.000        | 0.015        | 0.007        | 0.721       | 0.200       |
| <b>SLD</b> | 1.500        | 1.550     | 1.000        | 0.019        | 0.010        | 0.945       | 0.200       |
| <b>SLV</b> | <b>1.430</b> | 1.470     | <b>1.000</b> | <b>0.065</b> | <b>0.032</b> | 2.639       | 0.240       |
| <b>SLC</b> | 1.340        | 1.450     | 1.000        | 0.093        | 0.047        | 3.262       | 0.280       |

Per il calcolo dell'accelerazione massima attesa al sito si fa riferimento alla seguente formula (NTC cap. 7.11.3) riferita allo Stato Limite SLV

$$agmax = Ss * St * ag$$

$$Ss = 1,430 \quad St = 1,000 \quad ag = 0,188$$

$$agmax = 0,269$$

con **Kh= 0,065** (coeff. azione sismica orizzontale) **Kv=0,032** (coeff. azione sismica verticale)

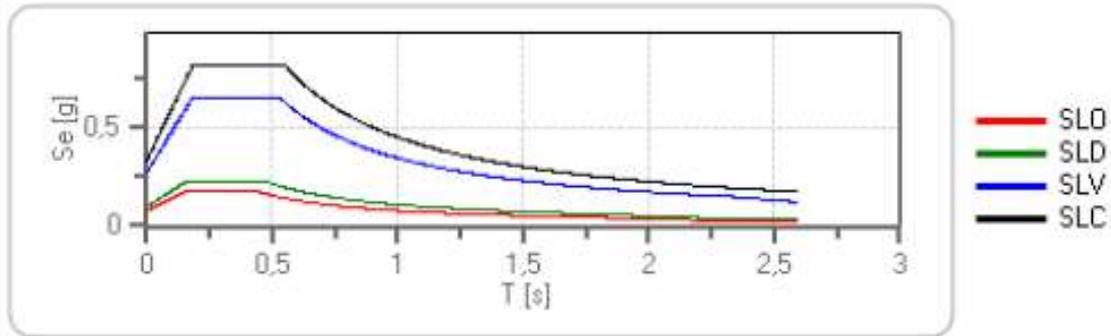
## Spettri di risposta

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

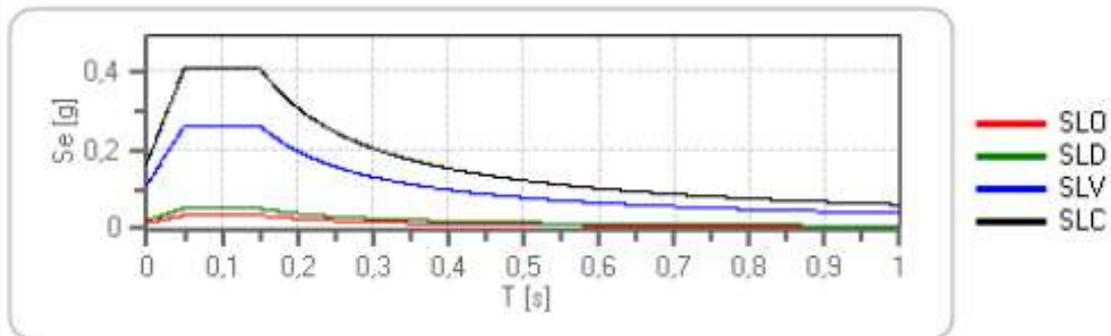
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



|     | cu | ag [g] | Fo    | Tc' [s] | Ss    | Cc    | St    | S     |       | TB [s] | TC [s] | TD [s] |
|-----|----|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SLO | 1  | 0,049  | 2,329 | 0,280   | 1,500 | 1,600 | 1,000 | 1,500 | 1,000 | 0,149  | 0,448  | 1,796  |
| SLD | 1  | 0,064  | 2,337 | 0,306   | 1,500 | 1,550 | 1,000 | 1,500 | 1,000 | 0,158  | 0,474  | 1,857  |
| SLV | 1  | 0,188  | 2,384 | 0,364   | 1,430 | 1,470 | 1,000 | 1,430 | 1,000 | 0,178  | 0,535  | 2,353  |
| SLC | 1  | 0,248  | 2,447 | 0,380   | 1,340 | 1,450 | 1,000 | 1,340 | 1,000 | 0,183  | 0,550  | 2,593  |

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



|     | cu | ag [g] | Fo    | Tc' [s] | Ss    | Cc    | St    | S     |       | TB [s] | TC [s] | TD [s] |
|-----|----|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SLO | 1  | 0,049  | 2,329 | 0,280   | 1,000 | 1,600 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050  | 0,150  | 1,000  |
| SLD | 1  | 0,064  | 2,337 | 0,306   | 1,000 | 1,550 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050  | 0,150  | 1,000  |
| SLV | 1  | 0,188  | 2,384 | 0,364   | 1,000 | 1,470 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050  | 0,150  | 1,000  |
| SLC | 1  | 0,248  | 2,447 | 0,380   | 1,000 | 1,450 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,050  | 0,150  | 1,000  |

## SLV

### Spettro di progetto

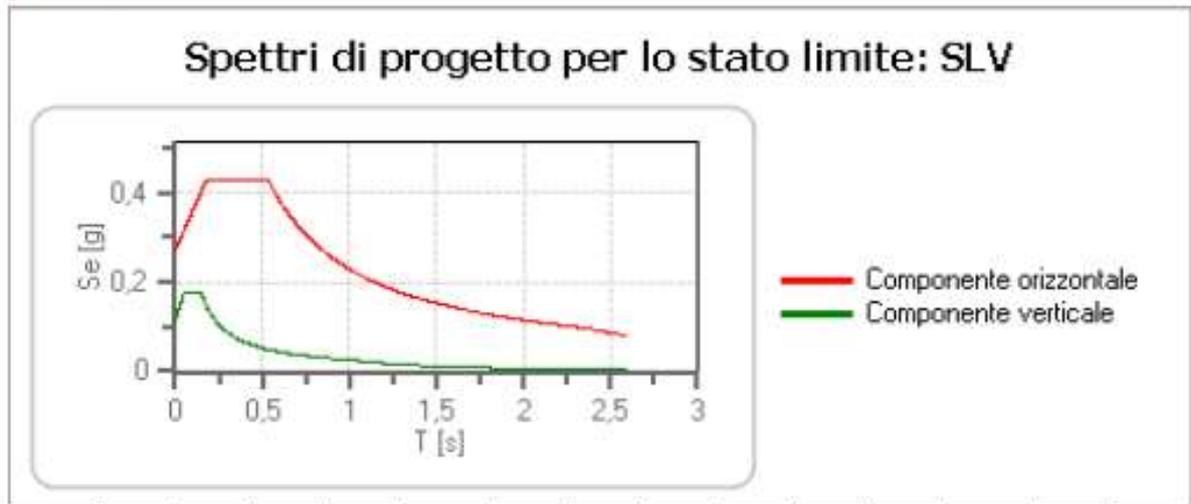
Coefficiente di struttura  $q$  per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura  $q$  per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLV



|                 | cu | ag [g] | Fo    | Tc* [s] | Ss    | Cc    | St    | S     | q     | TB [s] | TC [s] | TD [s] |
|-----------------|----|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SLV orizzontale | 1  | 0,188  | 2,384 | 0,364   | 1,430 | 1,470 | 1,000 | 1,430 | 1,500 | 0,178  | 0,535  | 2,353  |
| SLV verticale   | 1  | 0,188  | 2,384 | 0,364   | 1,430 | 1,470 | 1,000 | 1,000 | 1,500 | 0,050  | 0,150  | 1,000  |



## SLC

### Spettro di progetto

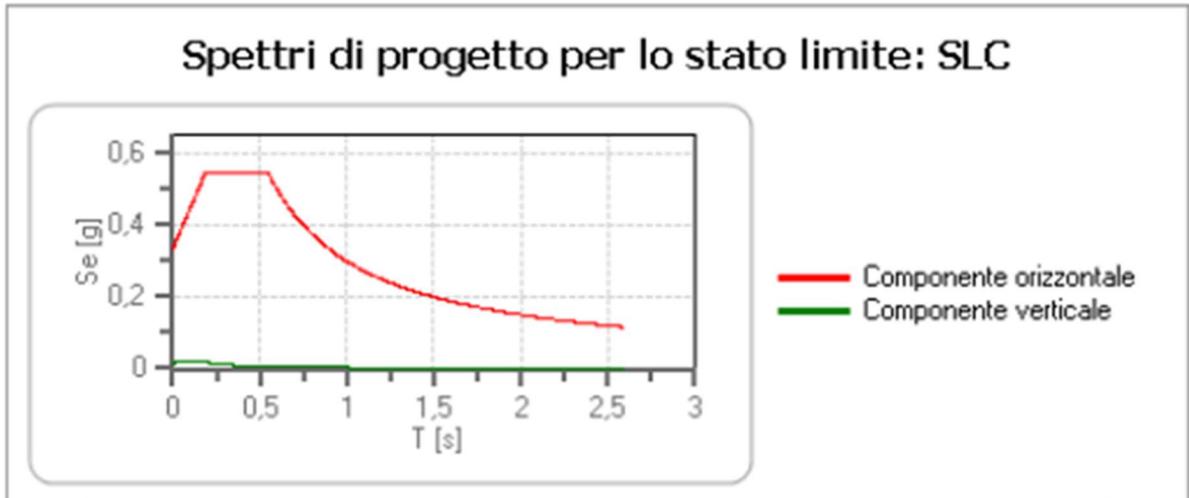
Coefficiente di struttura  $q$  per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura  $q$  per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLC



|                 | cu | ag [g] | Fo    | Tc* [s] | Ss    | Cc    | St    | S     | q     | TB [s] | TC [s] | TD [s] |
|-----------------|----|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SLC orizzontale | 1  | 0,248  | 2,447 | 0,380   | 1,340 | 1,450 | 1,000 | 1,340 | 1,500 | 0,183  | 0,550  | 2,593  |
| SLC verticale   | 1  | 0,248  | 2,447 | 0,380   | 1,340 | 1,450 | 1,000 | 1,000 | 1,500 | 0,050  | 0,150  | 1,000  |



## SLO

### Spettro di progetto

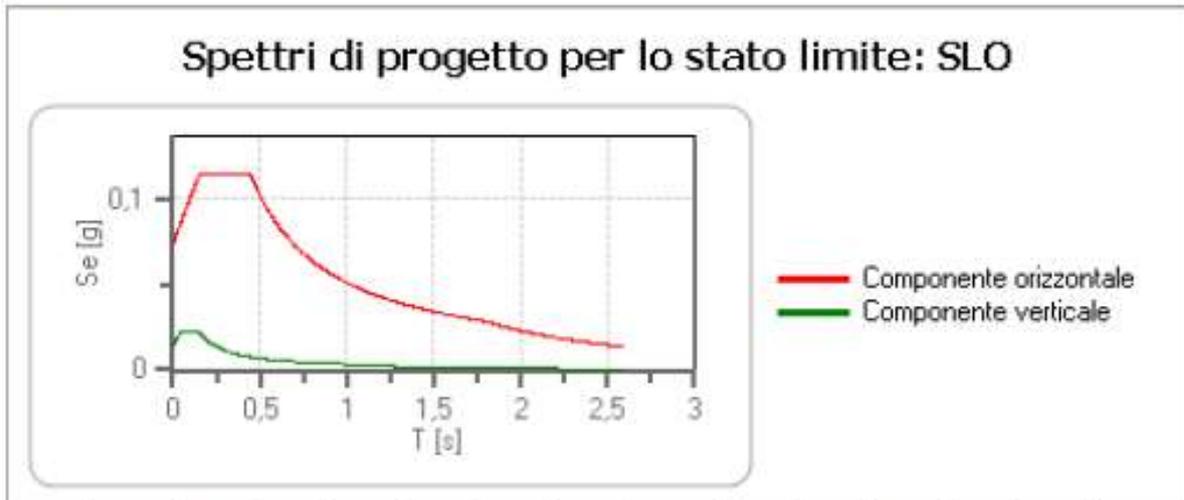
Coefficiente di struttura  $q$  per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura  $q$  per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO



|                 | cu | ag [g] | Fo    | Tc* [s] | Ss    | Cc    | St    | S     | q     | TB [s] | TC [s] | TD [s] |
|-----------------|----|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SLO orizzontale | 1  | 0,049  | 2,329 | 0,280   | 1,500 | 1,600 | 1,000 | 1,500 | 1,500 | 0,149  | 0,448  | 1,796  |
| SLO verticale   | 1  | 0,049  | 2,329 | 0,280   | 1,500 | 1,600 | 1,000 | 1,000 | 1,500 | 0,050  | 0,150  | 1,000  |

## SLD

### Spettro di progetto

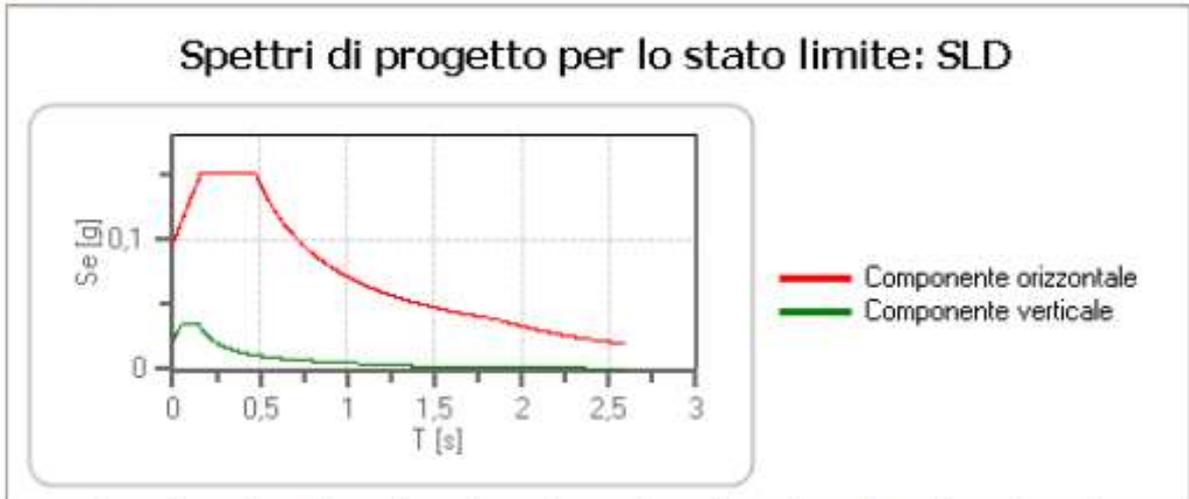
Coefficiente di struttura  $q$  per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura  $q$  per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLD



|                 | cu | ag [g] | Fo    | Tc* [s] | Ss    | Cc    | St    | S     | q     | TB [s] | TC [s] | TD [s] |
|-----------------|----|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SLD orizzontale | 1  | 0,064  | 2,337 | 0,306   | 1,500 | 1,550 | 1,000 | 1,500 | 1,500 | 0,158  | 0,474  | 1,857  |
| SLD verticale   | 1  | 0,064  | 2,337 | 0,306   | 1,500 | 1,550 | 1,000 | 1,000 | 1,500 | 0,050  | 0,150  | 1,000  |



## 7. CONCLUSIONI

L'analisi delle tematiche geologiche, geomorfologiche, per la realizzazione del parco eolico, ha permesso di definire in linea di massima un modello geologico del terreno di studio.

Sulla base del rilievo geolitologico l'area di studio ricade su argille grigio azzurre. Dalle risultanze ottenute sulla base degli elementi a disposizione si evince che dal punto di vista geomorfologico e geotecnico, in prospettiva sismica ed in relazioni alle condizioni globali dei terreni, si conferma la fattibilità geologica delle opere in progetto.

La caratterizzazione geotecnica di massima dei terreni è stata ricostruita da dati bibliografici per una valutazione preliminare ai fini progettuali dell'opera.

Ovviamente, il carattere preliminare del seguente lavoro richiederà una campagna di indagini dirette ed indirette puntuali e di dettaglio, da programmare ed effettuare nelle successive fasi di progettazione.

Da un punto di vista cautelativo ed in attesa di ulteriori indagini sismiche da effettuare in corrispondenza di ogni singolo aerogeneratore, la caratterizzazione sismica del sottosuolo nell'area dell'impianto, da dati bibliografici, può essere approssimata ad una categoria di suolo C.

**Suolo di tipo 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.

Per la tipologia di opera in esame, il valore di *Agmax* (accelerazione massima attesa al sito) è 0.269 g, attribuendo una classe di edificio II "Affollamento normale. Assenza di funzioni pubbliche e sociali" con coeff. d'uso=1 attribuendo la costruzione con livelli di prestazioni ordinari con vita nominale =50 anni (Tabella 2.4.II "Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni" del D.M. 17 gennaio 2018 – NTC).

I comuni di Scandale, San Mauro Marchesato e Crotone (KR) ricadono in una zona a rischio sismico 2. E' con livello di pericolosa medio.

Dalle risultanze ottenute sulla base degli elementi a disposizione si evince che l'area di progetto non presenta criticità geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche tali da comprometterne l'utilizzo per i fini progettuali.

Per tutto quanto in dettaglio si fa espresso rimando ai paragrafi precedenti.

