

**Interventi di riqualificazione e valorizzazione  
dell'area "La Fratta" sottostante le Mura del Centro Storico  
"Lavori di consolidamento statico del versante occidentale"**

(Determina n° 87 del 17/09/2025)

**Progetto Esecutivo**



**2.RILIEVI SPECIALISTICI E DIAGNOSTICA**  
**2.3 GEOLOGIA/GEOTECNICA/SISMICA**

<b>OGGETTO:</b> Relazione sismica di fattibilità di alcuni interventi di riqualificazione nell'area sottostante le mura del Centro storico di Arcidosso - ( Zona 5 )		Elaborato: <b>19</b>
Committente: Comune di Arcidosso (GR)		Scala: A4
Il Sindaco : Dott. Jacopo Marini		Data: Novembre 2025
Responsabile Unico del Procedimento: Ing. Simone Savelli		Aggiornamento:
Ingegneria strutturale: Ing. Giousè Gifuni		Revisione:
Geologia e Geotecnica - Geoamata : Geol. Alessandro Nenci - Geol.Massimo Fanti		
Rilievi specialistici :	Progettazione e valutazioni economiche:	File :Elab.19_GEO.SIS.02.pdf
 Via Siria, 102 58100 Grosseto	 <b>Ing. Arch. Maurizio Di Stefano</b> Via Medina 5 80133 Napoli maurizio.distefano@ordingna.it	

# **COMUNE DI ARCIDOSO**

## **PROVINCIA DI GROSSETO**

**AMM.NE COMUNALE ARCIDOSO**

**RELAZIONE SISMICA A SUPPORTO DEGLI INTERVENTI DI  
RIQUALIFICAZIONE VALORIZZAZIONE DELL'AREA LA FRATTA  
SOTTOSTANTE LE MURA CENTRO STORICO - LAVORI DI  
CONSOLIDAMENTO STATICO DEL VERSANTE OCCIDENTALE**

**CUP: H48H24000200004**

**Consulente Geologo: Dott. Geol. Massimo Fanti**

**Grosseto, novembre 2025**

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO E VINCOLISTICO .....	3
3. UBICAZIONE.....	5
4. CLASSIFICAZIONE SISMICA .....	6
5. SISMICITÀ STORICA .....	11
6. INQUADRAMENTO SISMICO.....	16
6.1. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P ELABORATO CON TECNICA TOMOGRAFICA .....	16
6.1.1. RISULTATI INDAGINE SISMICA TOMOGRAFICA IN ONDE P .....	18
6.2. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S ELABORATA CON TECNICA MASW .....	18
6.2.1. RISULTATI INDAGINE SISMICA MASW .....	21
7. DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E TOPOGRAFICA .....	22
8. SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE .....	23
9. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA .....	25
10. VERIFICA SUSCETTIBILITÀ DI LIQUEFAZIONE.....	27
11. CONCLUSIONI .....	29

TAV. G721525MFAF01 - INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO E VINCOLISTICO

TAV. G721525MFAF02 - MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO E SISMICO

## 1. PREMESSA

Su incarico e per conto dell'Amm.ne Comunale di Arcidosso, è stata redatta la presente relazione sismica di supporto agli "interventi di riqualificazione valorizzazione dell'area La Fratta sottostante mura centro storico - lavori di consolidamento statico del versante occidentale", nel centro abitato di Arcidosso, comune di Arcidosso (Gr).

Il presente studio si è reso necessario per la verifica e la caratterizzazione dell'affioramento roccioso sotto al muro in pietra del terrazzo del ristorante Bastarda Rossa e per l'individuazione di eventuali opere di consolidamento e sostegno del versante.

La presente relazione pone l'attenzione sull'analisi del grado di sismicità dell'area in oggetto e sulle risultanze delle indagini eseguite.

L'indagine, tenuto conto del tipo di studio, si è articolata attraverso le seguenti fasi:

- Consultazione dei database CPTI15 e DBMI15 dell'INGV per valutare la sismicità storica del sito in esame;
- determinazione del modello sismico mediante l'esecuzione di un profilo sismico a rifrazione in onde P elaborato con tecnica tomografica e restituzione 2D, eseguito in parete verticale. Sul medesimo profilo è stata eseguita anche una prova sismica M.A.S.W., necessaria a definire, mediante il valore delle VSeq, la categoria sismica del sottosuolo;
- stima della pericolosità sismica di base e determinazione dei parametri necessari alla ricostruzione degli spettri di risposta elastici al sito per i vari stati limite, calcolati direttamente a partire dalle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento;
- sintesi ed elaborazione dei dati raccolti secondo i modelli più adatti, con particolare riferimento ed attenzione alla valutazione dell'interazione tra attività sismica e opera;
- consultazione degli strumenti urbanistici del Comune di Arcidosso ed altri strumenti operativi disponibili sul sito della Regione Toscana.

## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO E VINCOLISTICO

La presente relazione è stata redatta ai sensi delle seguenti norme:

- D.P.G.R. n. 5/R del 30/01/2020 - Regolamento di attuazione dell'art. 104 della L.R. 65/2014 contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche;
- Delibera n. 31 del 20/01/2020 Regione Toscana - approvazione dell'allegato A, quale parte integrante e sostanziale del presente atto, avente ad oggetto "Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche";
- D.P.G.R.T. 19/01/2022 n. 1/R - Regolamento di attuazione dell'art. 181 della L.R. n. 65/2014 "Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico";
- "Linee guida sulle tipologie e classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare al progetto da presentare ai sensi dell'art. 3 del Reg. 1R/2022;
- Decreto Ministeriale del 17/01/2018 - Aggiornamento delle "Norme Tecniche sulle Costruzioni";
- Circolare del 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17/01/2019;
- L.R. n. 58 del 16/10/2009 - Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico;
- L.R. n. 24 del 21/05/2019 - Disposizioni in materia di prevenzione e diminuzione del rischio sismico. Modifiche alla L.R. 58/2009;
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e ss.mm.ii. contenente "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica";
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 "criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle stesse zone";
- All. al voto n. 36 del 27/07/2007 del C.S. dei LL.PP - Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;
- Del. G.R.T. n°421 del 26/05/2014 (attuazione Ord. P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 e D.M. 14/01/2007) - Classificazione sismica dei Comuni della Regione Toscana;
- D.M. 11/03/1988 e successive modifiche ed integrazioni, alla Circ. Appl. Min. LL.PP. n. 30483 del 24/9/1988 e tenendo conto della Del. C.P. n. 80 del 30/6/1997.



Dalla consultazione della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di livello 1, secondo lo Studio di Microzonazione Sismica della Regione Toscana – Comune di Arcidosso, il sito di studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (cfr. Tav. G721525MFAF01 - fig. 14); nello specifico rientra nella zona 2007, ovvero: aree nelle quali è presente un substrato rappresentato dai litotipi appartenenti alla Pietraforte o alla facies calcareo - argillitica dell'Unità di Canetolo (SFALS), coperti da un sottile spessore, inferiore a 5 metri, riferibile alla coltre di alterazione del substrato. Le possibili amplificazioni sono dovute alla fratturazione del substrato. Questa zona comprende le aree con versanti con pendenza superiore a 15°.

Il territorio del Comune di Arcidosso, in base alla Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, aggiornamento Deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012, ricade in classe sismica 3.



### 3. UBICAZIONE

L'area di studio è ubicata in corrispondenza di un tratto di mura sul versante occidentale del paese di Arcidosso. Nello specifico il sito si trova in località La Fratta, nel tratto di mura storiche del paese dove è presente il terrazzo del ristorante la Bastarda Rossa

Dal punto di vista cartografico l'area in esame ricade:

- Foglio N° 320 Sez. II – Castel del Piano, della nuova cartografia in scala 1: 25.000 dell'IGMI (cfr. Tav. G721525MFAF01 - Fig. 1);
- Carta Tecnica Regionale redatta dalla Regione Toscana Foglio 331060 in scala 1: 10.000 (cfr. Tav. G721525MFAF01 - Fig. 2);
- Catastralmente l'area oggetto di studio è individuabile nel Foglio n. 30 particella n. 320 in scala 1:1.000 del Comune di Arcidosso (cfr. Tav. G721525MFAF01 - Fig. 3).

Di seguito si riportano le coordinate del sito (WGS84):

- Latitudine: 42.871610
- Longitudine: 11.534838



Figura 1 - Foto aerea dell'area di studio (google maps)

## 4. CLASSIFICAZIONE SISMICA

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

La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare per i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento dettava i principi generali sulla base dei quali le Regioni hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

**Zona 1** - È la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta

**Zona 2** - In questa zona forti terremoti sono possibili

**Zona 3** - In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2

**Zona 4** - È la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (v. fig. sotto).



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

Il territorio del Comune di Arcidosso, in base alla Deliberazione G.R.T. n. 421 del 26/05/2014 (aggiornamento Deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012, recante "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell' O.P.C.M. 3519 /2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 - Revoca della DGRT 431/2006" e cessazione di efficacia dell'elenco dei Comuni a Maggior Rischio Sismico della Toscana), ricade in zona sismica 3.

Più nello specifico la zona sismica 3 può essere suddivisa in quattro sottozone con intervalli di accelerazione di 0.025 ag/g, come da carta di pericolosità pubblicata con O.P.C.M. 3519/06.

L'area in esame ricade nella Sotto-Zona sismica 3.4.

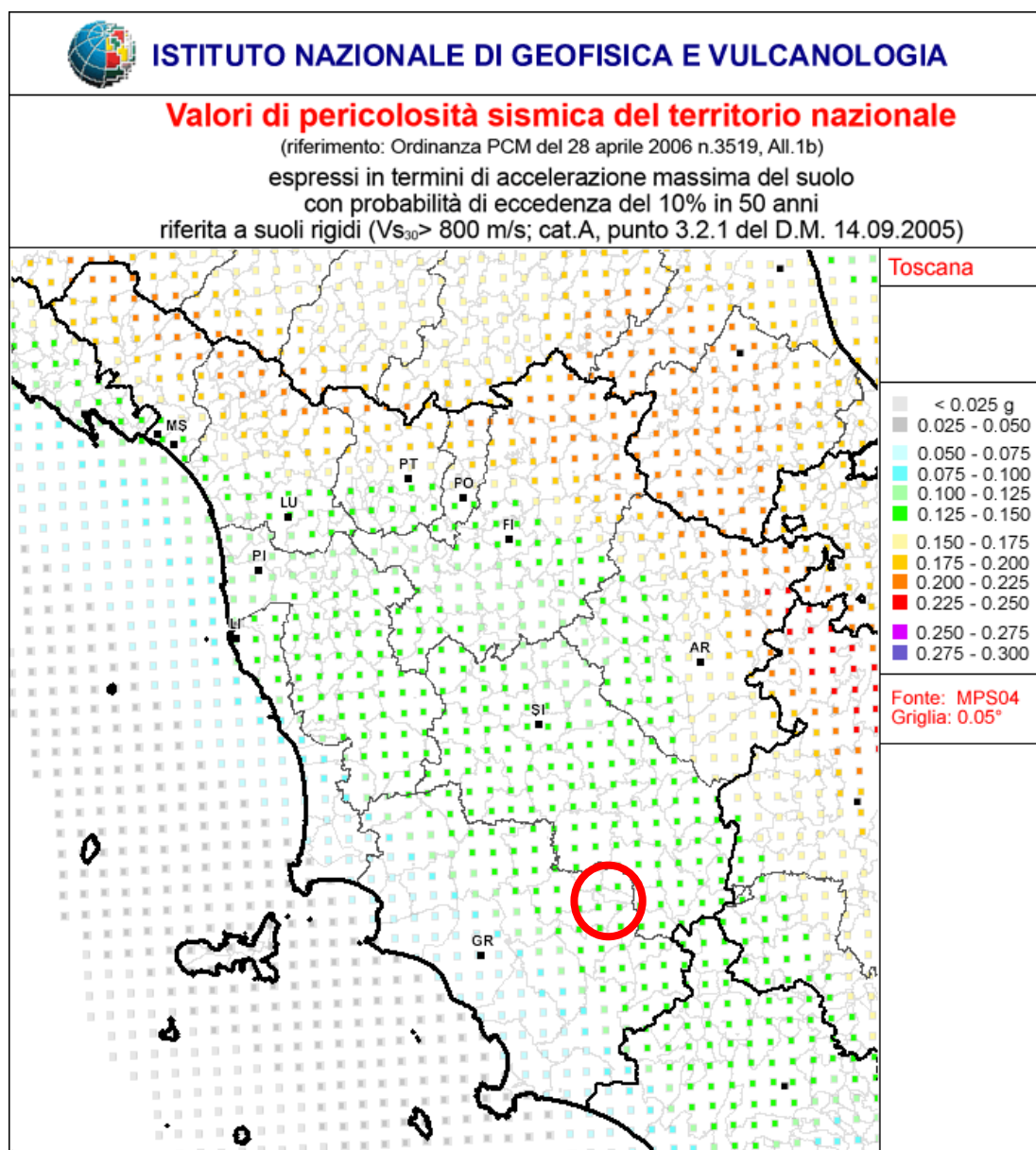
<div> <div>REGIONE TOSCANA</div> <div>Direzione Generale Politiche Ambientali, Energia e Cambiamenti climatici</div> <div>GENIO CIVILE DI AREA VASTA FIRENZE, AREZZO, PRATO, PISTOIA. PREVENZIONE SISMICA</div> <div>ALLEGATO 1</div> </div>		
<b>AGGIORNAMENTO DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO DELLA REGIONE TOSCANA 2014</b>		
<b>ELENCO DEI COMUNI TOSCANI CON INDICAZIONE DELLA ZONA SISMICA DI APPARTENENZA</b> (in grassetto i nuovi comuni istituiti dal 1 gennaio 2014 per fusione di comuni limitrofi)		
<b>PROVINCIA DI GROSSETO</b>		
09053001	Arcidosso	Zona 3
09053002	Campagnatico	Zona 3
09053003	Capalbio	Zona 4
09053004	Castel del Piano	Zona 3
09053005	Castell'Azzara	Zona 2
09053006	Castiglione della Pescaia	Zona 4
09053007	Cinigiano	Zona 3
09053008	Civitella Paganico	Zona 3
09053009	Follonica	Zona 4
09053010	Gavorrano	Zona 4
09053011	GROSSETO	Zona 4

<b>ZONA</b>	<b>SOTTO -ZONA</b>	<b>ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (<math>a_g</math>)</b>	<b>ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (<math>a_g</math>)</b>
<b>1</b>	<b>1.4</b>	$0.325 < a_g \leq 0.350$	<b>0.35g</b>
	<b>1.3</b>	$0.300 < a_g \leq 0.325$	
	<b>1.2</b>	$0.275 < a_g \leq 0.300$	
	<b>1.1</b>	$0.250 < a_g \leq 0.275$	
<b>2</b>	<b>2.4</b>	$0.225 < a_g \leq 0.250$	<b>0.25g</b>
	<b>2.3</b>	$0.200 < a_g \leq 0.225$	
	<b>2.2</b>	$0.175 < a_g \leq 0.200$	
	<b>2.1</b>	$0.150 < a_g \leq 0.175$	
<b>3</b>	<b>3.4</b>	$0.125 < a_g \leq 0.150$	<b>0.15g</b>
	<b>3.3</b>	$0.100 < a_g \leq 0.125$	
	<b>3.2</b>	$0.075 < a_g \leq 0.100$	
	<b>3.1</b>	$0.050 < a_g \leq 0.075$	
<b>4</b>	<b>4</b>	$\leq 0.05$	<b>0.05g</b>

L'area in esame è quindi caratterizzata da:

<b>ZONA</b>	<b>SOTTO - ZONA</b>	<b>ACCELERAZIONE CON PROBABILITA' DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI</b>	<b>ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO</b>
<b>3</b>	<b>3.4</b>	$0,125g < a_g \leq 0,150g$	<b>0,150g</b>

Di seguito si riporta la mappa della pericolosità sismica della Toscana:



Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni hanno definito che per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.

Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Dalla consultazione della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di livello 1, secondo lo Studio di Microzonazione Sismica della Regione Toscana – Comune di Arcidoso, il sito di studio ricade

all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (cfr. Tav. G721525MFAF01 - fig. 14); nello specifico rientra nella zona 2007, ovvero: aree nelle quali è presente un substrato rappresentato dai litotipi appartenenti alla Pietraforte o alla facies calcareo - argillitica dell'Unità di Canetolo (SFALS), coperti da un sottile spessore, inferiore a 5 metri, riferibile alla coltre di alterazione del substrato. Le possibili amplificazioni sono dovute alla fratturazione del substrato. Questa zona comprende le aree con versanti con pendenza superiore a 15°.

Questo dato conferma quanto è scaturito dalle indagini geognostiche eseguite nel sito di progetto, dove si evidenzia uno strato superficiale di materiale variamente addensato che ricopre, per uno spessore di circa 5/7 metri, la formazione rocciosa della Pietraforte (v. Relazione geologica).





## 5. SISMICITÀ STORICA

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area interessata dalle opere in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

- 1) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15) versione 4, redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ( $I_{max}$ )  $\geq 5$  o con magnitudo ( $M_w$ )  $\geq 4.0$  d'interesse relativi al territorio italiano.
- 2) DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) versione 4, realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima ( $I_{max}$ )  $\geq 5$  avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

Entrambi i cataloghi comprendono una finestra cronologica di eventi sismici dall'anno 1000 a circa tutto il 2020, ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Nella figura seguente è mostrata una mappa delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI15 e DBMI15 relativi ad una vasta area intorno al sito in studio.

In generale, dalla consultazione di questa cartografia si nota che l'area interessata dal progetto (cerchio rosso) presenta una sismicità storica media con eventi sismici importanti di magnitudo moderata.

Questi eventi sismici sono legati prevalentemente alla tettonica estensionale del retropaese e/o ai processi di messa in posto dei corpi effusivi di Radicofani e del Monte Amiata.

Di seguito si riportano i principali eventi sismici riportati per l'area in esame all'interno del CPTI15 sono: il terremoto del Monte Amiata del 17 giugno 1868 (magnitudo di momento: 4.40; Int: 6-7 MSC), il terremoto del Monte Amiata del 12 febbraio 1905 (magnitudo di momento: 4.55; Int: 5-6 MSC), il terremoto del Monte Amiata del 3 novembre 1948 (magnitudo di momento: 4.82; Int: 6 MSC), il

terremoto della Val di Paglia del 10 settembre 1919 (magnitudo di momento: 5.36; Int: 6 MSC), il terremoto del Monte Amiata del 08 gennaio 1926 (magnitudo di momento: 4.90; Int: 5 MSC), il terremoto della Val di Paglia del 16 ottobre 1940 (magnitudo di momento: 5.29; Int: 5 MSC) e il terremoto della Val di Chiana del 9 maggio 1861 (magnitudo di momento: 5.02; Int: 5 MSC).

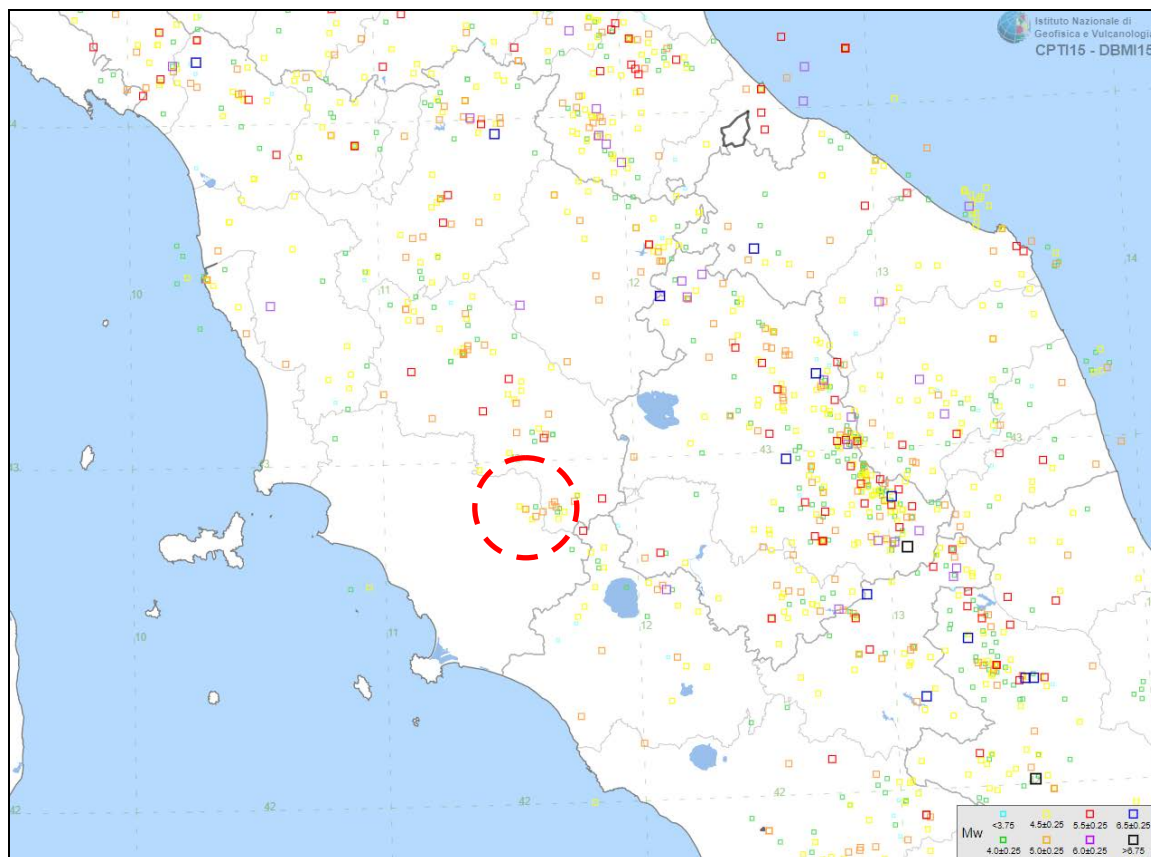


Figura 2 - Mappa con la locazione degli epicentri dei terremoti storici (catalogo CPTI15 e DBMI15 - redatti dall'INGV)

I terremoti percepiti nella zona di progetto (riportati nel catalogo CPTI15 e DBMI15) con una intensità significativa sono 22; questi sono distribuiti temporalmente come nella figura sottostante (alcuni non sono riportati per mancanza di una misura locale dell'intensità).

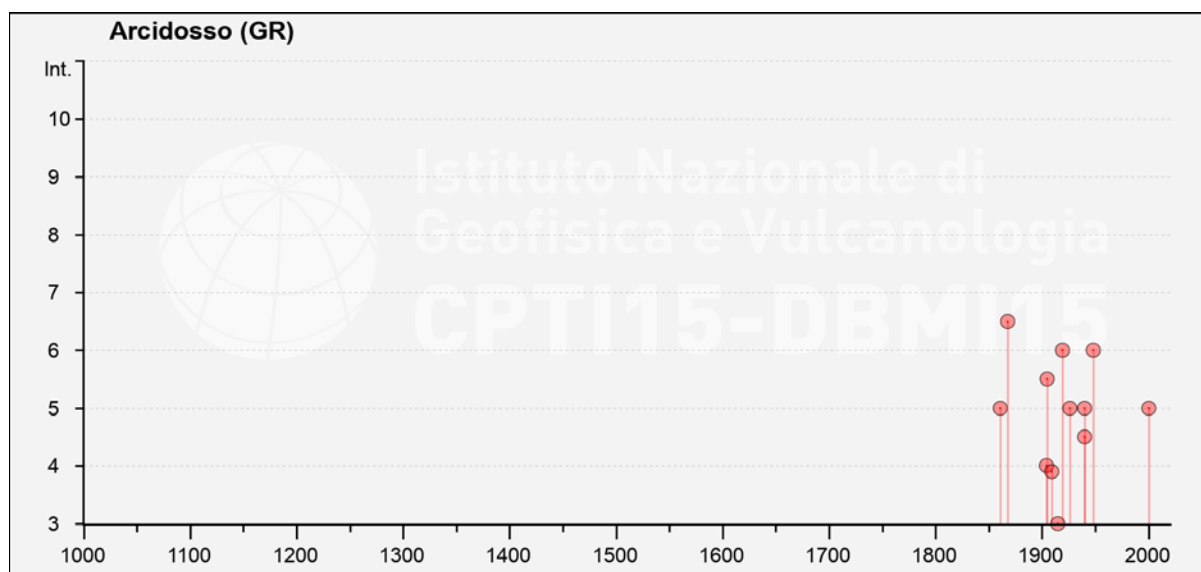


Figura 3 - Grafico intensità-anno dei principali eventi sismici nell'area

L'area in esame ricade nella zona sismo genetica n. 921 - "etruria" (zonazione sismo-genetica ZS9 dell'INGV), che comprende il retro paese appenninico, caratterizzato da un alto flusso di calore ed eventi sismici a moderata energia.

La zona sismo-genetica 921 presenta un meccanismo focale medio di tipo estensivo legato prevalentemente alla tettonica estensionale del retropaese appenninico.

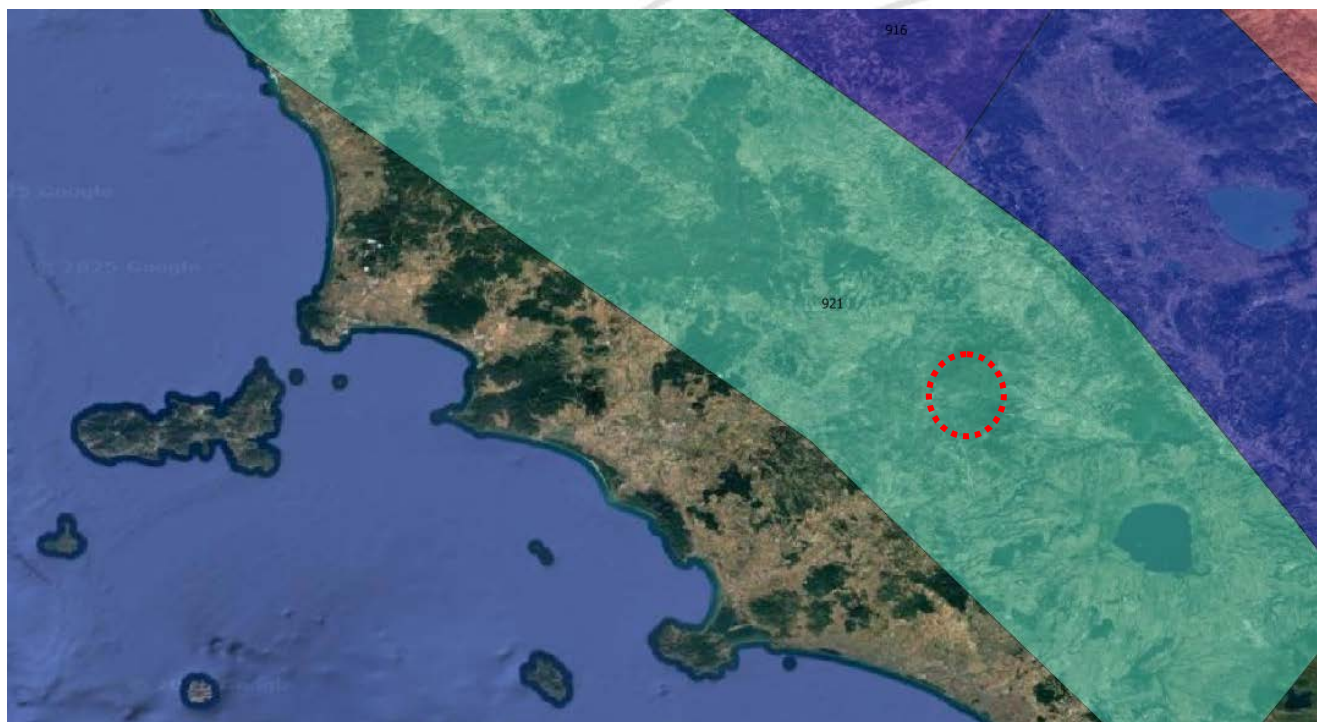


Figura 4 - Zonazione sismo genetica ZS9 dell'INGV

Dallo studio dei terremoti storici si possono estrapolare altri dati utili alla caratterizzazione sismica del territorio, tra cui le due elaborazioni riportate nella figura seguente ed entrambe importanti per una valutazione di pericolosità sismica locale dell'area, ovvero:

- Disaggregazione del PGA
- Spettro di risposta elastica

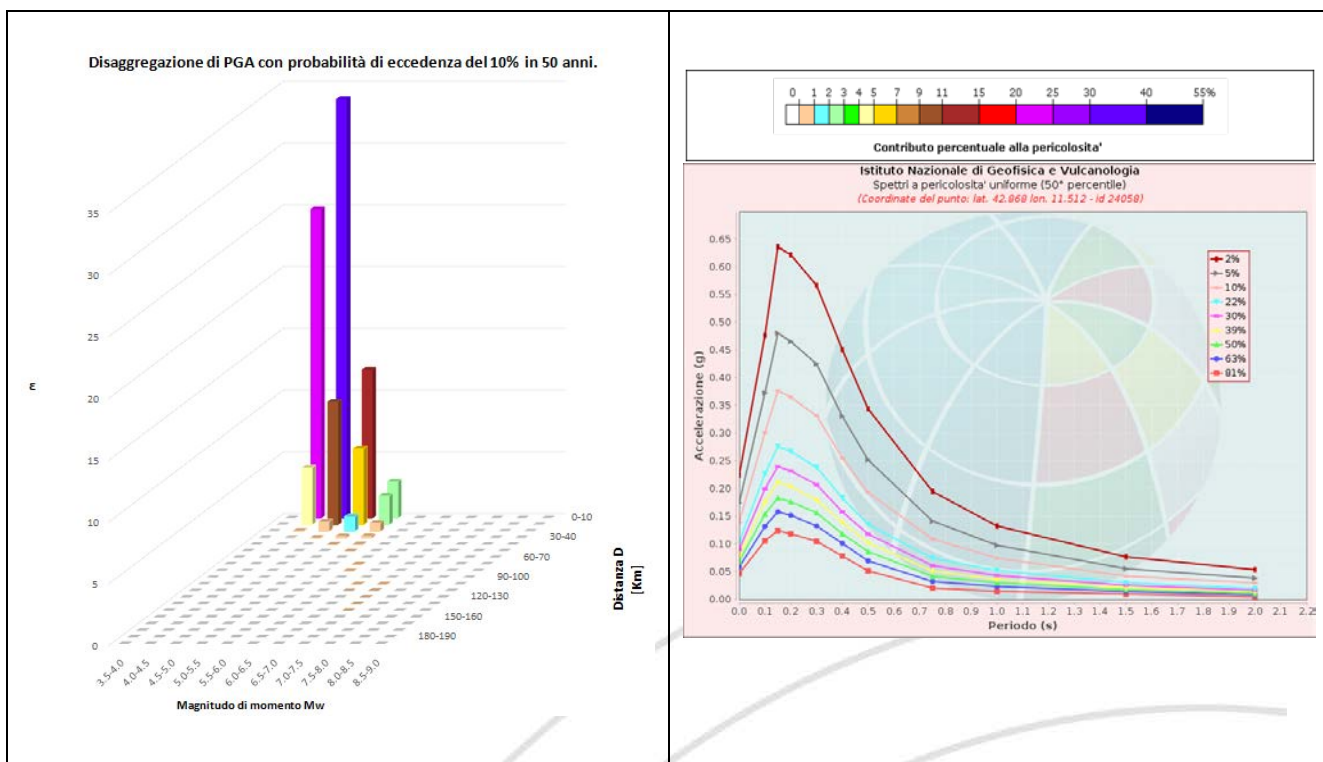


Figura 5 - Analisi probabilistica di plausibili eventi sismici nell'area in esame, sia in termini di M - D -  $\epsilon$  che in termini di spettro elastico (Progetto DPC-INGV S1)

Il primo grafico si riferisce alla disaggregazione della PGA, mostra cioè come la pericolosità sismica dell'area dipenda dalle possibili combinazioni di Magnitudo di momento e di distanza (considerando la distanza minima del sito dalla proiezione in superficie della frattura del piano di faglia che lo ha generato).

La disaggregazione del PGA mostra come il massimo apporto alla pericolosità del sito sia da attribuirsi principalmente a terremoti vicini (con distanza epicentrale tra km 0 e km 20 con media km 7.67) ed eventi con una magnitudo di momento medio - elevata (4.0 - 5.5 con media 4.78).

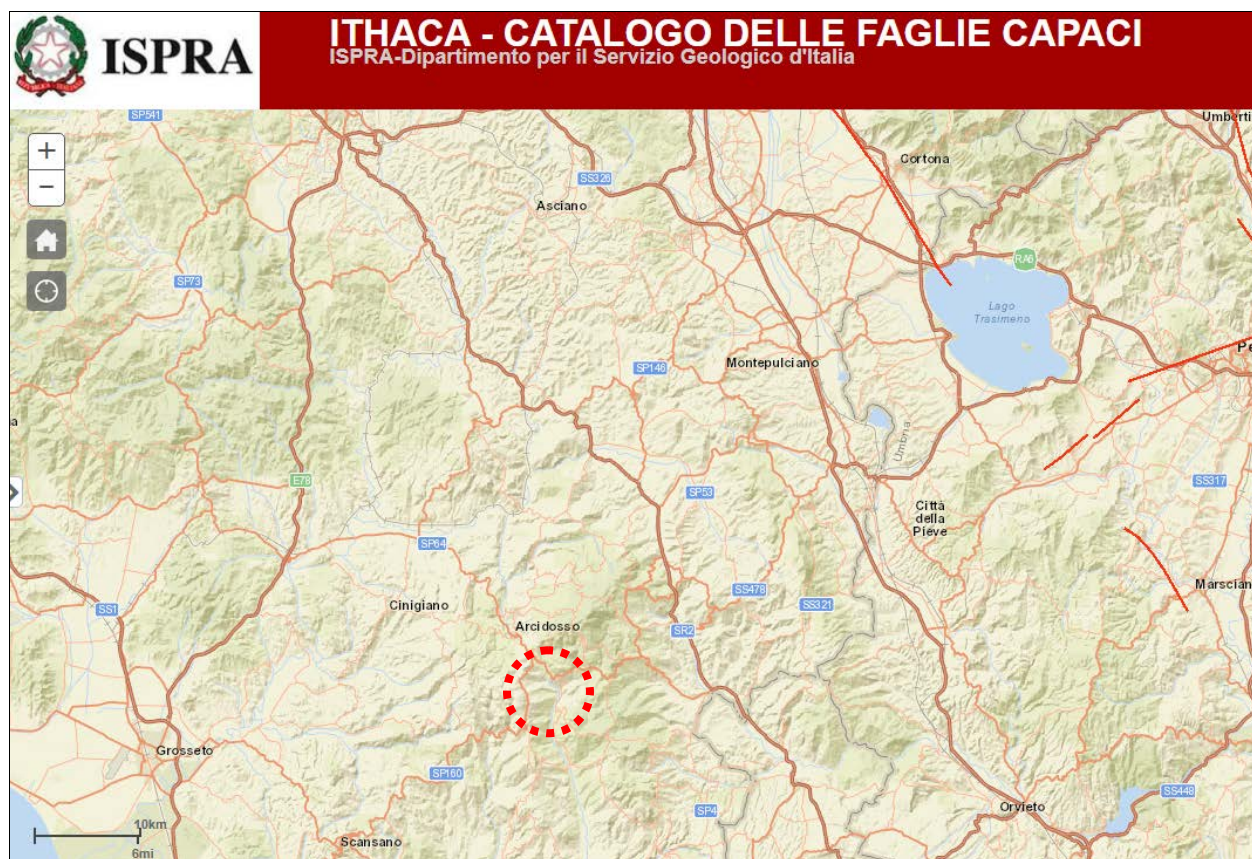
So nota che la dispersione è molto ridotta, la pericolosità sismica è quindi prevalentemente dovuta ad eventi sismici vicini (l'apporto medio  $\epsilon$  è pari a 0,9).



Il secondo grafico invece mostra l'elaborazione dello spettro di risposta elastica; lo spettro mostra come l'accelerazione (riportata come frazione di g) varia al variare del periodo di oscillazione per eventi a diverse probabilità di eccedenza in 50 anni.

Questi dati estrapolati da Progetto DPC-INGV S1 sono alla base dei calcoli successivi per trovare  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c$  per gli stati limite (SLV, SLD ecc.) secondo la NTC del 2018.

Dalla consultazione del catalogo delle faglie capaci - *Progetto ITHACA* dell'Ispra risulta che i sistemi più vicini, con faglie classificate come capaci, si trovano ad una distanza compresa tra 50 e 75 km; Tali sistemi sono: La Faglia di Cortona (Rango: Primario), La Faglia di Perugia (Rango: secondario) e La Faglia di Marsciano (Rango: Secondario).



## 6. INQUADRAMENTO SISMICO

Per la determinazione delle caratteristiche sismiche delle formazioni geologiche presenti nell'area di studio e per determinare la sismostratigrafia del versante in oggetto, è stata eseguita un'indagine sismica. L'indagine sismica ha avuto lo scopo di fornire anche un adeguato supporto conoscitivo per ciò che concerne la valutazione della stabilità del in sito.

In particolare è stato eseguito un profilo sismico a rifrazione in onde P elaborato con tecnica tomografica e restituzione 2D. Lungo lo stesso stendimento è stata effettuata anche una prova MASW necessaria a definire, mediante il valore delle VSeq, la categoria sismica del sottosuolo (cfr. Tav. G721525MFAF02 - fig. 1).

Il profilo sismico è stato eseguito sulle mura occidentali del centro storico: i geofoni sono stati disposti partendo dal terrazzo del ristorante la Bastarda Rossa e da qui lungo la parete verticale delle mura per poi svilupparsi, nel tratto terminale, lungo il prato antistante il parcheggio.

Per una migliore rappresentazione geometrica e spaziale dell'area è stato eseguito un rilievo laser scanner dal quale è stato possibile generare un modello tridimensionale dettagliato. Questo modello ha permesso di riprodurre, con estrema precisione, la planimetria e la sezione del profilo sismico eseguito (cfr. Tav. G721525MFAF02 - fig. 1).

L'indagine sismica ha permesso di analizzare i seguenti fattori:

- rappresentazione del sottosuolo con un modello di distribuzione della velocità delle onde di compressione "P".
- successione e disposizione dei terreni nel sottosuolo secondo un criterio puramente geofisico.

### 6.1. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P ELABORATO CON TECNICA TOMOGRAFICA

Lo scopo della prova consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito attraverso la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione ( $V_p$ ), secondo fasi d'acquisizione differenti e determinare le geometrie sepolte (spessori e superfici di contatto) dei sismo-strati individuati.

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, lungo il profilo da indagare, delle sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione delle onde P, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale (geofoni).

Le indagini sono state condotte con strumentazione apposita per rilievi sismici e possono essere riassunte con le seguenti caratteristiche tecniche:

- sismografo *Geometrics Geode* 24 canali 24 bit;
- numero geofoni attivi: 24;
- spaziatura dei geofoni: 2.5 metri;
- frequenza geofoni: 4.5 Hz;
- spaziatura dei tiri: 10 metri;
- sorgente: massa battente da 6.0 kg.
- Numero di energizzazioni 7 (5 interne e 2 esterne)



Figura 6 - Rappresentazione schematica di array sismico a rifrazione

Dai sismogrammi registrati con il rilievo sismico eseguito con le caratteristiche sopra citate si ricavano i tempi di “primo arrivo” dell’onda sismica.

I tempi sismici delle onde P sono stati elaborati con metodologia tomografica che prevede la suddivisione dello spazio bidimensionale in celle quadrate o rettangolari secondo una maglia prefissata, con l’attribuzione ad ognuna di un determinato valore di velocità sismica.

Nell’elaborazione il programma di calcolo determina il tempo di transito ipotizzando dei valori di velocità sismica per ogni cella, tale processo cessa quando si raggiunge la minore discordanza tra i tempi calcolati e i tempi sismici sperimentali misurati sui sismogrammi.

Il modello sismico derivato da tale processo, detto inverso, permette di ottenere una sezione in due dimensioni che ci consente di poter effettuare un’interpretazione per definire un assetto stratigrafico in base alla velocità sismica e al gradiente di velocità.

### 6.1.1. RISULTATI INDAGINE SISMICA TOMOGRAFICA IN ONDE P

L'indagine sismica tomografica in onde P ha permesso di ricostruire il gradiente di velocità delle onde di compressione delle formazioni geologiche presenti lungo l'allineamento dei geofoni.

Lungo i profili sono stati riconosciuti n. 3 sismo-strati distinti nel modo seguente:

- 1° sismo-strato =  $400 < V_p \text{ (m/s)} < 800$  con  $V_p$  medio = 600 m/s corrispondente al terreno superficiale probabilmente di riporto e/o di disfacimento della roccia con spessore massimo di circa 6/8 metri;
- 2° sismo-strato =  $800 < V_p \text{ (m/s)} < 1200$  con  $V_p$  medio = 1000 m/s probabilmente corrispondente, da un punto di vista litologico, alla porzione fratturata e disgregata dell'ammasso roccioso.
- 3° sismo-strato =  $V_p > 1200 \text{ (m/s)}$  corrispondente da un punto di vista litologico al substrato roccioso della Formazione della Pietraforte integro o poco fratturato.

Quindi, la formazione rocciosa, nell'area di indagine, in parte risulta ricoperta da terreni di riempimento antropico e/o da depositi superficiali.

Questi terreni, probabilmente, hanno colmato l'area di scarpata per la realizzazione del terrazzo del ristorante la Bastarda Rossa, sostenuto dal muro antistante, oppure rappresentano la porzione di disfacimento della formazione rocciosa della Pietraforte.

Le velocità delle onde sismiche della roccia, nella parte affiorante, risultano piuttosto contenute, rappresentative quindi di una porzione alterata.

### 6.2. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE S ELABORATA CON TECNICA MASW

Il metodo d'indagine attivo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è basato sullo studio spettrale delle onde superficiali presenti in un sismogramma realizzato per mezzo di un'energizzazione sismica artificiale (*Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999*).

Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh con un successivo processo d'inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle onde Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio).

La prova consiste nel produrre in un punto sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale e nel registrare tramite uno stendimento lineare di sensori le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.



L'indagine è stata condotta con strumentazione apposita per rilievi sismici e può essere riassunta con le seguenti caratteristiche tecniche:

- sismografo *Geometrics Geode* 24 canali 24 bit;
- numero geofoni attivi: 24;
- spaziatura dei geofoni: m 2.5;
- lunghezza stesa sismica: m 60;
- frequenza geofoni: 4.5 Hz;
- sorgente: massa battente da 6.0 kg.

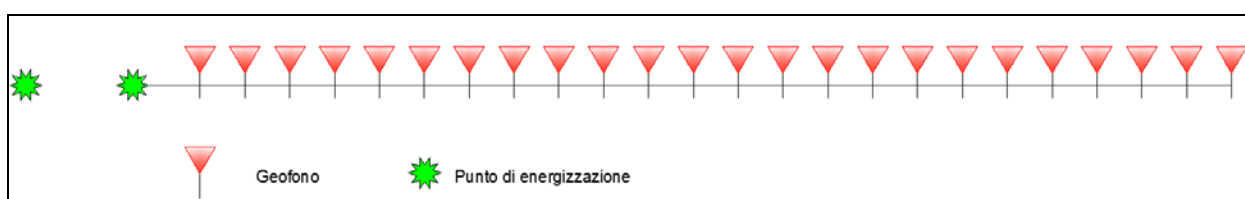


Figura 7 - Rappresentazione schematica di array per acquisizione di MASW su stesa PS4

La metodologia MASW consente di eseguire un'analisi dei dati sismici in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della velocità delle onde S e di definire il parametro  $V_{Seq}$ , utile per la classificazione dei terreni nelle categorie di suolo con metodo semplificato da utilizzare per la descrizione dell'azione sismica in sito.

Il profilo verticale delle velocità sismiche delle onde S è ottenuto tramite l'inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. Ottenuto il sismogramma si determina lo spettro di velocità sul quale si identifica la curva di dispersione.

Il profilo verticale di  $V_s$  si ottiene con l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata". Tale inversione è eseguita tramite l'utilizzo di algoritmi genetici che consentono di ottenere soluzioni affidabili ed una stima dell'attendibilità del modello ricavato in termini di deviazione standard.

L'operazione d'inversione è ottimizzata definendo uno spazio di ricerca i cui confini sono definiti da valori di  $V_s$  e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione. Tali assunzioni sono fatte sulla base delle conoscenze geologiche del sito e delle informazioni derivate dalla sismica a rifrazione.

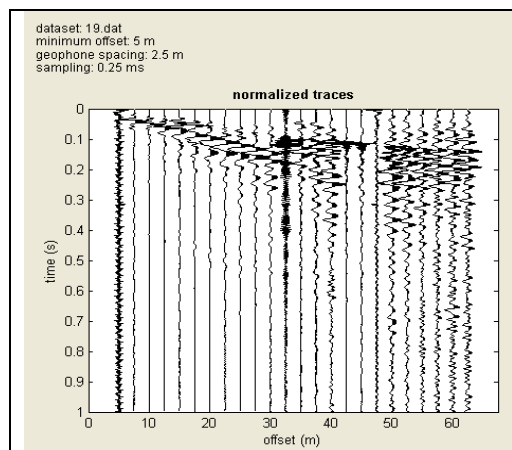


Figura 8 - sismogramma

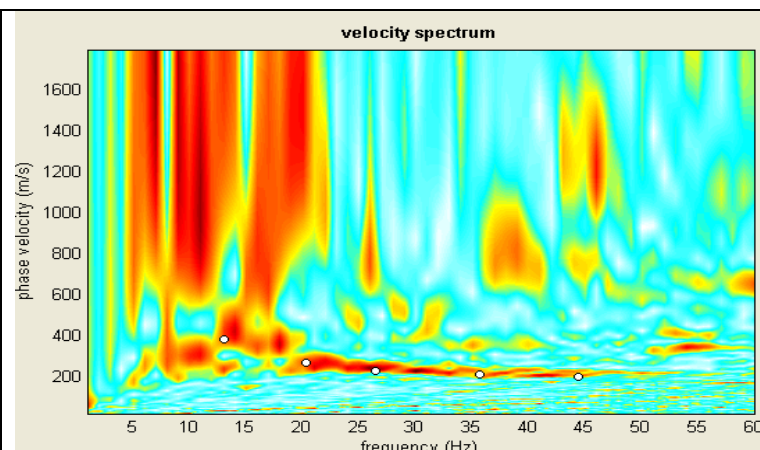


Figura 9 - Spettro di velocità e picking

Una volta fissati i limiti minimi e massimi dello spazio di ricerca, sono quindi impostati i parametri genetici che definiscono sia il numero di individui (ossia il numero di modelli che costituiscono la popolazione che si evolverà verso soluzioni sempre migliori), sia il numero di generazioni al passare delle quali sono esplorati modelli sempre migliori.



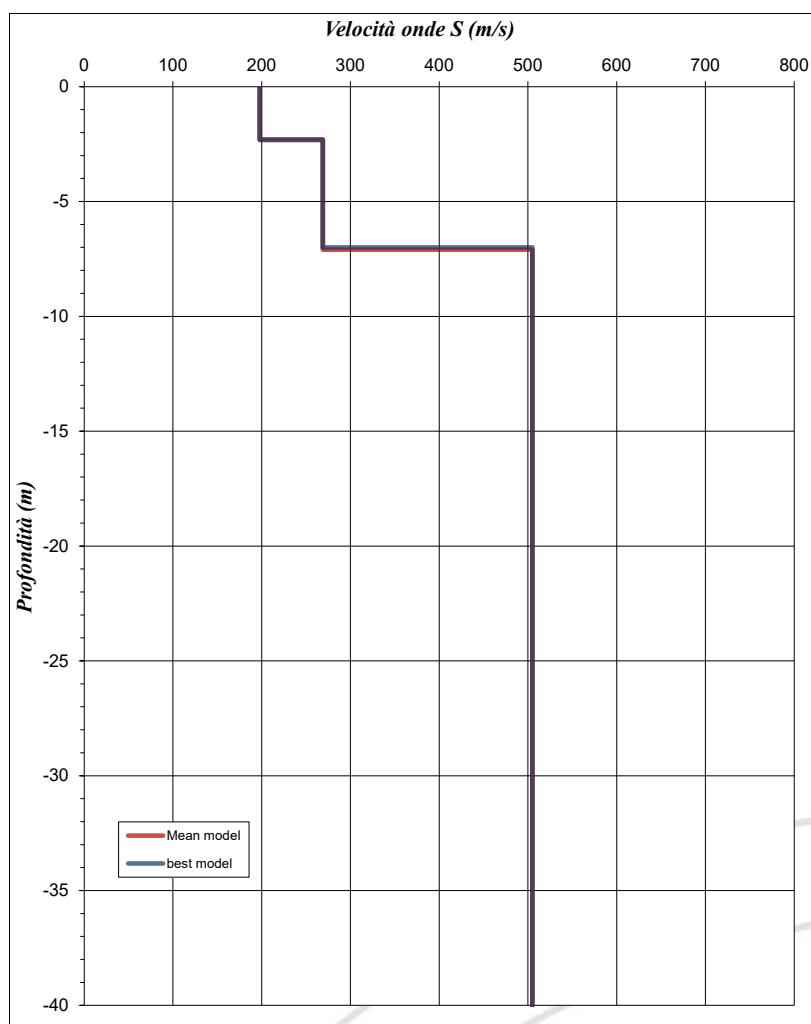


Figura 10 - Modello interpretativo ottenuto dalla prova MASW effettuata in situ

### 6.2.1. RISULTATI INDAGINE SISMICA MASW

L'interpretazione delle prove MASW, relativa alle onde S, ha reso evidente le seguenti successioni:

PROVA MASW					
Best model			Mean model		
Profondità da P.C (m)		Velocità Onde S (m/s)	Profondità da P.C (m)		Velocità Onde S (m/s)
0	2.3	198	0	2.3	198
2.3	6.9	269	2.3	7.1	269
6.9	40	505	7.1	40	505
<b>V<sub>seq</sub> = 402 m/s</b>			<b>V<sub>seq</sub> = 401 m/s</b>		

Tabella 1 - Modello sismostratigrafico elaborazione MASW

La prova MASW realizzata evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana, in **classe B**.

## 7. DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E TOPOGRAFICA

Ai sensi della nuova normativa sismica (D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche sulle Costruzioni"), ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, mediante specifiche analisi come individuate nel par. 7.11.3 delle suddette norme. 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, VS.

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

Tabella 2 - Categoria di sottosuolo (tab. 3.2.II - NTC 2018)

Per la definizione della categoria topografica del sito si adotta, in maniera cautelativa, una classe T2.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	<b>Pendii con inclinazione media <math>i \geq 15^\circ</math></b>
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i \geq 30^\circ$

Tabella 3 - Categorie topografiche (Tab. 3.2.III - NTC 2018)

Le categorie topografiche sopra elencate si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.



## 8. SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli Stati Limite (condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata), che si possono verificare durante la Vita Nominale di progetto (VN) (il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, manterrà i livelli prestazionali e svolgerà le funzioni per i quali è stata progettata).

La vita Nominale di un'opera dipende dalla tipologia di costruzione, nel caso in esame possiamo fare riferimento alla Tipologia 2 (*Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari*), che definisce una VN  $\geq 50$  anni.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 4 - Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni (Tab. 2.4.I - NTC 2018)

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 classi d'uso.

Nel caso in esame faremo riferimento alla Classe II (*Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti*).

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento (VR), che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale di progetto VN per il coefficiente d'uso (Cu):

$$VR = VN \cdot Cu$$

Il valore del coefficiente d'uso Cu è definito al variare della classe d'uso.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 5 - Valori del coefficiente d'uso  $C_U$  (Tab. 2.4.II – NTC 2018)

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa, in cui si evidenzia il valore del periodo di riferimento dell'azione sismica  $V_R$  pari a 50 anni.

	Classe d'uso →	I	II	III	IV
	$C_U$ →	0.70	1.0	1.5	2.0
TIPO DI COSTRUZIONE	$V_N$	$V_R$			
Costruzioni temporanee e provvisorie	10	35	35	35	35
<b>Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari</b>	<b>50</b>	35	<b>50</b>	75	100
Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100	70	100	150	200

Tabella 6 - Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento delle opere strutturali

## 9. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

Per descrivere la pericolosità sismica in un generico sito con precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, i risultati devono essere forniti:

- in corrispondenza dei punti di un reticolo i cui nodi individuati in termini di coordinate geografiche, devono distare di un passo  $\leq 0.05^\circ$ ;
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni o diversi periodi di ritorno TR ricedenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni;
- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima **ag** e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale, sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento (PVR):

**ag** = accelerazione 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.

Quest'ultime grandezze **Fo** e **TC\*** sono calcolate in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC, approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.


Lo scuotimento del suolo così individuato deve essere corretto per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie, legati alla categoria di sottosuolo, ai coefficienti di amplificazione topografica **ST** e stratigrafica **Ss**.


Di seguito si riporta, in relazione all'ubicazione del sito, alla categoria di sottosuolo, alle caratteristiche morfologiche del sito, e al tipo di opera, la determinazione dei parametri sismici.

### Stati limite

 Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...


 Vita Nominale 50

 Interpolazione Media ponderata

**CU = 1**


Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> <sup>*</sup> [s]
Operatività (SLO)	30	0.047	2.485	0.244
Danno (SLD)	50	0.059	2.524	0.252
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.140	2.498	0.278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.175	2.525	0.284
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			


### Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

 Cat. Sottosuolo B

 Cat. Topografica T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,46	1,45	1,42	1,42
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.017	0.048	0.060
kv	0.007	0.009	0.024	0.030
Amax [m/s²]	0.670	0.834	1.974	2.466
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

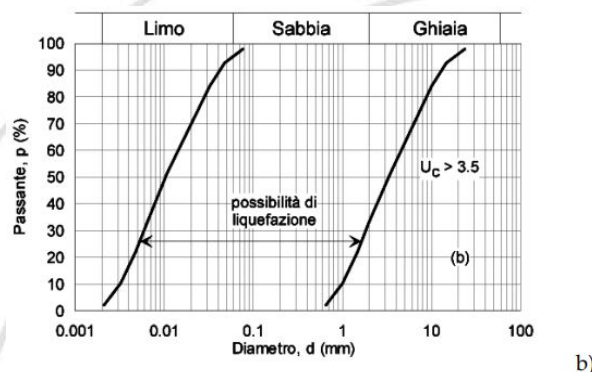
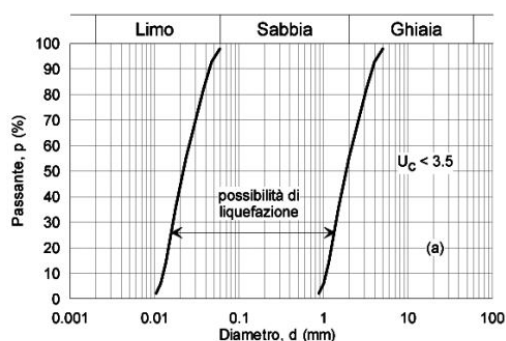


## 10. VERIFICA SUSCETTIBILITÀ DI LIQUEFAZIONE

Con il termine liquefazione si intendono quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Ai sensi delle NTC 2018 (par. 7.11.3.4.2), la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



L'area di studio è caratterizzata dalla presenza della formazione litoide della Pietraforte affiorante e in parte coperta da materiale superficiale eterogeneo, la falda è attestata ad una profondità maggiore di m 15.0 dal p.c.; questa situazione geologica non rappresenta un potenziale rischio per il verificarsi di fenomeni di liquefazione nell'area.



## 11. CONCLUSIONI

Su incarico e per conto Dell'Amm.ne Comunale di Arcidosso, è stata redatta la presente relazione sismica di supporto agli "interventi di riqualificazione valorizzazione dell'area la fratta sottostante mura centro storico - lavori di consolidamento statico del versante occidentale", nel centro abitato di Arcidosso, comune di Arcidosso (Gr).

La presente relazione ha posto l'attenzione sull'analisi del grado di sismicità dell'area oggetto di studio e sulle risultanze delle indagini sismiche eseguite.

L'area in esame, dal punto di vista della sismicità storica, presenta eventi sismici importanti di magnitudo moderata.

Secondo lo Studio di Microzonazione Sismica della Regione Toscana – Comune di Arcidosso, il sito di studio ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali; nello specifico rientra nella zona 2007, ovvero: aree nelle quali è presente un substrato rappresentato dai litotipi appartenenti alla Pietraforte o alla facies calcareo - argillitica dell'Unità di Canetolo (SFALS), coperti da un sottile spessore, inferiore a 5 metri, riferibile alla coltre di alterazione del substrato. Le possibili amplificazioni sono dovute alla fratturazione del substrato. Questa zona comprende le aree con versanti con pendenza superiore a 15°.

La definizione del modello sismico è stata realizzata mediante l'esecuzione di un profilo sismico a rifrazione in onde P elaborato con tecnica tomografica e restituzione 2D, eseguito in parete verticale. Sul medesimo profilo è stata eseguita anche una prova sismica M.A.S.W., necessaria a definire, mediante il valore delle VSeq, la categoria sismica del sottosuolo.

Dalle indagini geofisiche, correlabili con i risultati ottenuti dalle indagini geognostiche, è risultata la presenza della formazione rocciosa con grado di fratturazione che diminuisce con la profondità. La roccia è coperta da uno spessore di circa 5/7 metri di materiale eterogeneo superficiale.

Dall'elaborazione della prova sismica MASW, la zona in esame ricade in categoria di sottosuolo C.

Essendo l'area di progetto in un contesto completamente pianeggiante è stata assegnata la classe topografica T2.

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza della formazione litoide della Pietraforte affiorante e in parte coperta da materiale superficiale eterogeneo, la falda è attestata ad una profondità maggiore di m 15.0 dal p.c.; questa situazione geologica non rappresenta un potenziale rischio per il verificarsi di fenomeni di liquefazione nell'area.

Il territorio del Comune di Arcidosso, in base alla Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, aggiornamento Deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012, ricade in classe sismica 3.

L'opera di intervento, consistente nel consolidamento del tratto di versante occidentale, è dedicata alla messa in sicurezza dell'area e le caratteristiche sismiche non evidenziano elementi di instabilità; quindi, si può esprimere parere favorevole dal punto di vista sismico.

Grosseto, novembre 2025

Il Tecnico  
Dott. Geol. Massimo  
  
