



Regione Toscana



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

### Regione Toscana Comune di Gambassi Terme (FI)



<p>Regione</p> <p>Regione Toscana – Settore Sismica</p>	<p>Soggetto realizzatore:</p> <p>Comune di Gambassi Terme / Servizio Assetto del Territorio/RUP Arch. Stefano Ramerini</p> <p>Professionisti incaricati:</p> <p>Dott. Geol. Eros Aiello Dott. Geol. Gabriele Grandini Dott. Geol. Cristian Pieroni Dott. Geol. Francesco Puccetti</p> <p><b>GEOECO</b> PROGETTI</p> <p><small>Via Andrea del Castagno, 8 - 50132 Firenze tel.055/71193, 055/71994, fax.055/622329 info@gioecoprogetti.com</small></p>	<p>Data</p> <p>Ottobre 2020</p>
---	---	---------------------------------

## Indice generale

1. INTRODUZIONE.....	2
1.1 METODOLOGIA.....	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1 SISMICITA' DELL'AREA.....	5
2.2 RISCHIO SISMICO.....	7
2.3 MODELLAZIONE SISMICA.....	12
2.4 PERICOLOSITA' SISMICA.....	15
2.5 VERIFICHE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DI SITO.....	22
2.6 LIQUEFAZIONE – BASE TEORICA E VERIFICA PER LOCALITA'.....	43
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	51
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO.....	51
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE.....	51
3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI.....	52
3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	55
3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE.....	58
3.6 ACCLIVITA' DEI VERSANTI.....	59
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	60
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	69
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	70
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	71
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	72
8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE.....	80
8.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE.....	80
8.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.....	82
8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	88
8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	90
8.6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	93
8.7 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI DI TERRITORIO INDAGATE.....	104
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	119
10. BIBLIOGRAFIA.....	120
11. ALLEGATI.....	121

# RELAZIONE ILLUSTRATIVA

## 1. INTRODUZIONE

La Regione Toscana (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica) con proprio Decreto Dirigenziale di G.R.T. n. 16262 del 4 ottobre 2018, ha inserito il Comune di Gambassi Terme nella graduatoria relativa alla erogazione di finanziamenti previsti per la redazione di **indagini e studi di microzonazione sismica sui centri urbani** (studi di MS di livello 2) comunali di cui alla Del. G.R.T. n. 468 del 02.05.2018.

Il presente studio è finanziato ai sensi dell'Ordinanza O.C.D.P.C. n. 344/2016 – art. 2, comma 1 lett. a, che disciplina a livello nazionale i contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico già previsti all'art. 11 della legge n. 77 del 24 giugno 2009.

Con la delibera di cui sopra, la Regione Toscana ha definito le modalità di finanziamento degli studi Microzonazione Sismica.

Il Comune di Gambassi Terme individuava nella Geo Eco Progetti il “soggetto realizzatore” delle indagini in questione da svolgersi nelle more e modalità previste dalle precipe specifiche tecniche regionali approvate con la citata Del. G.R.T. n. 144 del 23.02.2015 “*Approvazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica*” e con esplicito riferimento agli “*Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica*” (in seguito denominati ICMS) – GdLDPC/Regioni. Documento approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni nella seduta del 13 novembre 2008.

### 1.1 METODOLOGIA

La Regione Toscana, con propria Del. G.R.T. n. 144/2015, ha definito il “programma minimo” di tali studi dettagliando:

- *indicazione delle aree di indagine,*
- *indicazione del quantitativo minimo e delle tipologie di indagine da realizzare,*
- *indicazione della documentazione tecnica da produrre.*

In merito ai tre citati punti si dettaglia quanto segue:

#### 1) *Indicazione delle aree di indagine*

Secondo quanto indicato dalle istruzioni tecniche in materia le suddette attività devono essere concentrate in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi che il Comune individua secondo le specifiche di cui al Par. 1.B.1.2 delle ITR (Istruzioni Tecniche Regionali) del Programma VEL e perimetra secondo i criteri definiti dagli ICMS.

L'Amministrazione Comunale di Gambassi Terme, di compendio con la Struttura Regionale deputata alla Prevenzione Sismica (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica), ha individuato le seguenti aree:

- capoluogo di Gambassi Terme,
- frazioni di Case Nuove e Pillo,
- frazioni di Varna e Catignano,
- frazione di Badia a Cerreto.

Al fine di una migliore rappresentazione delle strutture geologiche e delle fenomenologie geomorfologiche, i tematismi cartografici allestiti sono inoltre stati estesi a quelle porzioni di territorio, in adiacenza ai centri urbani, per cui fosse disponibile cartografia C.T.R. in scala 1:2.000, ricorrendo talvolta a “mosaici cartografici” con cartografia C.T.R. in scala 1:10.000, in settori di particolare interesse ove non fosse disponibile cartografia in scala 1:2.000.

## 2) Indicazione del quantitativo minimo e delle tipologie di indagine

Relativamente alle cartografie geologiche e geomorfologiche in prima fase si è fatto riferimento alle cartografie originali in scala 1:2.000 realizzate nell’ambito del supporto geologico tecnico al vigente Regolamento Urbanistico del Comune di Gambassi Terme. Tali cartografie sono state rivisitate mediante le recenti indicazioni della cartografia regionale CARG e con appositi rilievi di campagna geologici e geomorfologici di dettaglio.

Si è provveduto inoltre ad acquisire tutte le indagini geognostiche e geofisiche esistenti sulle porzioni di territorio in esame reperibile presso gli archivi regionale, provinciale e comunale.

Il Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica ha, inoltre, fornito l’indicazione di minima, in funzione del quadro conoscitivo esistente, circa la realizzazione delle seguenti indagini geofisiche minime obbligatorie:

## **CAMPAGNA DI INDAGINI PROPEDEUTICA AGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISIMICA DI LIVELLO 2 – GIUGNO 2019**

- n. 3 linee di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  nel sottosuolo, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso;
- n. 3 prove Masw per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la categoria sismica di sottosuolo secondo le N.T.C. 2008;
- n. 3 prove di array sismico con metodo Esac per la valutazione delle velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo;
- n. 51 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell’eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

## 3) Indicazione della documentazione tecnica da produrre

La delibera prevede che lo studio di microzonazione sismica restituisca i seguenti elaborati tecnici per ciascuna delle frazioni indagate:

- carta delle indagini
- carta geologico-tecnica con relative sezioni
- carta delle frequenze
- carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.) con relative sezioni
- carta di microzonazione sismica

e a compendio delle varie cartografie allestite la presente relazione tecnica illustrativa.

Per le frazioni come sopra dettagliate sono pertanto stati realizzati tutti i tematismi sotto dettagliati su base cartografica C.T.R. in scala 1:5.000 (scala adottata per la restituzione grafica dei tematismi rilevati in scala 1:2.000 di dettaglio).

Vengono di seguito riportati gli elaborati e i tematismi appositamente realizzati per gli studi di Microzonazione Sismica di livello 2.

N° Tavola	Titolo	Scala	Data di emissione
<b>G.0</b>	Relazione illustrativa		ottobre 2020
	<b>Gambassi Terme – Case Nuove - Pillo – Varna - Badia a Cerreto</b>		
<b>G.01</b>	Carta delle indagini	1:5.000	ottobre 2020
<b>G.02</b>	Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica	1:5.000	ottobre 2020
<b>G.03</b>	Carta delle frequenze	1:5.000	ottobre 2020
<b>G.04</b>	Carta delle Microzone Omogenee in Prospezione Sismica (MOPS)	1:5.000	ottobre 2020
<b>G.05</b>	Carta di Microzonazione Sismica – FA01-05	1:5.000	ottobre 2020
<b>G.06</b>	Carta di Microzonazione Sismica – FA04-08	1:5.000	ottobre 2020
<b>G.07</b>	Carta di Microzonazione Sismica – FA07-11	1:5.000	ottobre 2020
<b>G.08</b>	Sezioni geologico-tecniche con indicazioni zone Mops	1:2.500	ottobre 2020
	<b>Data base “cartella indagini”</b> contenente certificazioni indagini stratigrafiche, geotecniche e sismiche strutturata come da istruzioni “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per Microzonazione Sismica – Versione 4.1” (in formato digitale)		ottobre 2020
<b>Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica di livello 2 – eseguite dal Dott. Pieroni e dal Dott. Puccetti</b>			
			giugno 2019

Occorre sottolineare che la cartografia realizzata nel presente studio di “microzonazione sismica” costituisce implementazione e adeguamento del quadro conoscitivo del supporto geologico – tecnico agli strumenti urbanistici del Comune di Gambassi Terme, ai sensi del Regolamento Regionale n. 53/R, e risulta di fondamentale importanza per improntare future eventuali scelte secondo il principio dello sviluppo sostenibile.

A questo scopo è importante evidenziare che tutta la cartografia tematica elaborata è georeferenziata nel sistema di riferimento Gauss Boaga, e perciò coerente con la topografia della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 / 1:2.000 ed è presentata anche nel sistema WGS84UTM33N.

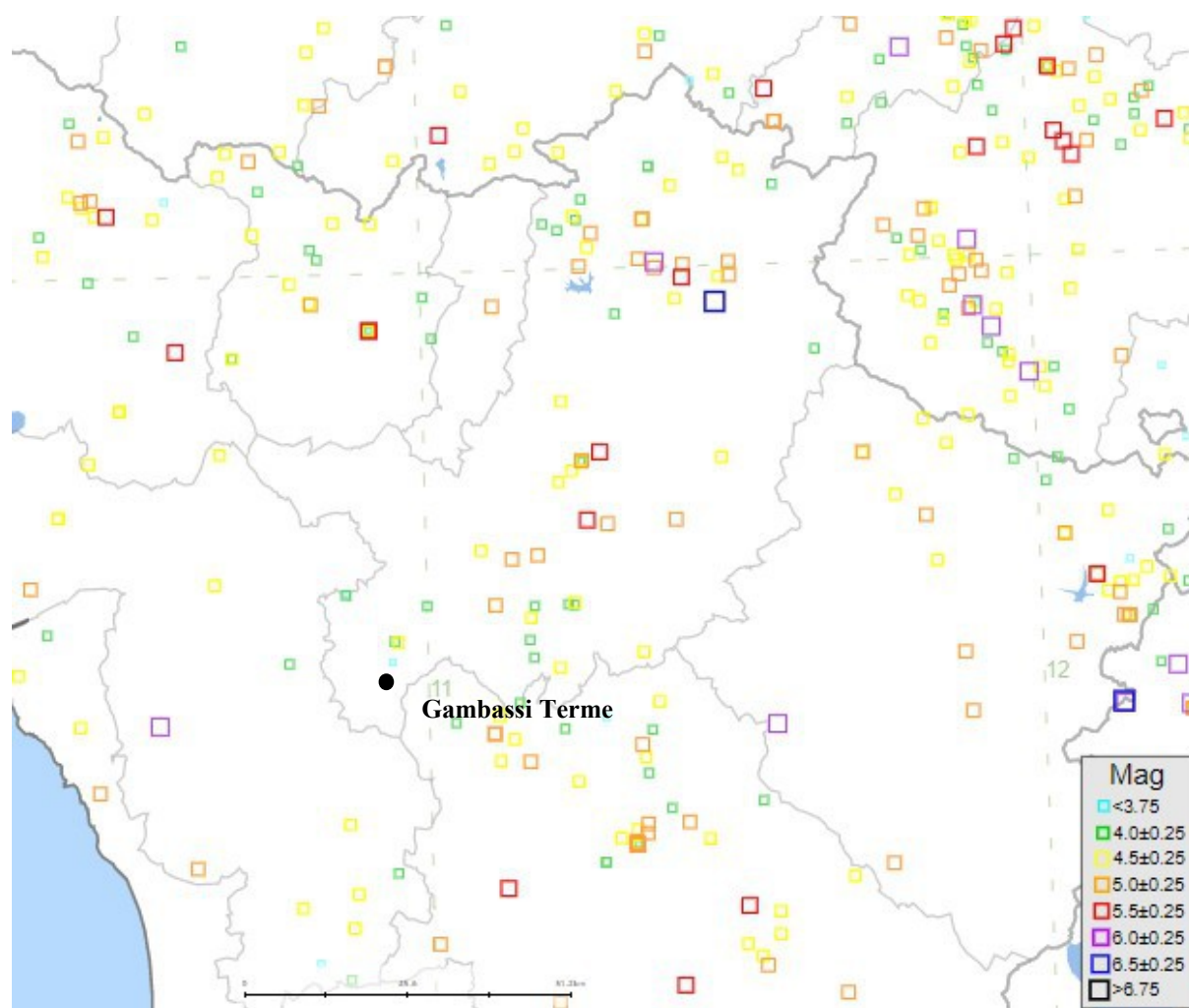
I dati tematici sono tutti vettoriali ed inseriti all’interno di una Banca Dati GIS facilmente interrogabile e aggiornabile, in ottemperanza a quanto richiesto nell’art. 28 della L.R. 1/2005; in particolare, i dati consegnati alla amministrazione comunale sono in formato sia “shape” che “pdf”.

Le note illustrative, relative alle tavole elencate, sono contenute nel presente fascicolo "**Relazione illustrativa**".

## 2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 SISMICITA' DELL'AREA

La sismicità storica del Comune di Gambassi Terme è stata ricostruita con la consultazione del “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 Release v2.0 - Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>.



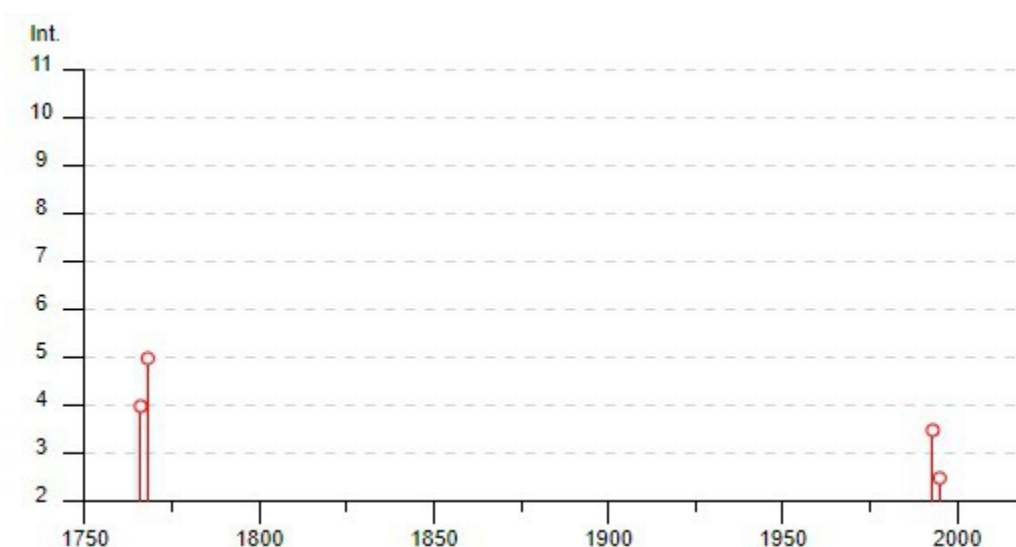
*Localizzazione degli eventi macrosismici a livello regionale nel territorio circostante il Comune di Gambassi Terme (Periodo 1005 – 2017)*

In particolare gli effetti macrosismici che hanno interessato il Comune di Gambassi Terme sono riconducibili a n. 5 eventi sismici, verificatisi dal 1766 al 1995, con vario grado di intensità sismica. (cfr. Database Macrosismico Italiano DBMI15 - Release v2.0 - Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A.. DBMI15, the version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1766	05	06				Valdelsa	5	4	3.70
5	1768	11	30	11	30		Valdelsa	4	5	4.16
NF	1952	12	02	06	13	2	Appennino forlivese	53	5	4.42
3-4	1993	08	06	07	51	4	Colline Metallifere	35	5-6	4.03
2-3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82

*Eventi macrosismici riportati nel DBMI15*

La maggiore intensità sismica percepita in questo territorio raggiunge il grado 5 MCS nel terremoto avvenuto nella Valdelsa nel 1768 (Mw = 4,16) e il grado 4 MCS registrato durante il terremoto avvenuto sempre nella Valdelsa ma nel 1766 (Mw = 3,7).



*Distribuzione temporale ed intensità degli eventi macrosismici nel periodo 1750-2020*

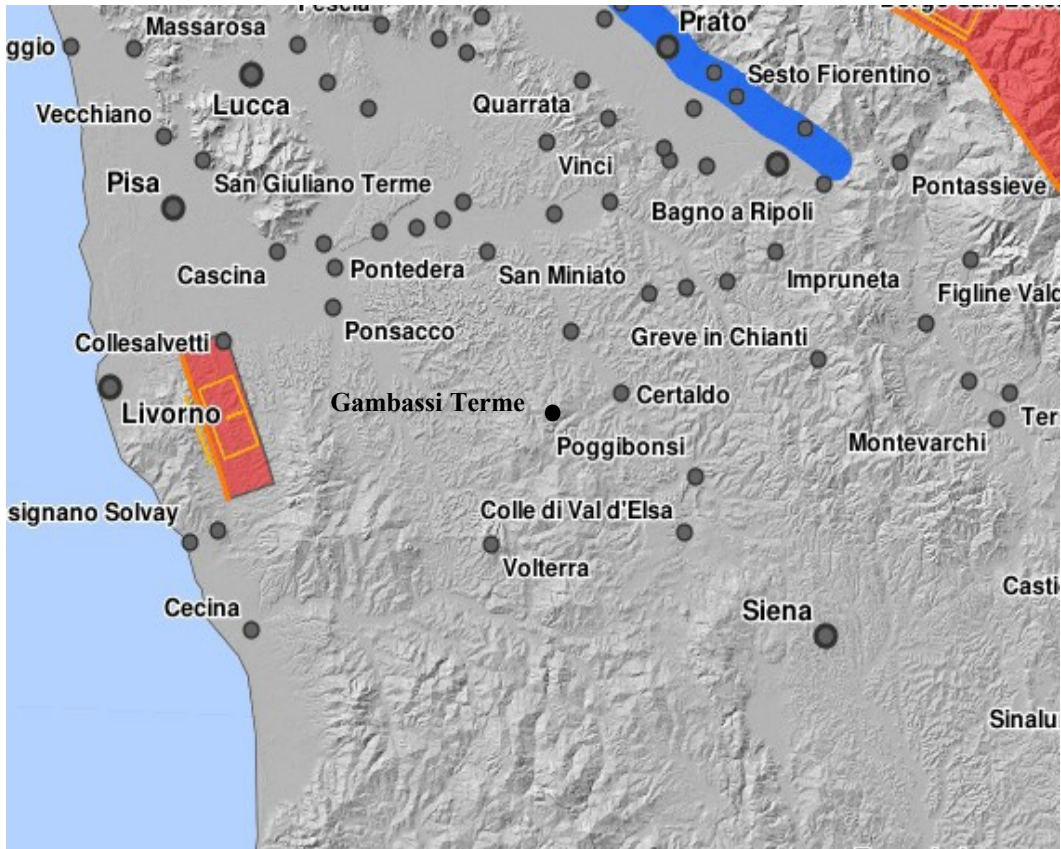
Analizzando il catalogo delle sorgenti sismogenetiche (DISS - Database of Individual Seismogenic Sources - Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi, 2008) si osserva che il territorio del Comune di Gambassi Terme si colloca a est (a una distanza di circa 32 km) dell'area sismogenetica composita codificata come ITCS088 "Livorno Hills", caratterizzata dai seguenti parametri:

Strike (angolo rispetto al nord): 330° - 350°  
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna): 40° - 60°  
Profondità min - max: 1,0 - 7,0 km  
Magnitudo massima (Mw): 5,7

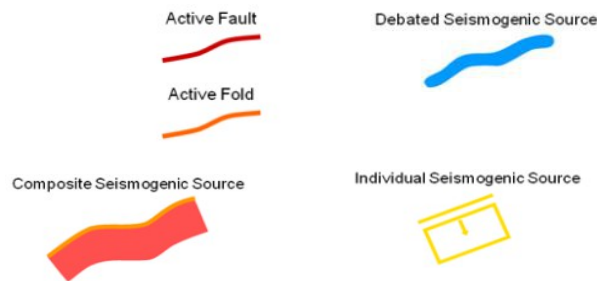
e dell'area sismogenetica individuale codificata come ITIS066 "Orciano Pisano", caratterizzata dai seguenti parametri:

Strike (angolo rispetto al nord): 337°  
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna): 50°  
Profondità min - max: 2,0 - 6,9 km  
Magnitudo massima (Mw): 5,7





*Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0*



*Potenziali sorgenti sismiche per terremoti con  $M > 5.5$*

## 2.2 RISCHIO SISMICO

Il rischio sismico nella accezione corrente rappresenta il probabile danno che un determinato sito può subire in occasione di un sisma. In maniera analitica può essere espresso come il prodotto della pericolosità sismica, della vulnerabilità sismica e della quantificazione economica delle realtà danneggiate. La pericolosità sismica può essere direttamente riferita alla vibrazione che un sito può subire durante un sisma, mentre la vulnerabilità definisce lo stato di conservazione del patrimonio edilizio e delle strutture sociali potenzialmente rese inattive dal sisma. Il parametro relativo alla quantificazione economica delle realtà danneggiate è di difficilissima valutazione poiché comprende, oltre a edifici, strutture produttive ed infrastrutture, anche vite umane e beni artistici e culturali.



La *valutazione del rischio sismico*, in aree ad estensione regionale, viene effettuata mediante la **macrozonazione sismica**, definita come l'individuazione di aree che possano essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità.

All'interno di queste aree si possono valutare, con maggior dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce la **microzonazione sismica**. Infatti l'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere anche a distanze di poche decine di metri caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, etc.).

La microzonazione sismica mira ad individuare gli strumenti necessari a prevedere e a mitigare gli effetti sismici in una zona di dimensioni urbane, tramite opportuni criteri d'uso del territorio.



Le indagini per la *valutazione del rischio sismico* sono, pertanto, suddivise in due fasi.

### **Macrozonazione sismica**

Fornisce un quadro generale del potenziale sismico e quindi della pericolosità sismica di una regione, con l'individuazione delle aree sismiche e di quelle non soggette a sisma.

Nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 si sono individuate 4 zone, delle quali le prime tre coincidono con quelle (Categorie) individuate dalla L.n. 64/74 e successivi D.M. ad essa collegati, mentre la quarta è di nuova costituzione. In quest'ultima zona le regioni possono imporre l'obbligo della progettazione antisismica e stabilire norme e criteri specifici.

Sulla scorta di questa nuova classificazione il territorio del Comune di Gambassi Terme è inserito in Zona 3 con i seguenti parametri:

Zona	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) - (ag/g)
3	<b>0,15</b>

La OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006 disciplina i criteri alla base degli studi per la definizione della pericolosità sismica utili alla riclassificazione sismica del territorio nazionale, ma definisce anche con:

- la lett. g) la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle zone sismiche che dovranno prevedere:
- la discretizzazione dell'elaborato di riferimento rispetto ai confini dei comuni. E' opportuno a tale proposito che il passaggio fra zone sismiche territorialmente contigue sia definito in termini gradualità, sia all'interno di ciascuna regione che al confine di regioni diverse.
- la definizione di eventuali sottozone nell'ambito di uno stesso comune e secondo quanto previsto alla lett. a) per descrivere meglio l'azione sismica, soprattutto in relazione alle esigenze di valutazione e di recupero degli edifici esistenti.
- la lett. c) - sulla base della valutazione di *ag* l'assegnazione di un territorio ad una delle zone sismiche potrà avvenire, secondo la tab. di cui alla lett. a), con la tolleranza di 0,025 *ag*.

La Regione Toscana con D.G.R. n. 431 del 19.06.2006 ha proposto la riclassificazione sismica regionale, mantenendo in via preliminare un atteggiamento di cautela soprattutto nelle situazioni che potevano comportare una declassificazione dei comuni dalla zona a media sismicità alla zona a bassa sismica (da zona 2 a zona 3).

A tal proposito ha ritenuto opportuno, nel processo di declassificazione dei comuni, mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2, provvedendo di conseguenza all'individuazione di una zona 3S. Il territorio comunale di Gambassi Terme è stato inserito in zona sismica 3.

A distanza di sei anni dall'entrata in vigore della precedente classificazione sismica, la Regione Toscana ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. La nuova mappa sismica è stata approvata con la delibera n. 878 dell'8 ottobre 2012. L'aggiornamento della classificazione sismica, redatto ai sensi dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, si è reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008) e di rendere la classificazione sismica (riferimento per la disciplina dei controlli sui progetti depositati presso gli Uffici tecnici regionali preposti), maggiormente aderente all'approccio *sito-dipendente* introdotto dalle vigenti Norme. Il territorio comunale di Gambassi Terme viene confermato in **zona 3 nella più recente classificazione regionale**.

### ***Microzonazione sismica***

Individua le risposte sismiche locali nell'ambito di una zona dell'ordine di grandezza di un comune o di una città metropolitana, fornendo informazioni di dettaglio relative agli effetti locali, ottimizzando quindi i dati rilevati tramite la macrozonazione.

Compito precipuo della microzonazione è quello di individuare terreni dinamicamente instabili e stimare le accelerazioni che si possono verificare in terreni dinamicamente stabili, poiché condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche particolari possono determinare variazioni nella risposta sismica locale e di conseguenza sulla pericolosità del sito.

### ***NTC***

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) e successivamente del D.M. 17 gennaio 2018 – Nuove norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) la stima della pericolosità sismica,

intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio "zona-dipendente".

Secondo l'approccio "zona dipendente", adottato dalla precedenti normative nazionali in campo antisismico, l'accelerazione di base  $a_g$ , senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni, derivava direttamente dalla Zona sismica di appartenenza del comune nel cui territorio è localizzato il sito di progetto.

Pertanto, la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (tabella 1, allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Tale griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2, allegato B del D.M. 14 gennaio 2008); tale considerazione riguarda anche le isole dell'arcipelago toscano. La Toscana è interessata da 936 nodi.

Per ciascuno dei nodi della griglia vengono forniti, per 9 valori del periodo di ritorno (da 30 anni a 2.475 anni), i valori dei parametri  $a_g$  (espresso in  $g/10$ ),  $F_0$  (adimensionale) e  $T^*c$  (espresso in secondi) necessari per la definizione dell'azione sismica.

Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, sarà possibile il calcolo dei suddetti parametri spettrali (per uno dei tempi di ritorno forniti) tramite media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono il sito in esame. Qualora il tempo di ritorno richiesto sia differente da uno dei 9 tempi di ritorno forniti in tabella, sarà possibile ricavare il valore del parametro di interesse mediante interpolazione tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno (dei nove forniti per ognuno dei nodi del reticolo di riferimento) che comprendono il tempo di ritorno necessario.

A tale proposito sono state predisposte dal Servizio Sismico della Regione Toscana, le mappe di pericolosità relative alla distribuzione dei nodi della griglia per ciascuna delle dieci province.

Per ogni territorio comunale è riportata inoltre la classificazione sismica (Del. GRT n. 431 del 19 giugno 2006) sia in mappa che in forma tabellare. Infine, sempre in tabella, è illustrato a titolo indicativo anche il valore di accelerazione ( $a_{g475}$ ), calcolato in corrispondenza della sede comunale.

Si ricorda che i valori di accelerazione vanno divisi per 10. Pertanto, i valori di accelerazione del settore nord del territorio comunale (Capoluogo) sono compresi tra 0,125 e 0,150 g, mentre ai restanti settori vengono attribuiti valori di accelerazione compresi tra 0,100 e 0,125 g.

L'attività di valutazione su un territorio (alla scala comunale) delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecniche locali e dalle condizioni topografiche locali viene chiamata **microzonazione sismica (MS)**.

Tale attività rientra in un quadro più generale nei programmi di prevenzione e di mitigazione degli effetti di un terremoto, in cui è necessario individuare in via preliminare con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre a studi particolareggiati.

Si definiscono “**condizioni locali di sito**”:

- la geologia e la geomorfologia locale;
- condizioni geotecniche e stratigrafiche locali;
- prossimità ad una faglia sismicamente attiva.

Le condizioni locali di sito sono responsabili degli effetti locali di sito che possono schematicamente essere così riassunti:

- modifica delle caratteristiche dello scuotimento rispetto a quanto definito in termini di pericolosità di base;
- fenomeni di instabilità del terreno.

Per ciò che attiene alla modifica del moto sismico, si tratta di definire la **pericolosità sismica locale**. Ciò comporta in generale un’amplificazione del moto sismico, la cui causa è riconducibile a motivi stratigrafici (presenza di depositi soffici poggianti su substrato roccioso), topografici (amplificazione del moto sismico lungo pendii o alla sommità di scarpate o pendii) oppure riferibile alla presenza di particolari geometrie sepolte, in grado di modificare le caratteristiche del moto sismico sia in termini di intensità sia per quanto concerne il contenuto spettrale.

Per quanto concerne i fenomeni di instabilità dei terreni e delle rocce gli aspetti rilevanti sono quelli che riguardano:

- liquefazione e/o densificazione dei depositi sabbiosi;
- eccessivi cedimenti e deformazioni permanenti del suolo;
- instabilità di pendio in terreni e roccia;
- attività di faglia.

Danni consistenti possono ricorrere quando la frequenza di risonanza di un terreno raggiunta durante un evento sismico corrisponde a quella propria dell’edificio (fenomeno della doppia risonanza).

La pericolosità di base è di norma definita mediante approccio di tipo probabilistico. In generale, per la determinazione della pericolosità di base è necessario definire:

- la sismicità storica;
- le zone sismogenetiche;
- le relazioni di attenuazione;
- le leggi di ricorrenza.

A tal fine è necessario raccogliere e interpretare dati e informazioni riguardanti la sismicità regionale, la sismo-tettonica, dati e registrazioni ottenuti da reti sismiche nazionali e locali.

Per quanto riguarda la stima della pericolosità sismica locale, essa è da ricondurre ad una serie di caratteri geologico-tecnici di un’area più o meno ampia che viene presa in esame. Tali caratteri geologico tecnici come è noto riguardano: la morfologia di superficie, la morfologia sepolta, le litologie, le caratteristiche fisico meccaniche, le condizioni idrogeologiche s.l. Queste condizioni infatti oltre ad essere causa di possibile amplificazione degli effetti sismici possono provocare i cosiddetti fenomeni indotti, quali: attivazione e

rimobilizzazione di fenomeni gravitativi, liquefazione in terreni granulari saturi, deformazioni permanenti in terreni di fondazione.

La **valutazione degli effetti locali** di amplificazione del moto sismico e quindi la pericolosità sismica locale sono di norma valutati attraverso analisi di risposta sismica locale dei depositi di terreno.

A riguardo la normativa di riferimento (D.M. 14.09.2008) consente di valutare gli effetti locali di amplificazione del moto sismico sia in modo semplificato, sia con modalità analitiche più rigorose.

Uno degli aspetti più importanti di queste normative è quello di definire e di valutare l'amplificazione sismica dei terreni sulla base della definizione del parametro  $V_s$ , cioè della velocità delle onde di taglio.

### 2.3 MODELLAZIONE SISMICA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare quel *periodo di riferimento*;

- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, una volta definite le relative *probabilità di superamento*, è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;

- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

#### **VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO**

Nelle NTC il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \times C_U \quad (2.1)$$

dove:

$V_R$  = *periodo di riferimento*

$V_N$  = *vita nominale*

$C_U$  = *coefficiente d'uso*

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$ , secondo le NTC, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

$V_N \leq 10$  anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto  $\geq 2$  anni.

$V_N \geq 50$  anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

$VN \geq 100$  anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico  $VN = 50$  anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.  $CU = 0.7$ ;

**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.  $CU = 1.0$ ;

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.  $CU = 1.5$ ;

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.  $CU = 2.0$ ;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso  $CU = 1$ .

Una volta ottenuti  $VN$  e  $CU$ , è possibile calcolare il periodo di riferimento  $VR$ , che qui vale:

$$VR = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

### **STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO**

Le NTC prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

**Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

**Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV. Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento PVR*, ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ( $n \geq 1$ ) di  $a_g$  prefissata ( $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza  $\lambda = 1/TR$  (TR = periodo di ritorno).

*Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR*

Stati limite			PVR
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC08:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **VR = 50 anni**, il tempo di ritorno TR sarà:

*Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR*

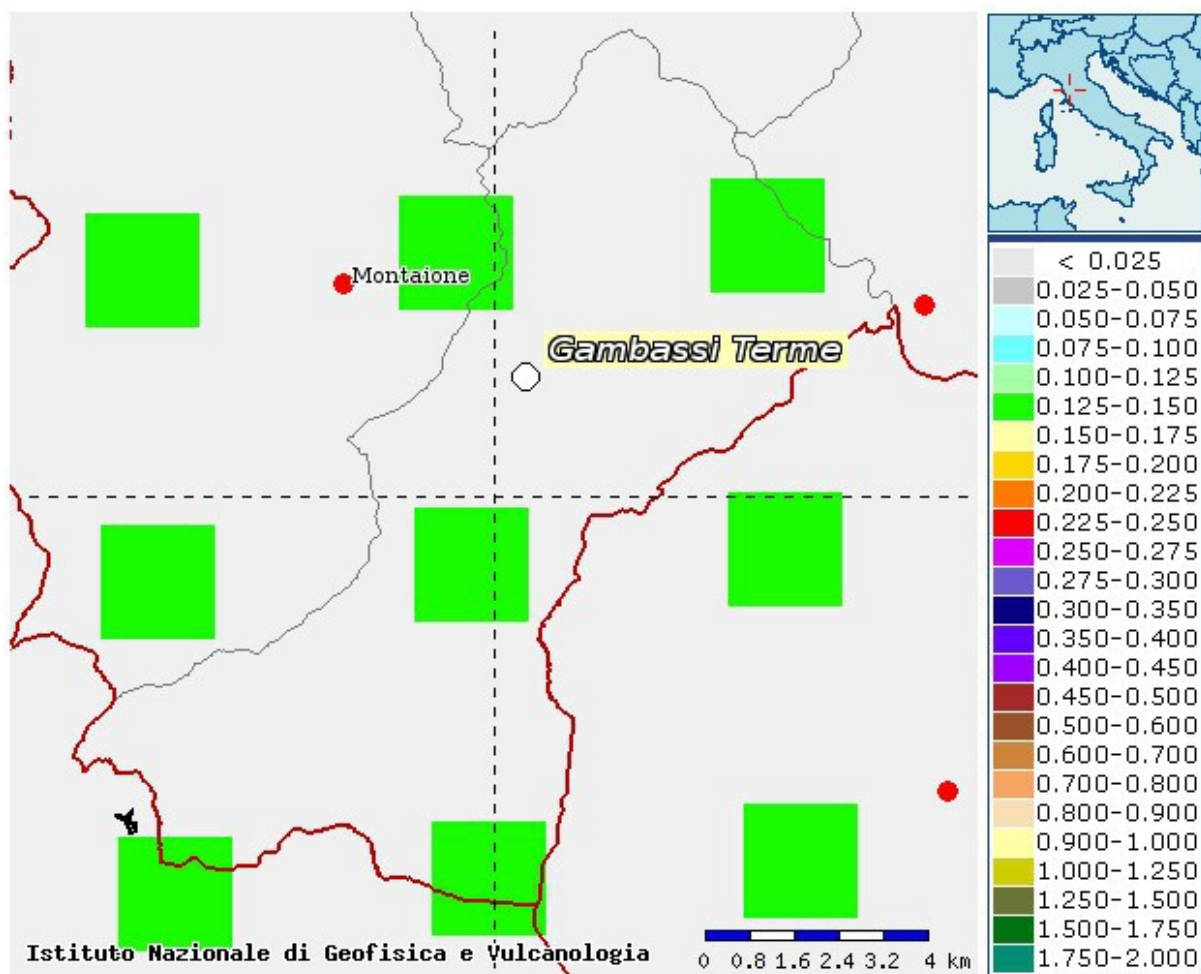
Stati limite	TR
--------------	----



Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	50
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	475
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	975

## 2.4 PERICOLOSITA' SISMICA

In termini generali la pericolosità sismica dell'area di intervento è valutabile facendo riferimento agli studi condotti dal “Gruppo di Lavoro MPS, 2004” nell’ambito della “Convenzione - Progetto “S1” DPC - INGV 2004-2006” i cui risultati sono stati promulgati mediante l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006 (cfr. Mappa MPS04).

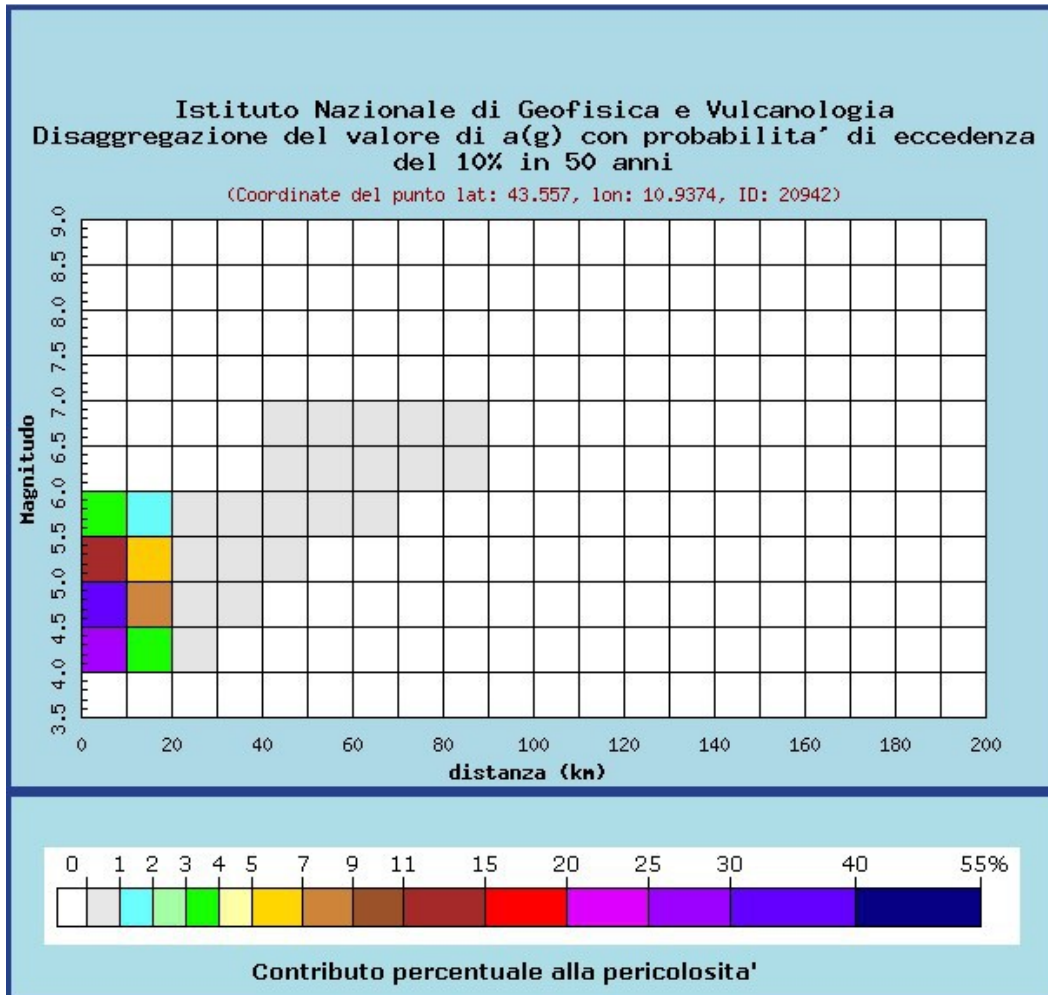


*Mappa di pericolosità sismica - Accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s; cat.A) – da INGV*

Per valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di sito viene operata la disaggregazione della pericolosità sismica. La disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) come l’evento di magnitudo M a distanza R dal sito di interesse, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica dello stesso.

Dalla mappa di pericolosità sismica viene effettuata un'analisi della disaggregazione dei valori di  $a(g)$  e per ogni nodo della griglia di calcolo è possibile valutare il contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza.

Questa informazione è riportata sia in forma grafica che in forma tabellare.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.557, lon: 10.9374, ID: 20942)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	26.300	35.900	12.800	3.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.910	8.420	5.200	1.780	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.028	0.604	0.987	0.455	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.128	0.130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.031	0.027	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.081	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.770	7.260	0.871

Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici.

La Magnitudo media riferibile all'area di intervento è pari a 4,77.

Dove  $\epsilon$  rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

#### **DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE**

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (ag) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC08:

ag = accelerazione orizzontale massima;

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.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

ag, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

Fo e TC\* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti nella seguente tabella, contenuta nell'Allegato B delle NTC08, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	TR = 30			TR = 50			TR = 72			TR = 101		
			ag	F0	T*c	ag	F0	T*c	ag	F0	T*c	ag	F0	T*c
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

*Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.*

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno TR corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

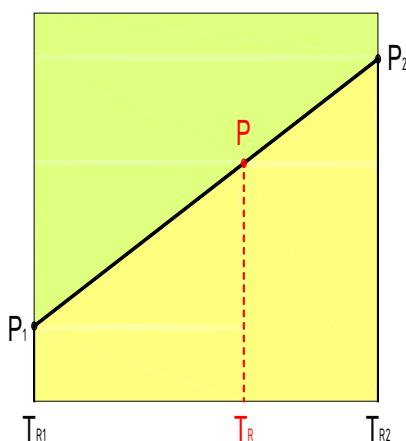
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale  $p$  è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC\*) corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato, mentre  $p_1, 2$  è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno TR1, 2.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri  $p$  possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

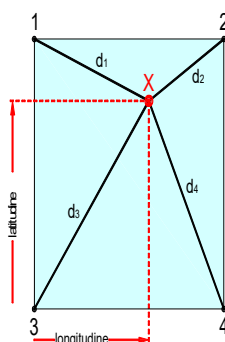
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale  $p$  è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC\*) corrispondente al punto considerato,  $p_i$  è il valore di tale parametro nell' $i$ -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e  $d_i$  è la distanza del punto in esame dall' $i$ -esimo vertice della suddetta maglia.



*Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.*

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura che segue.



*Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.*

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo

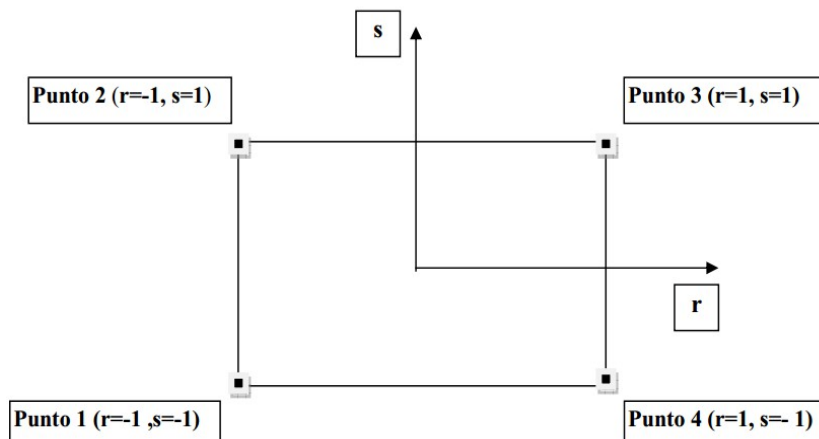
calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza  $d$  tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove  $R = 6371$  è il raggio medio terrestre in km, mentre  $\text{lat}\alpha$ ,  $\text{lon}\alpha$ ,  $\text{lat}\beta$  e  $\text{lon}\beta$  sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di  $\pm 0,01g$  ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.



*Applicazione dell'interpolazione bilineare.*

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1 - r)(1 - s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1 - r)(1 + s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1 + r)(1 + s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1 + r)(1 - s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate  $x, y$  di un punto generico e le coordinate  $r, s$  dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i x_i = [(1 - r)(1 - s)x_1 + (1 - r)(1 + s)x_2 + (1 + r)(1 + s)x_3 + (1 + r)(1 - s)x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i y_i = [(1 - r)(1 - s)y_1 + (1 - r)(1 + s)y_2 + (1 + r)(1 + s)y_3 + (1 + r)(1 - s)y_4] \quad (4.9)$$



La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i p_i = [(1-r)(1-s)p_1 + (1-r)(1+s)p_2 + (1+r)(1+s)p_3 + (1+r)(1-s)p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

### **PERICOLOSITA' SISMICA DI SITO**

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

### **COEFFICIENTI SISMICI**

I coefficienti sismici orizzontale  $K_h$  e verticale  $K_v$  dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$TR = -VR / \ln(1 - PVR)$$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR non può essere inferiore a 35 anni.

### **STABILITA' DEI PENDII DI FONDAZIONE**

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti  $K_h$  e  $K_v$  sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella seguente tabella.

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20



Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$a_{max} = SS \cdot ST \cdot a_g$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica) ( $0.90 \leq S_s \leq 1.80$ ) è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: ST = 1.0; T2: ST = 1.20; T3: ST = 1.2; T4: ST = 1.40.

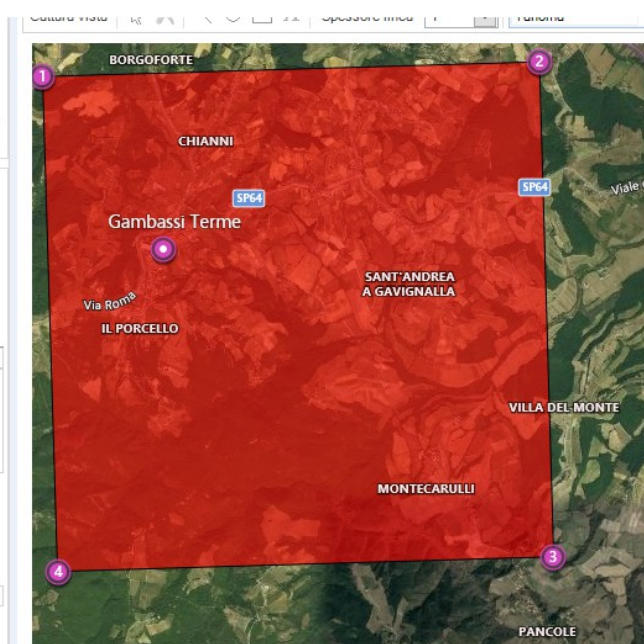
## 2.5 VERIFICHE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DI SITO

### Gambassi Terme capoluogo

Reticolo territoriale nazionale     Isole  
 Via: Gambassi Terme  
 Lat.: 43.538656 Long.: 10.953208 Alt.: m  
 Datum: WGS84    Cerca zona...  
 Parametri sismici  
 Lat. (ED50): 43.539621582 Long. (ED50): 10.954193882  
 Classe dell'edificio: II. Costruzioni il cui uso preveda norma.  
 Coefficiente d'uso Cu: 1  
 Vita nominale: 50 anni  
 Interpolazione: Media ponderata

	Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	TC* [s]
Px	Operatività (SLO)	30	0,046	2,507	0,242
	Danno (SLD)	50	0,058	2,514	0,251
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,141	2,475	0,276
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,176	2,515	0,282
P1	Operatività (SLO)	30	0,046	2,508	0,242
	Danno (SLD)	50	0,058	2,508	0,251
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,142	2,471	0,276
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,176	2,515	0,282
P2	Operatività (SLO)	30	0,046	2,529	0,243

Periodo riferimento azione sismica: 50



### PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43,5386543 [°]  
 Longitudine (WGS84): 10,9532080 [°]  
 Latitudine (ED50): 43,5396233 [°]  
 Longitudine (ED50): 10,9541941 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20942	43,556990	10,937400	2358,33
2	20943	43,558480	11,006330	4695,97
3	21165	43,508510	11,008300	5567,57
4	21164	43,507020	10,939480	3814,31

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

#### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,529	0,243
SLD	50	0,057	2,532	0,252
	72	0,067	2,502	0,258
	101	0,078	2,492	0,262
	140	0,089	2,466	0,267
	201	0,103	2,459	0,268
SLV	475	0,140	2,473	0,277
SLC	975	0,175	2,512	0,283
	2475	0,226	2,560	0,294

#### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,505	0,242
SLD	50	0,058	2,516	0,251
	72	0,069	2,487	0,257
	101	0,079	2,492	0,261
	140	0,091	2,463	0,266
	201	0,105	2,461	0,267
SLV	475	0,141	2,475	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,282
	2475	0,226	2,572	0,292

#### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,487	0,241
SLD	50	0,059	2,506	0,250
	72	0,069	2,482	0,256
	101	0,080	2,494	0,259
	140	0,091	2,469	0,264
	201	0,105	2,467	0,266
SLV	475	0,141	2,482	0,276
SLC	975	0,176	2,518	0,282

	2475	0,226	2,574	0,292
--	------	-------	-------	-------

### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,507	0,242
SLD	50	0,058	2,514	0,251
SLV	475	0,141	2,475	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

### Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,041	0,051
kv	0,005	0,006	0,020	0,025
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,546	0,686	1,662	2,072
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

### Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3,0 [m]

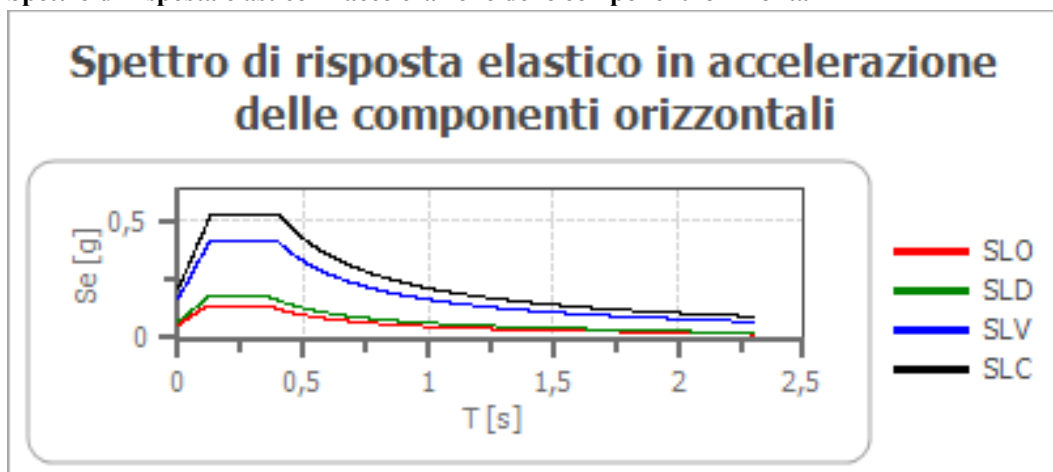
Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,036	0,045	0,110	0,137
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,546	0,686	1,662	2,072
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,041	0,051
kv	0,006	0,007	0,020	0,025
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,546	0,686	1,662	2,072
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

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



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,046	2,507	0,242	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,118	0,353	1,786	0,056	0,140
SLD	1,0	0,058	2,514	0,251	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,121	0,364	1,833	0,070	0,176
SLV	1,0	0,141	2,475	0,276	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,131	0,392	2,165	0,169	0,419
SLC	1,0	0,176	2,515	0,282	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	2,304	0,211	0,531

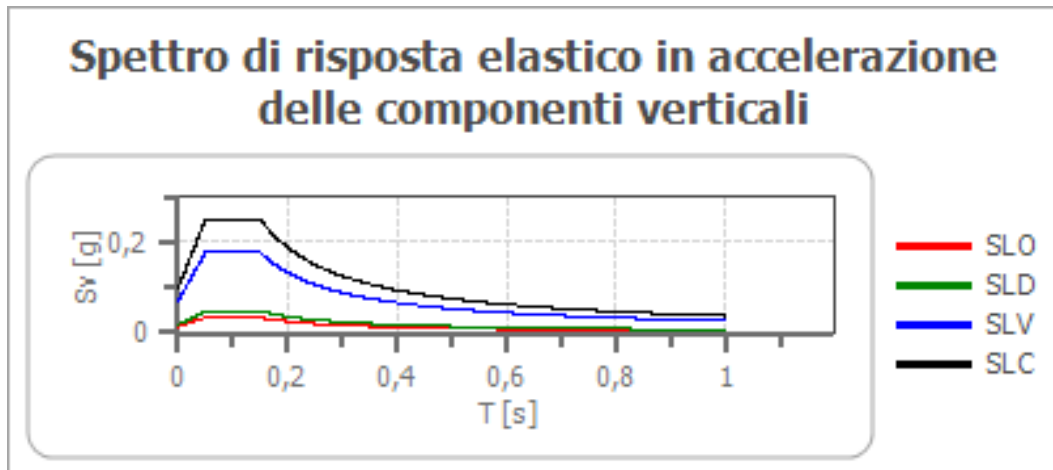
### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ :

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,046	2,507	0,242	1	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,034
SLD	1,0	0,058	2,514	0,251	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,048
SLV	1,0	0,141	2,475	0,276	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,072	0,177
SLC	1,0	0,176	2,515	0,282	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,251

### Chianni

Coordinate  
 Reticolo territoriale nazionale  Isole

Via: CHIANNI

Lat: 43.549333281 Long: 10.959120604 Alt: m

Datum: WGS84

Parametri sismici  
 Lat. (ED50): 43.550298561 Long. (ED50): 10.960106526

Classe dell'edificio: II. Costruzioni il cui uso preveda norma.

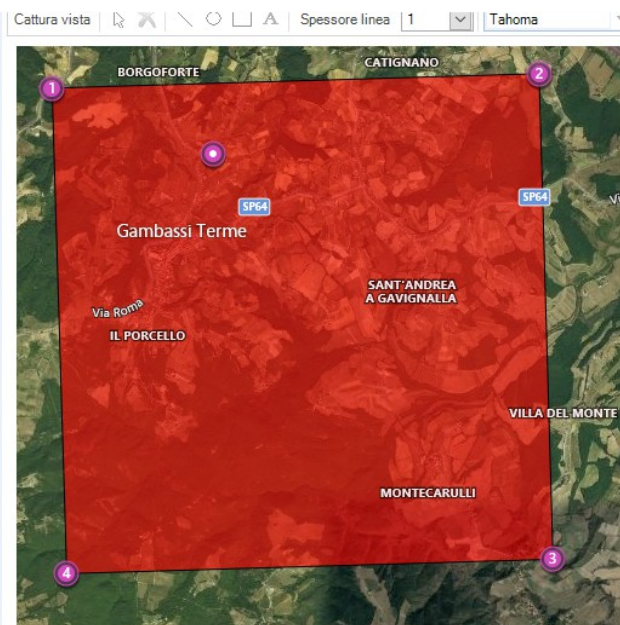
Coefficiente d'uso Cu: 1

Vita nominale: 50 anni

Interpolazione: Media ponderata

	Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	TC* [s]
Px	Operatività (SLO)	30	0,046	2,509	0,242
	Danno (SLD)	50	0,058	2,515	0,251
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,141	2,474	0,276
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,176	2,515	0,282
P1	Operatività (SLO)	30	0,046	2,508	0,242
	Danno (SLD)	50	0,058	2,508	0,251
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,142	2,471	0,276
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,176	2,515	0,282
P2	Operatività (SLO)	30	0,046	2,529	0,243

Periodo riferimento azione sismica: 50



### PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):

50

[anni]

Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43,5493317 [°]  
 Longitudine (WGS84): 10,9591208 [°]  
 Latitudine (ED50): 43,5502968 [°]  
 Longitudine (ED50): 10,9601068 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20942	43,556990	10,937400	1975,33
2	20943	43,558480	11,006330	3834,41
3	21165	43,508510	11,008300	6056,99
4	21164	43,507020	10,939480	5091,56

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

#### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,529	0,243
SLD	50	0,057	2,532	0,252
	72	0,067	2,502	0,258
	101	0,078	2,492	0,262
	140	0,089	2,466	0,267
	201	0,103	2,459	0,268
SLV	475	0,140	2,473	0,277
SLC	975	0,175	2,512	0,283
	2475	0,226	2,560	0,294

#### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,505	0,242

SLD	50	0,058	2,516	0,251
	72	0,069	2,487	0,257
	101	0,079	2,492	0,261
	140	0,091	2,463	0,266
	201	0,105	2,461	0,267
SLV	475	0,141	2,475	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,282
	2475	0,226	2,572	0,292

#### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,487	0,241
SLD	50	0,059	2,506	0,250
	72	0,069	2,482	0,256
	101	0,080	2,494	0,259
	140	0,091	2,469	0,264
	201	0,105	2,467	0,266
SLV	475	0,141	2,482	0,276
SLC	975	0,176	2,518	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

#### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,509	0,242
SLD	50	0,058	2,515	0,251
SLV	475	0,141	2,474	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282

#### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

#### Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,041	0,051
kv	0,005	0,006	0,020	0,025
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,545	0,685	1,662	2,072
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

#### Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,056	0,070	0,169	0,211
kv	0,028	0,035	0,085	0,106
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,545	0,685	1,662	2,072
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

#### Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,036	0,045	0,110	0,137
kv	--	--	--	--

amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,545	0,685	1,662	2,072
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,041	0,051
kv	0,006	0,007	0,020	0,025
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,545	0,685	1,662	2,072
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

### Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,545	0,685	1,662	2,072
Beta	--	0,470	0,380	--

### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,033	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,545	0,685	1,662	2,072
Beta	--	0,470	0,380	--

### Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

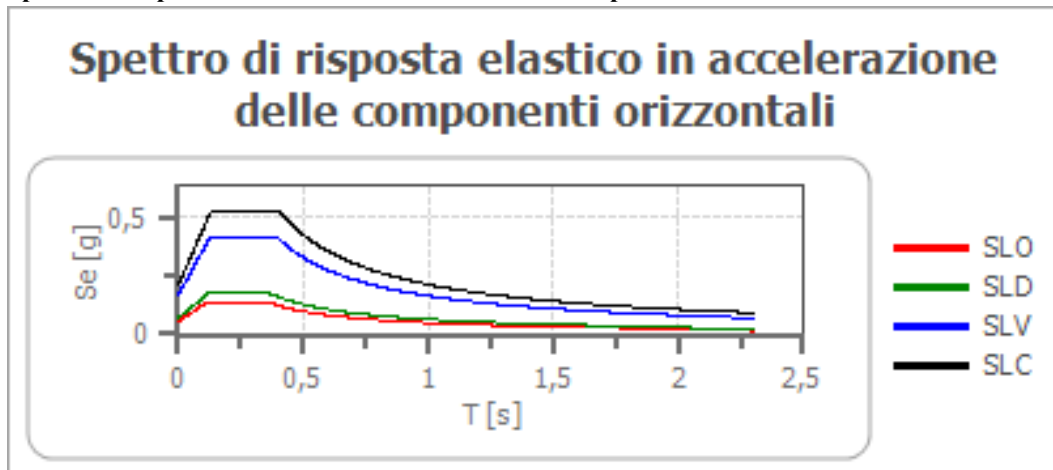
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,043	0,054	0,132	0,164
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,545	0,685	1,662	2,072
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

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



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,046	2,509	0,242	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,118	0,353	1,785	0,056	0,139
SLD	1,0	0,058	2,515	0,251	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,121	0,364	1,833	0,070	0,176
SLV	1,0	0,141	2,474	0,276	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,131	0,392	2,165	0,169	0,419
SLC	1,0	0,176	2,515	0,282	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,401	2,304	0,211	0,531





Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	43,5801735	[°]
Longitudine (WGS84):	10,9578323	[°]
Latitudine (ED50):	43,5811386	[°]
Longitudine (ED50):	10,9588184	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20942	43,556990	10,937400	3191,76
2	20943	43,558480	11,006330	4582,47
3	20721	43,608460	11,004300	4758,72
4	20720	43,606970	10,935360	3438,00

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

#### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,529	0,243
SLD	50	0,057	2,532	0,252
	72	0,067	2,502	0,258
	101	0,078	2,492	0,262
	140	0,089	2,466	0,267
	201	0,103	2,459	0,268
SLV	475	0,140	2,473	0,277
SLC	975	0,175	2,512	0,283
	2475	0,226	2,560	0,294

#### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,552	0,246
SLD	50	0,055	2,554	0,254
	72	0,064	2,547	0,261
	101	0,074	2,527	0,264
	140	0,085	2,516	0,268
	201	0,098	2,503	0,270
SLV	475	0,134	2,496	0,278
SLC	975	0,169	2,524	0,284
	2475	0,219	2,572	0,293

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,534	0,243
SLD	50	0,057	2,536	0,251
	72	0,067	2,513	0,257
	101	0,077	2,501	0,261
	140	0,089	2,478	0,265
	201	0,103	2,469	0,267
SLV	475	0,140	2,477	0,276
SLC	975	0,175	2,513	0,283
	2475	0,226	2,558	0,294

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,529	0,243
SLD	50	0,057	2,530	0,252
SLV	475	0,139	2,478	0,277
SLC	975	0,174	2,515	0,283

**PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO**Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Muri di sostegno NTC 2008**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,015	0,050	0,060
kv	0,006	0,008	0,025	0,030
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,668	0,840	2,035	2,460
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

**Paratie NTC 2008**

Altezza paratia (H): 3,0 [m]

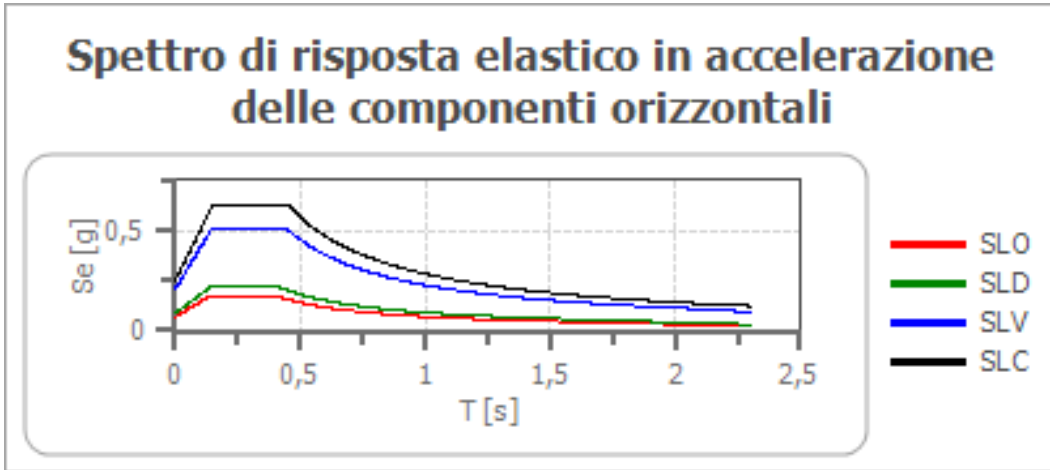
Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,044	0,056	0,135	0,163
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,668	0,840	2,035	2,460
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

**Fronti di scavo e rilevati**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,040	0,079	--
kv	--	0,020	0,039	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,668	0,840	2,035	2,460
Beta	--	0,470	0,380	--

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



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,045	2,529	0,243	1,500	1,670	1,000	1,500	1,000	0,135	0,406	1,782	0,068	0,172
SLD	1,0	0,057	2,530	0,252	1,500	1,660	1,000	1,500	1,000	0,139	0,418	1,828	0,086	0,217
SLV	1,0	0,139	2,478	0,277	1,490	1,600	1,000	1,490	1,000	0,147	0,442	2,157	0,208	0,514
SLC	1,0	0,174	2,515	0,283	1,440	1,590	1,000	1,440	1,000	0,150	0,450	2,297	0,251	0,631

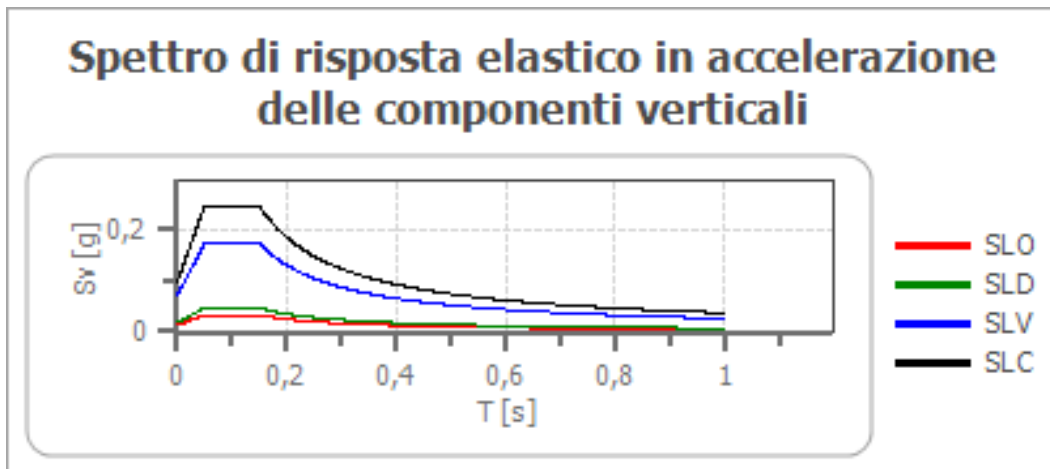
**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali**

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ :

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,045	2,529	0,243	1	1,670	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLD	1,0	0,057	2,530	0,252	1	1,660	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,047
SLV	1,0	0,139	2,478	0,277	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,070	0,174
SLC	1,0	0,174	2,515	0,283	1	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,098	0,247

## Pillo

Reticolo territorio nazionale  Isole

PILLO

43,564612 Long. 10,956824 Alt. m

WGS84 Cerca zona.

metri sismici (ED50) 43,5655785 Long. (ED50) 10,95781022

Classe dell'edificio II. Costruzioni il cui uso prevede norma.

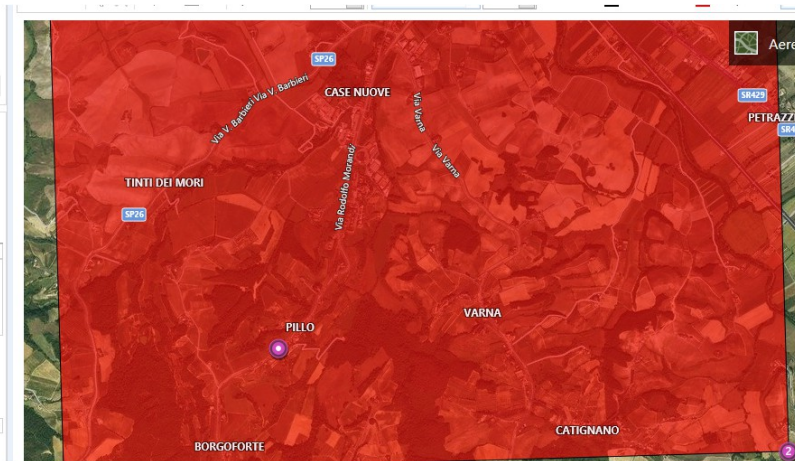
Coefficiente d'uso Cu 1

Vita nominale 50 anni

Interpolazione Media ponderata

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,046	2,524	0,243
Danno (SLD)	50	0,057	2,525	0,252
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,140	2,476	0,276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,175	2,515	0,283
Operatività (SLO)	30	0,046	2,508	0,242
Danno (SLD)	50	0,058	2,508	0,251
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,142	2,471	0,276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,176	2,515	0,282
Operatività (SLO)	30	0,046	2,529	0,243

Periodo riferimento azione sismica 50



### PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

#### Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43,5646133 [°]  
 Longitudine (WGS84): 10,9568243 [°]  
 Latitudine (ED50): 43,5655785 [°]  
 Longitudine (ED50): 10,9578104 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20942	43,556990	10,937400	1901,66
2	20943	43,558480	11,006330	3988,33
3	20721	43,608460	11,004300	6062,81
4	20720	43,606970	10,935360	4945,14

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276

SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,529	0,243
SLD	50	0,057	2,532	0,252
	72	0,067	2,502	0,258
	101	0,078	2,492	0,262
	140	0,089	2,466	0,267
	201	0,103	2,459	0,268
SLV	475	0,140	2,473	0,277
SLC	975	0,175	2,512	0,283
	2475	0,226	2,560	0,294

### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,552	0,246
SLD	50	0,055	2,554	0,254
	72	0,064	2,547	0,261
	101	0,074	2,527	0,264
	140	0,085	2,516	0,268
	201	0,098	2,503	0,270
SLV	475	0,134	2,496	0,278
SLC	975	0,169	2,524	0,284
	2475	0,219	2,572	0,293

### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,534	0,243
SLD	50	0,057	2,536	0,251
	72	0,067	2,513	0,257
	101	0,077	2,501	0,261
	140	0,089	2,478	0,265
	201	0,103	2,469	0,267
SLV	475	0,140	2,477	0,276
SLC	975	0,175	2,513	0,283
	2475	0,226	2,558	0,294

### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,524	0,243
SLD	50	0,057	2,525	0,252
SLV	475	0,140	2,476	0,276
SLC	975	0,175	2,515	0,283

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

### Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,012	0,040	0,050
kv	0,005	0,006	0,020	0,025
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,537	0,676	1,647	2,057
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

### Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

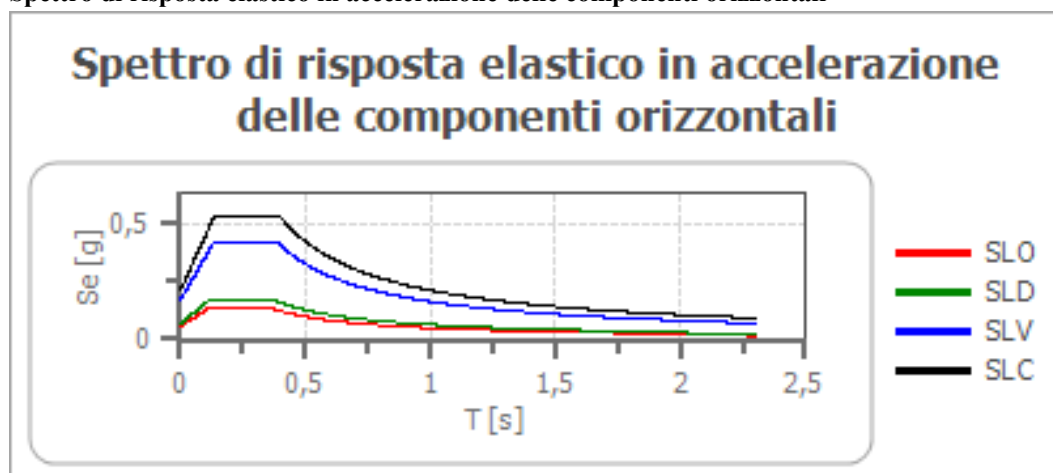
0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,036	0,045	0,109	0,136
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,537	0,676	1,647	2,057
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,032	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,537	0,676	1,647	2,057
Beta	--	0,470	0,380	--

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



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,046	2,524	0,243	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,118	0,355	1,783	0,055	0,138
SLD	1,0	0,057	2,525	0,252	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,122	0,365	1,830	0,069	0,174
SLV	1,0	0,140	2,476	0,276	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,131	0,393	2,160	0,168	0,416
SLC	1,0	0,175	2,515	0,283	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,402	2,299	0,210	0,527

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

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

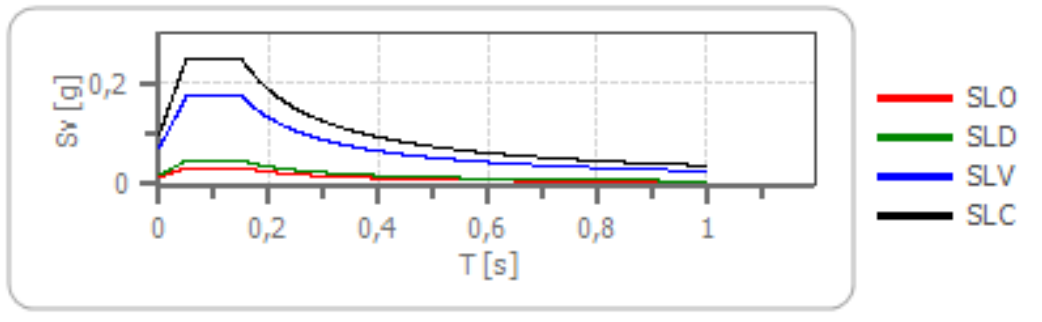
5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ :

1,000



## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

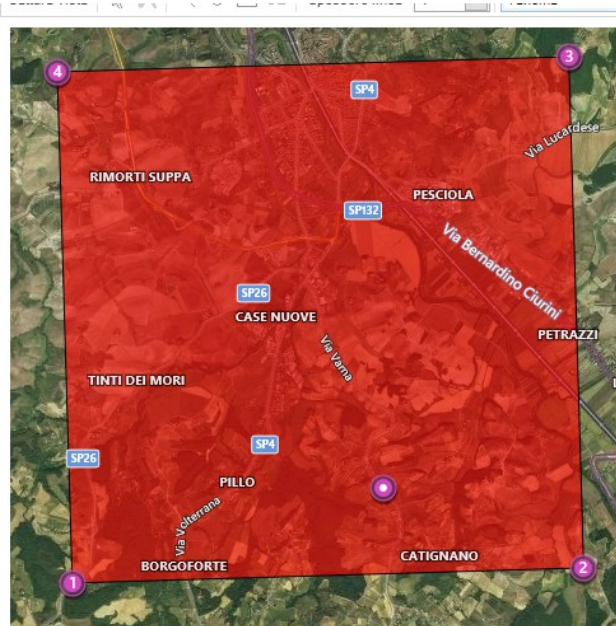


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,046	2,524	0,243	1	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLD	1,0	0,057	2,525	0,252	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,047
SLV	1,0	0,140	2,476	0,276	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,071	0,175
SLC	1,0	0,175	2,515	0,283	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,099	0,248

### Varna-Catignano

Reticolo territoriale nazionale  Isole  
 via   
 .lat.  Long.  Alt.  m  
 Datum    
 Parametri sismici  
 .lat. (ED50)  Long. (ED50)   
 Classe dell'edificio   
 Coefficiente d'uso Cu   
 Vita nominale  anni  
 Interpolazione

	Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	TC* [s]
x	Operatività (SLO)	30	0,045	2,529	0,243
	Danno (SLD)	50	0,057	2,530	0,252
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,139	2,477	0,277
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,174	2,515	0,283
1	Operatività (SLO)	30	0,046	2,508	0,242
	Danno (SLD)	50	0,058	2,508	0,251
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,142	2,471	0,276
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,176	2,515	0,282
2	Operatività (SLO)	30	0,046	2,529	0,243



### PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	43,5653343	[°]
Longitudine (WGS84):	10,9783144	[°]
Latitudine (ED50):	43,5662994	[°]
Longitudine (ED50):	10,9792995	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20942	43,556990	10,937400	3531,24
2	20943	43,558480	11,006330	2345,11
3	20721	43,608460	11,004300	5102,14
4	20720	43,606970	10,935360	5742,47

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265
	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

#### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,529	0,243
SLD	50	0,057	2,532	0,252
	72	0,067	2,502	0,258
	101	0,078	2,492	0,262
	140	0,089	2,466	0,267
	201	0,103	2,459	0,268
SLV	475	0,140	2,473	0,277
SLC	975	0,175	2,512	0,283
	2475	0,226	2,560	0,294

#### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,552	0,246
SLD	50	0,055	2,554	0,254
	72	0,064	2,547	0,261
	101	0,074	2,527	0,264
	140	0,085	2,516	0,268
	201	0,098	2,503	0,270
SLV	475	0,134	2,496	0,278
SLC	975	0,169	2,524	0,284
	2475	0,219	2,572	0,293

#### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,534	0,243

SLD	50	0,057	2,536	0,251
	72	0,067	2,513	0,257
	101	0,077	2,501	0,261
	140	0,089	2,478	0,265
	201	0,103	2,469	0,267
SLV	475	0,140	2,477	0,276
SLC	975	0,175	2,513	0,283
	2475	0,226	2,558	0,294

#### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,045	2,529	0,243
SLD	50	0,057	2,530	0,252
SLV	475	0,139	2,477	0,277
SLC	975	0,174	2,515	0,283

#### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

#### Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,012	0,040	0,050
kv	0,005	0,006	0,020	0,025
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,535	0,673	1,640	2,051
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

#### Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

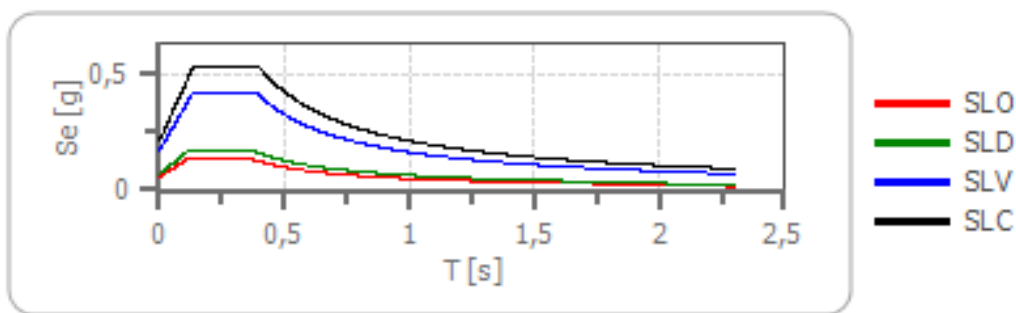
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,035	0,045	0,109	0,136
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,535	0,673	1,640	2,051
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

#### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,032	0,064	--
kv	--	0,016	0,032	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,535	0,673	1,640	2,051
Beta	--	0,470	0,380	--

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

## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,045	2,529	0,243	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,118	0,355	1,782	0,055	0,138
SLD	1,0	0,057	2,530	0,252	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,122	0,365	1,829	0,069	0,174
SLV	1,0	0,139	2,477	0,277	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,131	0,393	2,158	0,167	0,414
SLC	1,0	0,174	2,515	0,283	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,402	2,297	0,209	0,526

## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

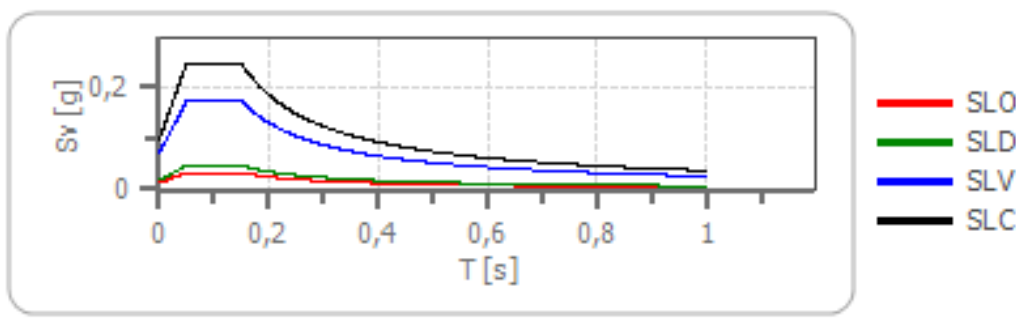
Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ :

1,000

## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



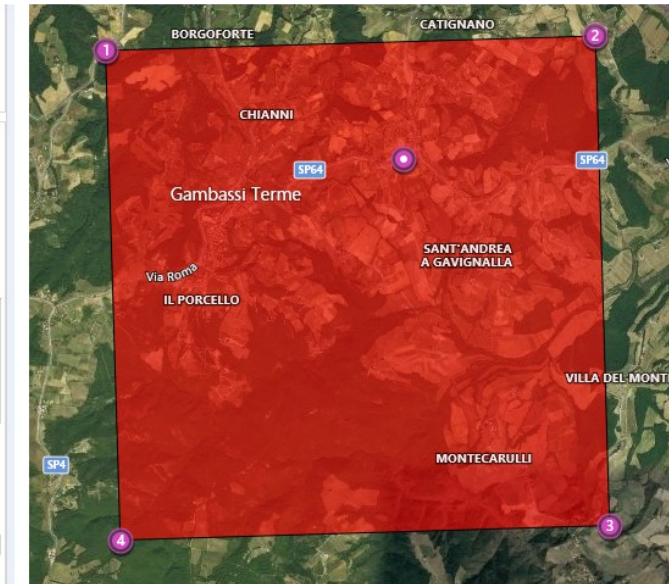
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,045	2,529	0,243	1	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,033
SLD	1,0	0,057	2,530	0,252	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,047
SLV	1,0	0,139	2,477	0,277	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,070	0,174
SLC	1,0	0,174	2,515	0,283	1	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,098	0,247

**Badia a Cerreto**

3 BADIA A CERRETO  
 t. 43,545002 Long. 10,978314 Alt. m  
 datum WGS84 Cerca zona..  
 Parametri sismici  
 t. (ED50) 43,54596721E Long. (ED50) 10,979299422  
 classe dell'edificio II. Costruzioni il cui uso preveda norma.  
 coefficiente d'uso Cu 1  
 vita nominale 50 anni  
 interpolazione Media ponderata

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,046	2,511	0,242
Danno (SLD)	50	0,058	2,518	0,251
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,141	2,475	0,276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,176	2,514	0,283
Operatività (SLO)	30	0,046	2,508	0,242
Danno (SLD)	50	0,058	2,508	0,251
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,142	2,471	0,276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,176	2,515	0,282
Operatività (SLO)	30	0,046	2,529	0,243

Periodo riferimento azione sismica 50



### PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43,5450020 [°]  
 Longitudine (WGS84): 10,9783144 [°]  
 Latitudine (ED50): 43,5459671 [°]  
 Longitudine (ED50): 10,9792995 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20942	43,556990	10,937400	3592,21
2	20943	43,558480	11,006330	2584,77
3	21165	43,508510	11,008300	4776,43
4	21164	43,507020	10,939480	5390,88

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,508	0,242
SLD	50	0,058	2,508	0,251
	72	0,069	2,480	0,256
	101	0,079	2,482	0,260
	140	0,091	2,457	0,265

	201	0,105	2,455	0,267
SLV	475	0,142	2,471	0,276
SLC	975	0,176	2,515	0,282
	2475	0,226	2,572	0,293

### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,529	0,243
SLD	50	0,057	2,532	0,252
	72	0,067	2,502	0,258
	101	0,078	2,492	0,262
	140	0,089	2,466	0,267
	201	0,103	2,459	0,268
SLV	475	0,140	2,473	0,277
SLC	975	0,175	2,512	0,283
	2475	0,226	2,560	0,294

### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,505	0,242
SLD	50	0,058	2,516	0,251
	72	0,069	2,487	0,257
	101	0,079	2,492	0,261
	140	0,091	2,463	0,266
	201	0,105	2,461	0,267
SLV	475	0,141	2,475	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,282
	2475	0,226	2,572	0,292

### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,487	0,241
SLD	50	0,059	2,506	0,250
	72	0,069	2,482	0,256
	101	0,080	2,494	0,259
	140	0,091	2,469	0,264
	201	0,105	2,467	0,266
SLV	475	0,141	2,482	0,276
SLC	975	0,176	2,518	0,282
	2475	0,226	2,574	0,292

### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,511	0,242
SLD	50	0,058	2,518	0,251
SLV	475	0,141	2,475	0,276
SLC	975	0,176	2,514	0,283

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

### Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,016	0,050	0,060
kv	0,006	0,008	0,025	0,030
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,680	0,854	2,060	2,466
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

### Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

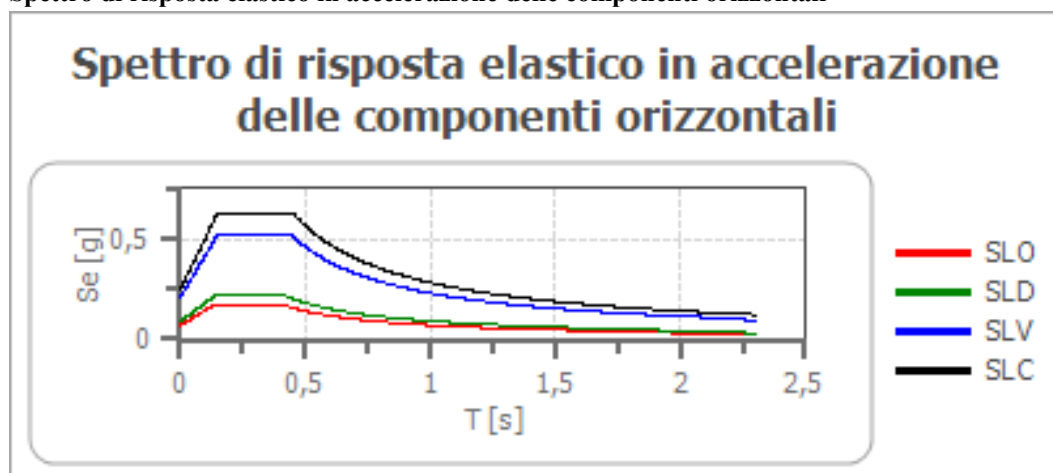
0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,045	0,057	0,137	0,163
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,680	0,854	2,060	2,466
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,041	0,080	--
kv	--	0,020	0,040	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,680	0,854	2,060	2,466
Beta	--	0,470	0,380	--

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



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,046	2,511	0,242	1,500	1,680	1,000	1,500	1,000	0,136	0,407	1,785	0,069	0,174
SLD	1,0	0,058	2,518	0,251	1,500	1,660	1,000	1,500	1,000	0,139	0,417	1,832	0,087	0,219
SLV	1,0	0,141	2,475	0,276	1,490	1,610	1,000	1,490	1,000	0,148	0,445	2,164	0,210	0,520
SLC	1,0	0,176	2,514	0,283	1,430	1,590	1,000	1,430	1,000	0,150	0,449	2,304	0,252	0,632

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

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

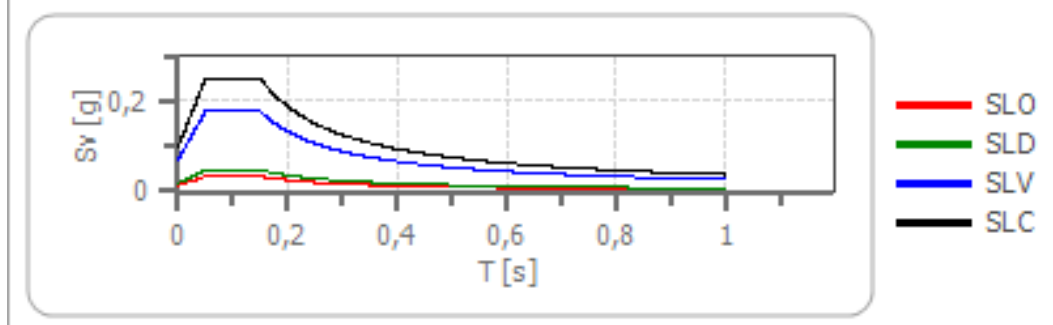
5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ :

1,000



## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,046	2,511	0,242	1	1,680	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,034
SLD	1,0	0,058	2,518	0,251	1	1,660	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,048
SLV	1,0	0,141	2,475	0,276	1	1,610	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,071	0,177
SLC	1,0	0,176	2,514	0,283	1	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,100	0,250

### 2.6 LIQUEFAZIONE – BASE TEORICA E VERIFICA PER LOCALITA'

I siti in cui si possa prevedere la realizzazione di edifici e/o manufatti dovranno risultare stabili per quanto concerne fenomeni di liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni non coesivi saturi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

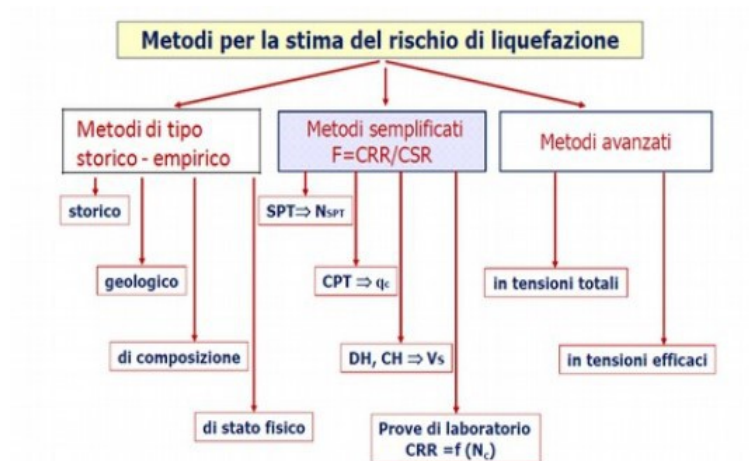
Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni, incrementi indotti nei pali.

Secondo le NTC 2018 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. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .





Per il territorio comunale di Gambassi Terme, nei casi in esame laddove si presume la possibilità che vi sia un rischio potenziale di liquefazione, come ad esempio in corrispondenza dei depositi alluvionali (b, bna) o dei depositi pliocenici delle Sabbie di San Vivaldo (SVV) presenti in varie località tra quelle studiate, non vi sono informazioni derivanti da indagini in situ (prove penetrometriche statiche / dinamiche o prove Spt) tali da permettere una verifica diretta di suddetto potenziale.

Tuttavia, si ritiene che la suscettibilità alla liquefazione dei terreni esaminati sia molto bassa, ossia trattasi di terreni non liquefacibili, considerando la natura dei terreni e la soggiacenza della falda.

Come esempio si riporta il caso delle verifiche eseguite per le località di Pillo e Badia a Cerreto, uniche situazioni dove le risultanze delle indagini geognostiche hanno permesso di svolgere la verifica.

### **Chianni**

Metodo applicato: Metodo di Finn (1985)

Una correlazione della resistenza alla liquefazione con la magnitudo viene proposta da Finn (1985) che suggerisce un'espressione di CRR in funzione della magnitudo M e del numero dei colpi corretto  $N_{1,60}$ :

$$CRR = \frac{N_{1,60}^{1.60}}{12.9 M - 15.7}$$

Fs si ottiene mediante la seguente espressione:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Per il calcolo del Rapporto di Tensione Ciclica CSR si utilizza l'espressione di Seed e Idriss (1982) dove il coefficiente riduttivo  $r_d$  si determina dalla formula empirica proposta da Iwasaki et al. (1978)

Il metodo di Seed e Idriss (1985) consente di valutare il Rapporto di Tensione Ciclica dalla seguente relazione:

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma_{v0}} = 0.65 \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left( \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}} \right) \cdot r_d$$

dove  $a_{max}$  rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie contenente gli effetti amplificativi di sito.

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo  $r_d$  viene utilizzata la formula empirica proposta da Liao e Whitman (1986):

$$r_d = 1.0 - 0.00765z \text{ per } z \leq 9.15m$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \text{ per } 9.15m < z \leq 23m$$

Dove  $z$  è la profondità dal piano campagna espressa in metri.

#### DATI GENERALI

Indagine di riferimento: P59

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

#### FALDA

Profondità falda idrica 4 m

#### DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.471

Tipo Suolo: B - Sabbie, ghiaie molto addensate, argille molto consistenti  $V_{s30}=360-800$

Morfologia: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.2

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.5

Distanza epicentro 30 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.18

#### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza a qc (KPa)	Resistenza a attrito laterale $f_s$ (KPa)	Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)
1		0	5	18	19.5	21	0	0	0	0
2		5	15	18.5	20	30	0	0	0	0

Finn (1985)

	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Coefficiente riduttivo ( $r_d$ )	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza $F_s$	Suscettibilità di liquefazione
1	4.20	75.900	73.939	0.937	0.444	0.113	3.95	No
2	4.40	79.800	75.877	0.934	0.438	0.115	3.81	No
3	4.60	83.700	77.816	0.931	0.433	0.117	3.69	No

4	4.80	87.600	79.755	0.928	0.427	0.119	3.58	No
5	5.00	91.500	81.693	0.925	0.421	0.121	3.48	No
6	5.20	95.500	83.732	0.922	0.594	0.123	4.83	No
7	5.40	99.500	85.771	0.919	0.586	0.125	4.70	No
8	5.60	103.500	87.809	0.916	0.579	0.126	4.58	No
9	5.80	107.500	89.848	0.913	0.571	0.128	4.47	No
10	6.00	111.500	91.887	0.910	0.564	0.129	4.36	No
11	6.20	115.500	93.925	0.907	0.557	0.130	4.27	No
12	6.40	119.500	95.964	0.904	0.550	0.132	4.18	No
13	6.60	123.500	98.003	0.901	0.543	0.133	4.09	No
14	6.80	127.500	100.041	0.898	0.537	0.134	4.01	No
15	7.00	131.500	102.080	0.895	0.530	0.135	3.93	No
16	7.20	135.500	104.119	0.892	0.524	0.136	3.86	No
17	7.40	139.500	106.157	0.889	0.518	0.137	3.79	No
18	7.60	143.500	108.196	0.886	0.512	0.137	3.72	No
19	7.80	147.500	110.235	0.883	0.506	0.138	3.66	No
20	8.00	151.500	112.273	0.880	0.500	0.139	3.60	No
21	8.20	155.500	114.312	0.877	0.495	0.140	3.54	No
22	8.40	159.500	116.351	0.874	0.489	0.140	3.49	No
23	8.60	163.500	118.389	0.871	0.484	0.141	3.44	No
24	8.80	167.500	120.428	0.868	0.479	0.141	3.39	No
25	9.00	171.500	122.467	0.865	0.474	0.142	3.34	No
26	9.20	175.500	124.505	0.862	0.469	0.142	3.30	No
27	9.40	179.500	126.544	0.859	0.464	0.143	3.25	No
28	9.60	183.500	128.583	0.856	0.459	0.143	3.21	No
29	9.80	187.500	130.621	0.853	0.454	0.143	3.17	No
30	10.00	191.500	132.660	0.850	0.450	0.144	3.13	No
31	10.20	195.500	134.699	0.847	0.445	0.144	3.10	No
32	10.40	199.500	136.737	0.844	0.441	0.144	3.06	No
33	10.60	203.500	138.776	0.841	0.436	0.144	3.02	No
34	10.80	207.500	140.815	0.838	0.432	0.144	2.99	No
35	11.00	211.500	142.854	0.835	0.428	0.145	2.96	No
36	11.20	215.500	144.892	0.832	0.424	0.145	2.93	No
37	11.40	219.500	146.931	0.829	0.420	0.145	2.90	No
38	11.60	223.500	148.970	0.826	0.416	0.145	2.87	No
39	11.80	227.500	151.008	0.823	0.412	0.145	2.84	No
40	12.00	231.500	153.047	0.820	0.408	0.145	2.81	No
41	12.20	235.500	155.086	0.817	0.405	0.145	2.79	No
42	12.40	239.500	157.124	0.814	0.401	0.145	2.76	No
43	12.60	243.500	159.163	0.811	0.397	0.145	2.74	No
44	12.80	247.500	161.202	0.808	0.394	0.145	2.71	No
45	13.00	251.500	163.240	0.805	0.390	0.145	2.69	No
46	13.20	255.500	165.279	0.802	0.387	0.145	2.67	No
47	13.40	259.500	167.318	0.799	0.384	0.145	2.65	No
48	13.60	263.500	169.356	0.796	0.380	0.145	2.62	No
49	13.80	267.500	171.395	0.793	0.377	0.145	2.60	No
50	14.00	271.500	173.434	0.790	0.374	0.145	2.58	No
51	14.20	275.500	175.472	0.787	0.371	0.145	2.56	No
52	14.40	279.500	177.511	0.784	0.368	0.144	2.55	No
53	14.60	283.500	179.550	0.781	0.365	0.144	2.53	No
54	14.80	287.500	181.588	0.778	0.362	0.144	2.51	No

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

### **Badia a Cerreto**

Metodo applicato: Metodi basati sull'EC8 (1998; 2003)

Le indicazioni della normativa europea sono contenute al punto 4.1.3 a cui si aggiungono ulteriori indicazioni che si possono trovare nell'appendice B della parte 5 dell'Eurocodice 8.

Secondo tale normativa si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando  $ag < 0,15$  e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10;
- contenuto di limo superiore al 10% e resistenza  $N_{1,60} > 20$ ;
- frazione fine trascurabile e resistenza  $N_{1,60} > 25$ .

In generale il metodo e' valido se  $N_{1,60} < 30$ . Per  $N_{1,60} > 30$ , i suoli sono classificati non liquefacibili (suoli granulari puliti densi).

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0.65 \frac{a_g}{g} \cdot S \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \frac{r_d}{MSF}$$

dove S è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Tabella 5 - Coefficienti di profilo stratigrafico

Categoria suolo	Spettri di Tipo 1 S (M > 5,5)	Spettri di Tipo 2 S (M ≤ 5,5)
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

Il fattore di correzione della magnitudo MSF consigliato dalla normativa è quello di Ambraseys (Tabella 1- metodo Seed Idriss).

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove SPT la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di Blake, 1997:

$$CRR = \frac{0,04844 - 0,004721 (N_{1,60})_{cs} + 0,0006136 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673 [(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248 (N_{1,60})_{cs} + 0,009578 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285 [(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714 [(N_{1,60})_{cs}]^4}$$

dove  $(N_{1,60})_{cs}$  viene valutato con il metodo proposto da Youd e Idriss (1997) e raccomandato dal NCEER:

$$(N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

dove  $N_{1,60}$  è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice  $N_m$  (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova SPT rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N C_E N_m$$

$$C_N = \left( \frac{100}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5}$$

$$C_E = \frac{ER}{60}$$

dove ER è pari al (rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico) x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato (vedi Tabella 2-metodo NTC 2008).

I parametri  $\alpha$  e  $\beta$ , invece, dipendono dalla frazione fine FC:

$$\alpha = 0 \text{ per } FC \leq 5\%$$

$$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)] \text{ per } 5\% < FC \leq 35\%$$

$$\alpha = 5 \text{ per } FC > 35\%$$

$$\beta = 1,0 \text{ per } FC \leq 5\%$$

$$\beta = [0,99 + (FC^{1.5} / 1000)] \text{ per } 5\% < FC \leq 35\%$$

$$\beta = 1,2 \text{ per } FC > 35\%$$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (CPT), i valori di resistenza alla punta misurati  $q_c$  devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100 KPa e vanno calcolati mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{P_a} \left( \frac{P_a}{\sigma_{vo}} \right)^n$$

come proposto dall'EC8, quando sono disponibili i dati provenienti da una prova CPT, si può utilizzare la seguente relazione per derivare il valore delle  $(N_{1,60})_{cs}$ :

$$\frac{(q_{c1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5$$

Il valore della resistenza a liquefazione si determina dalla relazione di Blake, 1997. Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche di rifrazione, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la relazione di Robertson et al., 1992:

$$V_{S1} = V_S \left( \frac{P_a}{\sigma_{vo}} \right)^{0,25}$$

per la resistenza alla liquefazione si utilizza la formula di Andrus e Stokoe:

$$CRR = 0,03 \left( \frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[ \frac{1}{(V_{S1})_{cs} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{cs}} \right]$$

## DATI GENERALI

Indagine di riferimento: P55 e P56

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 4.5 m

#### DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.475

Tipo Suolo: C - Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 5.5

Distanza epicentro 30 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.225

#### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)
1		0	4	18	20	1961
2		4	5	18	20	4900
3		5	6	18	20	6860
4		6	15	19	21	11767

#### EC8 (CPT) (1998)

Nr	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Resistenza alla punta qc1 (bar)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	4.70	85.000	83.039	1.097	53.772	0.964	0.118	0.068	1.737	No	6.121
2	4.90	89.000	85.077	1.084	53.124	0.963	0.116	0.069	1.680	No	6.747
3	5.10	93.000	87.116	1.071	73.498	0.961	0.160	0.064	2.521	No	2.013
4	5.30	97.000	89.155	1.059	72.653	0.959	0.158	0.065	2.446	No	2.207
5	5.50	101.000	91.193	1.047	71.836	0.958	0.157	0.066	2.376	No	2.409
6	5.70	105.000	93.232	1.036	71.046	0.956	0.155	0.067	2.311	No	2.619
7	5.90	109.000	95.271	1.025	70.282	0.955	0.153	0.068	2.251	No	2.836
8	6.10	113.100	97.409	1.013	119.225	0.953	0.267	0.077	3.477	No	0.753
9	6.30	117.300	99.648	1.002	117.878	0.952	0.263	0.078	3.379	No	0.822
10	6.50	121.500	101.887	0.991	116.575	0.950	0.259	0.079	3.289	No	0.893
11	6.70	125.700	104.125	0.980	115.315	0.949	0.256	0.080	3.205	No	0.967
12	6.90	129.900	106.364	0.970	114.096	0.947	0.253	0.081	3.126	No	1.044
13	7.10	134.100	108.603	0.960	112.913	0.946	0.249	0.082	3.053	No	1.122
14	7.30	138.300	110.841	0.950	111.767	0.944	0.246	0.083	2.985	No	1.202
15	7.50	142.500	113.080	0.940	110.655	0.943	0.243	0.083	2.921	No	1.285
16	7.70	146.700	115.319	0.931	109.576	0.941	0.241	0.084	2.861	No	1.369
17	7.90	150.900	117.557	0.922	108.528	0.940	0.238	0.085	2.804	No	1.456
18	8.10	155.100	119.796	0.914	107.509	0.938	0.236	0.086	2.751	No	1.544
19	8.30	159.300	122.035	0.905	106.518	0.937	0.233	0.086	2.700	No	1.634
20	8.50	163.500	124.273	0.897	105.555	0.935	0.231	0.087	2.652	No	1.726
21	8.70	167.700	126.512	0.889	104.616	0.933	0.228	0.088	2.606	No	1.820
22	8.90	171.900	128.751	0.881	103.703	0.932	0.226	0.088	2.563	No	1.915
23	9.10	176.100	130.989	0.874	102.813	0.930	0.224	0.089	2.522	No	2.012
24	9.30	180.300	133.228	0.866	101.945	0.926	0.222	0.090	2.483	No	2.110
25	9.50	184.500	135.467	0.859	101.100	0.920	0.220	0.090	2.445	No	2.210
26	9.70	188.700	137.705	0.852	100.274	0.915	0.218	0.091	2.409	No	2.311
27	9.90	192.900	139.944	0.845	99.469	0.910	0.216	0.091	2.375	No	2.414
28	10.10	197.100	142.183	0.839	98.683	0.904	0.215	0.092	2.342	No	2.518
29	10.30	201.300	144.421	0.832	97.915	0.899	0.213	0.092	2.310	No	2.624
30	10.50	205.500	146.660	0.826	97.165	0.894	0.211	0.093	2.280	No	2.730
31	10.70	209.700	148.899	0.820	96.432	0.888	0.210	0.093	2.251	No	2.839
32	10.90	213.900	151.137	0.813	95.715	0.883	0.208	0.094	2.223	No	2.948
33	11.10	218.100	153.376	0.807	95.014	0.878	0.206	0.094	2.195	No	3.059

34	11.30	222.300	155.615	0.802	94.328	0.872	0.205	0.094	2.169	No	3.170
35	11.50	226.500	157.854	0.796	93.657	0.867	0.203	0.095	2.144	No	3.283
36	11.70	230.700	160.092	0.790	93.000	0.862	0.202	0.095	2.120	No	3.397
37	11.90	234.900	162.331	0.785	92.356	0.856	0.201	0.096	2.096	No	3.513
38	12.10	239.100	164.570	0.780	91.726	0.851	0.199	0.096	2.074	No	3.629
39	12.30	243.300	166.808	0.774	91.108	0.846	0.198	0.096	2.052	No	3.747
40	12.50	247.500	169.047	0.769	90.503	0.840	0.197	0.097	2.030	No	3.865
41	12.70	251.700	171.286	0.764	89.909	0.835	0.195	0.097	2.010	No	3.985
42	12.90	255.900	173.524	0.759	89.328	0.830	0.194	0.098	1.990	No	4.105
43	13.10	260.100	175.763	0.754	88.757	0.824	0.193	0.098	1.970	No	4.227
44	13.30	264.300	178.002	0.750	88.197	0.819	0.192	0.098	1.951	No	4.349
45	13.50	268.500	180.240	0.745	87.648	0.814	0.190	0.099	1.933	No	4.473
46	13.70	272.700	182.479	0.740	87.108	0.808	0.189	0.099	1.915	No	4.597
47	13.90	276.900	184.718	0.736	86.579	0.803	0.188	0.099	1.898	No	4.723
48	14.10	281.100	186.956	0.731	86.059	0.798	0.187	0.099	1.881	No	4.849
49	14.30	285.300	189.195	0.727	85.548	0.792	0.186	0.100	1.864	No	4.977
50	14.50	289.500	191.434	0.723	85.047	0.787	0.185	0.100	1.848	No	5.105
51	14.70	293.700	193.672	0.719	84.554	0.782	0.184	0.100	1.833	No	5.234

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO

Le aree di studio sono inserite nel territorio del Comune di Gambassi Terme (Città Metropolitana di Firenze). Posto nel settore occidentale della Provincia di Firenze al confine con quella di Pisa e con quella di Siena, il territorio comunale di Gambassi Terme si colloca in corrispondenza dei rilievi collinari della porzione occidentale della Val d'Elsa e si sviluppa su una superficie di 83,15 kmq. L'area confina amministrativamente a nord con il Comune di Castelfiorentino, a nord-ovest con il Comune di Montaione, a nord-est con il Comune di Certaldo, a sud-est con il Comune di San Gimignano e a sud-ovest con il Comune di Volterra.



*Ubicazione del Comune di Gambassi Terme all'interno della Città Metropolitana di Firenze*

La morfologia del territorio comunale è chiaramente determinata dalla natura geologica e litologica dei terreni, così come dai principali eventi geomorfologici che vi si esplicano.

Infatti, il territorio comunale è divisibile in tre fasce morfologiche:

- una fascia nord orientale con quote inferiori ai 90,0 m s.l.m., caratterizzata da una morfologia pianeggiante connesse alle pianure alluvionali del Fiume Elsa e dei suoi affluenti;
- una fascia collinare che si estende dall'Elsa al Capoluogo e da questo nel settore orientale del territorio comunale, caratterizzata dalla presenza di depositi pliocenici sabbiosi e argillosi, con quote comprese tra i 50,0 m s.l.m. del fondovalle, i 350,0 m s.l.m. del Capoluogo, e i 534,0 della località Castagno;
- una porzione centrale caratterizzata da un paesaggio decisamente più aspro costituito da due dorsali affiancate di genesi strutturale e ad andamento appenninico, la dorsale di Iano – Montignoso – Poggio alle Rocche e la dorsale di Montaione – Poggio all'Agliane – Poggio del Comune, con quote comprese tra i 400 ed i 624 m s.l.m. del Poggio del Comune, che rappresenta la massima quota per questo areale.

#### 3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE

Il territorio comunale di Gambassi Terme risulta particolarmente interessante e complicato dal punto di vista geologico. Infatti è caratterizzato dalla presenza di terreni appartenenti a unità diverse che sono stati interessati

dai processi legati alla strutturazione di questo settore, nel quadro complessivo dell'orogenesi dell'Appennino settentrionale.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Gambassi Terme presenta per la maggior parte (in particolare nel settore centro orientale e settentrionale, in affioramento i terreni del bacino pliocenico del Fiume Elsa.

Questi, appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale, sono rappresentati da una serie di terreni riferibili al Ciclo Lacustre Messiniano ed al Ciclo Marino Pliocenico.

Il Neoautoctono, nella Toscana a sud dell'Arno, inizia frequentemente con depositi lacustri, spesso salmastri, che attualmente costituiscono affioramenti di limitata estensione. soprattutto ai margini delle principali depressioni neogeniche. Questi depositi, oppure, quando assenti, il complesso dei sedimenti marini, appoggiano discordanti su un substrato corrugato, costituito nell'area studiata per la maggior parte dalle Unità alloctone liguri s.l. e subordinatamente da formazioni dell'Unità Toscana.

I sedimenti marini pliocenici affiorano per ampie estensioni. Le successioni più complete e gli spessori più rilevanti si trovano all'interno di depressioni tettoniche che furono soggette ai più intensi movimenti di sprofondamento soprattutto nel Pliocene inferiore. In tale periodo e all'inizio del Pliocene medio, il mare coprì gran parte della Toscana a sud dell'Arno. In definitiva nel generale sprofondamento, che caratterizzò il periodo di massima estensione marina, si individuarono, nell'area interessata dalla trasgressione, zone a forte subsidenza (fosse o bacini) nelle quali si verificò un rapido accumulo di sedimenti e zone di subsidenza debole o nulla (dorsali), che in parte rimasero emerse. Il bacino della Val d'Elsa fu una di tali zone di sedimentazione. I litotipi fondamentali caratteristici di tale ciclo sedimentario, argille, sabbie, ciottolami e ghiaie, sono sempre collegati fra loro da passaggi laterali.

Nell'area del capoluogo e, principalmente, nella parte meridionale del Comune affiorano anche i terreni che costituiscono il substrato geologico del bacino stesso, rappresentati prevalentemente da formazioni dell'Unità tettonica ofiolitifera di Montaione e dell'Unità del Monte Gottero. In alcuni limitati settori del territorio comunale, come ad esempio a nord-ovest dell'abitato del Capoluogo e lungo il fondovalle del Rio Arnese tra le località di Varna, Catignano e Pillo affiorano formazioni appartenenti al Dominio Toscano.

### **3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI**

In dettaglio, nell'area del Comune di Gambassi Terme, si ritrova, dall'alto verso il basso stratigrafico e con nomenclatura congruente con il Progetto CARG (Cartografia Geologica Regione Toscana) e con il Continuum Territoriale Geologico della Regione Toscana:

#### **DEPOSITI ANTROPICI**

Sono terreni di origine antropica (h) individuati nelle aree urbane dei centri abitati.

#### **DEPOSITI QUATERNARI**

Sono costituiti dalle coltri detritiche riconducibili a:

- coltri di frana
- depositi alluvionali attuali (b) (*Olocene*)

- depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna) (*Olocene*)

- depositi eluvio-colluviali (b2a) (*Olocene*)

I depositi alluvionali attuali (b) sono i depositi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione, attraverso processi fluviali ordinari, costituiti da sabbie, limi e ghiaie e da depositi prevalentemente limoso sabbiosi nel caso delle pianure alluvionali minori.

I depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna) sono riconducibili a depositi di piana alluvionale, costituiti prevalentemente da ciottolati in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati.

I depositi eluvio-colluviali (b2a) sono costituiti da elementi eterometrici a granulometria minore del detrito di versante, in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti dall'alterazione del substrato ed accumulati in posto dopo breve trasporto per ruscellamento e per gravità.

### **DEPOSITI DEL PLEISTOCENE MEDIO – SUPERIORE**

Sono rappresentati dai depositi alluvionali terrazzati (bba) costituiti prevalentemente da ciottolati in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati.

Il substrato litoide del territorio comunale è costituito dalle formazioni litoidi riconducibili al Dominio Ligure (Unità tettonica ofiolitifera di Montaione e Unità del Monte Gottero) e al Dominio Toscano (Falda Toscana).

### **SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA DEL VERSANTE TIRRENICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE**

#### Conglomerati di Gambassi Terme (GAM – PLIb) (*Zanclano-Piacenziano*)

Sono conglomerati costituiti da ciottoli provenienti dalle formazioni delle Unità Liguri, in maggioranza areniti della Formazione di Montaione, calcari a Calpionelle o palombini, ofioliti. Si presentano in lenti discontinue e di limitate dimensioni che testimoniano di un rapido seppellimento sedimentario.

#### Calcareniti di S. Mariano (CMA – PLIc) (*Zanclano-Piacenziano*)

Si presentano litologicamente in modo vario, tra le sabbie poco cementate e le calcareniti. Lo spessore complessivo è sempre molto modesto, contenuto entro i 25 m.

#### Sabbie di San Vivaldo (SSV-PLIs) (*Zanclano-Piacenziano*)

Sono depositi trasgressivi alla base delle successioni plioceniche che, nell'area in esame, presentano una tessitura prevalentemente sabbioso-limosa di colore giallastro. Vi sono intercalati sottili livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia; talvolta si rinvengono livelli da debolmente cementati a cementati (areniti), talora fossiliferi. Da un punto di vista paleoambientale, la litofacies è da ritenersi legata ad un ambiente marino prossimale. La giacitura della formazione è sub-orizzontale con blande ondulazioni, meglio visibili in corrispondenza del contatto con i livelli arenitici, che mostrano in genere inclinazioni non superiori ai 3-5° ed immersioni generalmente verso NNW.

#### Argille Azzurre (FAA) (*Zanclano-Piacenziano*)

Argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure, localmente fossilifere (in prevalenza molluschi). Nell'area in esame, localmente intercalati, sono presenti livelli decimetrici di sabbie limose grigie talora cementate o debolmente cementate. L'ambiente di deposizione è marino mai molto profondo. Anche per le Argille Azzurre la giacitura della formazione è suborizzontale con blande ondulazioni, registrabili sui livelli

sabbiosi cementati, che mostrano anch'esse inclinazioni in genere non superiori ai 3-5° con immersione analoga alle sabbie sopra e sottostanti.

Argille Azzurre (FAAb) (Zanclano-Piacenziano)

Argille sabbiose, limi e argille siltose con intercalazioni sabbiose, con presenza di fossili marini (in prevalenza molluschi) e giacitura generalmente sub-orizzontale.

## **DOMINIO LIGURE – UNITÀ TETTONICA OFIOLITIFERA DI MONTAIONE**

- Formazione di Montaione (MIO) (Cretaceo Superiore)

Si tratta di arenarie calcarifere gradate, marne grigie compatte e argilliti nerastre; spesso anche le marne sono gradate ed hanno la base calcarenitica. All'interno della formazione si intercalano banchi di arenarie e breccie poligeniche ofiolitico - calcaree, a pasta ofiolitica o argillitica. All'interno della Formazione si possono riconoscere livelli di breccie ed olistoliti (MIOb).

## **DOMINIO LIGURE – UNITÀ DEL MONTE GOTTERO**

Nell'unità si può distinguere una copertura sedimentaria ed un substrato ofiolitico.

Le ofioliti possono essere suddivise in tre gruppi: Serpentiniti (ultramafiti del mantello), Gabbri e Basalti (diabase), attribuibili tutte al Giurassico.

- Serpentiniti (PRN)

Rocce metamorfiche di colore da verde scuro a nero-bluastro, a composizione ultrabasica. Sono composte in prevalenza di serpentini ed altri silicati di magnesio. Spesso profondamente alterate, assumono allora colori più chiari e divengono più friabili, vacuolari, e di aspetto superficiale terroso.

- Gabbri (GBB)

Rocce intrusive basiche di colore grigio-verdastro, a cristalli ben sviluppati. I costituenti essenziali sono plagioclasti ricchi in calcio e minerali femici: pirosseni, anfiboli e olivine. Varie fasi di metamorfismo oceanico hanno interessato il complesso.

- Basalti (BRG)

Rocce eruttive basiche di colore dal rosso scuro al nero a composizione analoga a quella dei gabbri e basalti, subvulcanica, con plagioclasti calcici abbondanti, pirosseni, più raramente olivina. Sono prevalentemente costituiti da pillow-lave, pillow-breccie e ialoclastiti.

La successione delle formazioni che compongono la copertura sedimentaria è costituita da:

- Diaspri (DSA) (Giurassico)

Radiolariti rappresentate da alcune decine di metri di straterelli silicei, colore rosso fegato, con sottilissimi interstrati argillitici; localmente vi sono stati notati caratteri di risedimentazione.

- Calcarei a Calpionelle (CCL) (Cretaceo Inferiore – Giurassico)

Calcarei compatti biancastri a Calpionelle, con rare liste e noduli di selce. Localmente sottili livelli di argille grigie. .

- Argille a Palombini (APA) (Cretaceo Inferiore).

Argilliti, argilliti siltose e marne, finemente folietate, alle quali sono intercalati strati di calcari silicei a grana finissima, di spessore non superiore al metro ("Palombini"). Subordinatamente compaiono arenarie calcareo – quarzose, ricche di fillosilicati, a cemento in prevalenza carbonatico.

## **DOMINIO TOSCANO – UNITA' DELLA FALDA TOSCANA**

- Scaglia Toscana – Membro delle Marne del Sugame (STO2) (*Cretaceo inferiore-Paleogene*)

Sono principalmente rappresentate da marne calcaree omogenee, talora bioturbate, in banche spesse a stratificazione indistinta e di colore da rossastro a grigio-avana giallastro. Subordinatamente si rilevano livelli di calcari marnosi e, talora, intercalazioni di calcareniti.

- Macigno (MAC) (*Oligocene superiore-Miocene basale*)

Arenarie torbiditiche quarzoso feldspatico micacee, con gradazione ben evidente, di colore grigio, marroni giallastre per alterazione, a granulometria generalmente da media a grossolana, in strati spessi con intercalazioni di sottili livelli di peliti siltose color grigio scuro o rossastre. Talora si hanno intercalazioni decimetriche-metriche di calcilutiti marnose, marne calcaree e di argilliti nerastre.

### **3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE**

Da un punto di vista geomorfologico il territorio comunale è talora interessato sia da forme e processi di erosione idrica e del pendio, sia da forme e processi dovuti a gravità, nonché da forme di origine artificiale (antropica).

Per quanto riguarda la prima tipologia sono presenti forme di denudazione ed erosione (orlo di scarpata fluviale o di terrazzo, orlo rimodellato di scarpata o debole rottura di pendio aree soggette ad erosione superficiale). Tra le forme e i processi dovuti a gravità si ha la presenza di forme di denudazione (aree in frana e aree instabili per soliflusso generalizzato). Infine si hanno forme antropiche (artificiali) costituite da orli di scarpata di origine antropica, argini artificiali, rilevati stradali e ferroviari, cave.

Il territorio del Comune di Gambassi Terme è, come già accennato, caratterizzato dalla presenza di zone mediamente acclivi accanto ad altre dalla morfologia decisamente più acclive; queste differenze, così come le diverse forme prodotte dagli agenti esogeni ed endogeni, sono in relazione alla diversa natura del substrato geologico.

L'indagine geomorfologica si propone, attraverso un'analisi delle forme del paesaggio, di individuare i processi morfogenetici che agiscono nell'area e che nel loro insieme costituiscono la dinamica morfologica.

Senza dubbio questa caratterizzazione fornisce un'ampia gamma di informazioni (dagli aspetti puramente fisici all'assetto delle forme naturali ed antropiche), ma nell'ambito della pianificazione territoriale lo scopo da perseguire è quello di valutare i processi di maggiore rilievo e la loro influenza sull'ambiente.

E' importante sottolineare che dalla lettura geomorfologia del territorio si devono ricavare non solo le informazioni sulle situazioni di degrado in atto, ma anche le correlazioni fra i vari elementi del paesaggio, che consentono di prevedere le dinamiche evolutive dell'ambiente.

La potenzialità previsionale geomorfologica deve venire usata e sviluppata nel modo più opportuno per ottenere una migliore gestione del territorio.

Lo studio geomorfologico del territorio, infatti, fornisce una grande quantità di informazioni utili per valutare lo stato della dinamica morfologica dell'area e per prevedere la sua evoluzione nel periodo immediatamente successivo allo studio stesso.

Il quadro geomorfologico è stato analizzato in base ad osservazioni stereoscopiche di aerofotogrammi diacronici relativi a differenti voli eseguiti in periodi successivi a partire dal 1982, congiuntamente all'analisi critica dei documenti presenti per l'area di interesse, la comparazione tra dati provenienti da diverse fonti e in base alla verifica puntuale mediante il rilevamento sul campo.

I documenti presi in esame consistono nelle cartografie del piano strutturale vigente al momento dei rilievi, i dati geomorfologici forniti dal Servizio Geologico – ISPRA, la banca dati frane ed i dati geomorfologici della Regione Toscana (BD\_Frane, BD\_Geom), la banca dati frane ISPRA (Progetto IFFI), i dati relativi al “Censimento delle aree in dissesto da frana” allestito da parte della Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Le notazioni ricavate dalla fotointerpretazione e dall’analisi critica dei dati bibliografici sono state verificate in campagna ed integrate a mezzo rilevamento geomorfologico

Prima di passare all’analisi dei processi morfogenetici ed alle relative forme, è opportuno specificare la distinzione che è stata adottata in cartografia per quanto riguarda le forme attive e quiescenti e le forme inattive. E’ da sottolineare che la chiave interpretativa adottata è stata scelta in base agli obiettivi da raggiungere, ossia ottenere uno strumento valido per valutare lo stato del territorio ed individuare dove intervenire per risanare o prevenire eventuali dissesti e dove, invece, prevedere nuove espansioni urbanistiche.

Per **fenomeni attivi** si intendono quelli in continua evoluzione, le cui dinamiche e modificazioni possono essere registrate in breve intervallo temporale; si tratta quindi di fenomeni che non hanno raggiunto condizioni di equilibrio. Questi possono alternare periodi di massima dinamica a periodi di inattività temporanea generalmente legati al ciclo stagionale. Si citano ad esempio l’azione erosiva delle acque incanalate, oppure fenomeni legati alla dinamica gravitativa sui versanti del tipo "soliflusso", che mostrano diversa velocità nei vari periodi dell’anno.

Le **forme "quiescenti"** sono quelle la cui evoluzione non è legata al ciclo stagionale, ma si sviluppa secondo tempi di ricorrenza più lunghi. Infatti tali fenomenologie, pur non avendo raggiunto una situazione di equilibrio o stabilità, possono rimanere temporaneamente inattive anche per lunghi periodi come nel caso delle “paleofrane con tracce di instabilità”. Gran parte di tali frane non ha subito sostanziali evoluzioni negli ultimi anni, ma è facilmente prevedibile che riverificandosi eventi meteorici con precipitazioni superiori alla media, si possano verificare riprese nell’attività dinamica di tali frane. Tali forme, durante il periodo di inattività, mostrano comunque indicatori tali da far ritenere una più o meno prossima ripresa del movimento.

Le **forme "inattive"** comprendono quelle fenomenologie che hanno raggiunto uno stato di equilibrio tale da far ritenere improbabili nuove evoluzioni in senso dinamico. Per tali forme non è quindi più attivo il processo morfogenetico che le ha innescate, né esistono indizi tali da far prevedere una successiva dinamica evolutiva, se non in seguito all’insorgere di nuovi fattori scatenanti.

Sulla carta geologico tecnica sono stati riportati tutti quei fenomeni geomorfologici che possono avere una particolare importanza ai fini dell’analisi della stabilità delle aree in esame e della valutazione degli effetti della risposta sismica locale.

In particolare sono state individuate:

- *forme, processi e depositi gravitativi di versante;*
- *forme, processi e depositi per acque correnti superficiali;*
- *forme, processi e depositi antropici e manufatti.*

Le principali forme di pendio comprendono le superfici e le scarpate di origine strutturale o litologica, le scarpate di degradazione, i ruscellamenti diffusi, i movimenti franosi, distinti ove possibile nelle varie parti che li compongono (nicchia di distacco, corpo della frana e zona di accumulo) ed i movimenti di massa generalizzati.

Si procede ad una breve descrizione sistematica.

### **Forme, processi e depositi gravitativi di versante**

#### **Movimenti franosi**

Sono stati suddivisi nelle parti che li compongono: nicchia di distacco/coronamento di frana/scarpata di frana, corpo della frana, zona d'accumulo. La nicchia di distacco o corona di frana, di facile individuazione in carta perché caratterizzata quasi sempre da una forma arcuata, separa a monte del fenomeno la massa in frana da quella stabile con esposizione del substrato; il corpo della frana è costituito dall'insieme dei terreni mobilizzati sottostanti la zona di distacco fino alla zona d'accumulo; la zona d'accumulo presenta struttura caotica e forma variabile a seconda della tipologia del processo e delle caratteristiche litologiche dei terreni coinvolti.

Per quanto concerne la dinamica sono state individuate:

- frane attive (**F**);
- paleofrane con tracce di instabilità o frane quiescenti (**Fq**) che evidenziano fenomeni gravitativi avvenuti in tempi passati e che mostrano chiari segni di instabilità quali contropendenze e rotture di pendio;
- paleofrane o frane antiche stabilizzate (**Fs**) avvenute in tempi passati, riconoscibili per la loro morfologia, ma tali da poter essere considerate al momento non attive. L'equilibrio così raggiunto può essere turbato, specie in funzione dei terreni presenti, da interventi antropici di modifica dei profili.

#### **Aree molto instabili per franosità diffusa**

Sono zone in cui è stata rilevata la presenza di più fenomeni franosi di svariata dimensione e tipologia; si è pertanto provveduto alla delimitazione del settore comprendente tutti i fenomeni in atto (**Fd**).

#### **Aree instabili per soliflusso generalizzato (i)**

Sono stati individuati su tratti di versante con evidenti indizi di instabilità (dossi, contropendenze, lacerazioni, ecc.) talvolta singolarmente cartografabili, ma in altri casi interessanti anche vaste porzioni di versante. Mobilizzano, generalmente, limitati spessori di coltre alteritica e/o livelli di terreno coltivo. Talora sono innescati o favoriti da intensa attività antropica.

#### **Soilcreep (ic)**

Movimenti di massa generalmente abbastanza lenti la cui dinamica interessa generalmente lo spessore di suolo ("coltivo"). Risultano periodicamente obliterati dalle lavorazioni agricole.

### **Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali**

#### **Ruscellamento diffuso**

Forme dovute ad erosione idrica superficiale in rigagnoli o foliare, periodicamente obliterate da pratiche agricole; si innescano nella parte superiore e mediana degli stessi e provocano un progressivo assottigliamento del suolo. A seconda dell'intensità e della diffusione areale caratterizzano "aree soggette ad erosione profonda" o settori "soggetti ad erosione superficiale".

#### **Erosione lineare o incanalata**

Incisioni vallive con versanti ripidi e simmetrici, generalmente prive di depositi alluvio-colluviali, sede di deflusso di acque sia permanente che temporaneo che mostrano incisioni in continuo approfondimento.

#### **Orli di scarpata fluviale o di terrazzo in erosione**

Brusche rotture di pendio al margine di superfici terrazzate; indicano fenomeni erosivi fluviali in terreni alluvionali più antichi.



### **Erosioni laterali di sponda**

Attività erosive esercitate dai corsi d'acqua sulle sponde, in particolare in corrispondenza delle anse; tali processi possono causare, a lungo andare, crolli di entità cospicua in aree ritenute ad alta stabilità perché pianeggianti.

### **Alveo con tendenza all'approfondimento (erosione incanalata)**

Incisioni vallive con versanti ripidi e simmetrici, generalmente prive di depositi alluvio-colluviali, sede di deflusso di acque sia permanente che temporaneo che mostrano incisioni in continuo approfondimento.

### **Forme, processi e depositi antropici e manufatti**

#### **Le forme ed i processi antropici**

Si tratta di forme dovute all'azione dell'uomo sul territorio, quindi rientrano in questa categoria un'ampia gamma di interventi: cave attive o inattive, dighe, rilevati e laghetti artificiali e in generale tutte le aree che per una qualsiasi ragione sono state manipolate dall'uomo.

### **3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE**

I corsi d'acqua principali di questa regione morfologica (F. Era, T. Egola, F. Elsa) sono allineati in direzione rigidamente appenninica NNW – SSE, mentre i tributari di questi corsi d'acqua risultano dispersi in molte direzioni, tuttavia con una certa prevalenza ad assumere direzione antiappenninica (cioè ortogonale alla direzione appenninica) ENE – WSW (Rio Vallese, Rio di Broccolino, T. Guaduzzo, T. Casciani, ecc.).

Tutto ciò testimonia un controllo strutturale sul reticolo idrografico, caratterizzato da una serie di blocchi che, anche in epoca recente, si sono mobilizzati secondo le due direzioni principali di sforzo tettonico (appenninico ed antiappenninico), creando delle faglie lungo i loro bordi, faglie che hanno costituito una via preferenziale per le linee di deflusso superficiale.

In generale l'idrografia dell'area, è caratterizzata da un insieme di corsi d'acqua a carattere torrentizio che incidono profondamente i rilievi, determinando la tipica configurazione a "v" delle valli minori.

Solamente nei fondovalle maggiori il rilievo risulta più maturo, con una parte pianeggiante di limitata estensione caratterizzata da una fase deposizionale, piuttosto che da una fase erosiva, con presenza anche di alcuni meandri, come nel caso del corso del Fiume Elsa presso la località di Badia a Cerreto.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nel territorio comunale di Gambassi Terme, questi risultano caratterizzati da ampie aree contraddistinte da acquiferi multifalda, generalmente a limitata produttività o da settori con modesta circolazione idrica per fratturazione in corrispondenza delle formazioni prevalentemente litoidi

In generale la circolazione idrica all'interno dei depositi marini pliocenici è fortemente condizionata dalla marcata eterogeneità litologica, prevalentemente verticale, che vede la sovrapposizione e talora l'interdigazione di orizzonti granulari a medio-alta permeabilità con livelli coesivi a basso valore di permeabilità. Questo determina la formazione di varie linee di filtrazione, concentrate negli spessori sabbioso-limosi o ghiaiosi, sostenute da letti argillosi. In un tale contesto si generano cariche idrauliche estremamente disomogenee con possibili locali condizioni di confinamento. In caso di forte alimentazione idrica, conseguente a periodi di elevato apporto meteorico, le condizioni di saturazione possono interessare l'intero spessore sedimentario con una generale livellazione del carico piezometrico alla quota del battente della falda più superficiale.

Risultano con scarsa continuità areale i settori con falde libere presenti in materiali detritici (corpi detritici e accumuli di frana principalmente) e i settori con falde presenti in materiali con granulometria da sabbie prevalenti ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini (depositi eluvio-colluviali).

Infine, risultano presenti in corrispondenza dei materassi alluvionali presenti nei fondovalle dei corsi d'acqua maggiori, gli acquiferi liberi in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti e attuali) senza o con scarsa protezione.

### **3.6 ACCLIVITA' DEI VERSANTI**

Si riportano le classi di pendenza in cui è stato suddiviso il territorio comunale, in funzione delle variazioni altimetriche e topografiche, utili per la definizione delle classi di pericolosità geologica e delle zone MOPS delle cartografie di Microzonazione.

La carta delle pendenze rappresenta, pertanto, uno strumento di primaria importanza per la realizzazione della carta della pericolosità, anche perché con il progressivo aumento delle pendenze, a parità di condizioni litotecniche e giaciture, si ha un aumento del grado di instabilità di una pendice.

Una maggiore inclinazione del versante favorisce inoltre l'erosione superficiale, con trasporto a valle del materiale detritico asportato da parte delle acque di corrivazione; per contro una inclinazione minore della pendice favorisce i processi chimico-fisici di alterazione del substrato roccioso con formazione di suolo, data la maggiore permanenza delle acque di ristagno.

In particolare sono state definite le seguenti soglie:

- fino al 15 % non si hanno in genere controindicazioni in termini di stabilità dei versanti, anche se tali zone rappresentano una percentuale minima del territorio in aree collinari e montuose;
- dal 15 % al 25 % si possono verificare stati di instabilità dinamica in litologie costituite da sabbie sciolte, argille e limi soffici e detriti, se in presenza di falda superficiale;
- dal 25 % al 35 % possono verificarsi dissesti nelle litologie sopra elencate anche non in presenza di acqua;
- oltre il 35 % questa classe caratterizza versanti molto acclivi nei quali possono verificarsi crolli o distacchi se in presenza di rocce poco cementate, alterate o fessurate sia per fenomeni fisici (gelo-disgelo), che tettonici.

#### **4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI**

Per effettuare gli studi di MS di Livello 1 e Livello 2 si è provveduto alla raccolta e all'archiviazione organizzata di dati pregressi, e alla realizzazione, a supporto degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2, di una specifica e inedita campagna di indagini (cfr. relazione sulle indagini geofisiche svolte nel novero delle attività correlate al presente studio con le relative certificazioni e/o elaborazioni rappresentative), eseguita nel giugno 2019.

Le Carte delle indagini mostrano nel dettaglio, per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le prove eseguite precedentemente al presente studio reperibili da fonti "bibliografiche" e/o banche dati, nonché l'ubicazione delle indagini geofisiche all'uopo realizzate su indicazione del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica come supporto al presente studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 (cfr. relazione sulle indagini geofisiche svolte nel novero delle attività correlate al presente studio con le relative certificazioni e/o elaborazioni rappresentative).

La nomenclatura delle diverse tipologie di indagine ubicate sulla CTR, è stata definita sulla base delle indicazioni riportate al par. 1.1.1. degli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica".

La raccolta dei dati esistenti si è basata sull'acquisizione, laddove reperibili, di stratigrafie relative a pozzi e sondaggi, di certificati di prove penetrometriche dinamiche e statiche, di indagini geofisiche (prove di sismica a rifrazione, prove down-hole, MASW, HVSR e stendimenti geoelettrici già realizzati nelle zone di studio).

Si citano di seguito le fonti di reperimento dei dati raccolti nel citato "data base" (per i dati di base da bibliografia):

- Studi geologici e geomorfologici di dettaglio, commissionati dalla Amministrazione Comunale, a supporto alla progettazione di opere di opere pubbliche e/o interventi infrastrutturali;
- Data base della Regione Toscana delle indagini di sottosuolo;
- Data base ISPRA relativamente a stratigrafie di pozzi idrici profondi;
- Archivi comunali in merito alle pratiche urbanistiche, edilizie e lavori pubblici.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con le relative risultanze stratigrafiche e talora analisi geotecniche di laboratorio;
- n. 2 terebrazioni di pozzi per la ricerca di acqua sotterranea;
- n. 3 prove penetrometriche statiche;
- n. 3 indagini Masw per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la categoria sismica di sottosuolo secondo le N.T.C. 2008.
- n. 3 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSR), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell'eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

Per la predisposizione degli studi di *Microzonazione Sismica di Livello 2* è stato necessario realizzare una specifica campagna di indagini geofisiche, ad integrazione della campagna di indagine realizzata a supporto del R.U.C., la cui distribuzione all'interno delle frazioni ed ubicazione in relazione alle problematiche da indagare è stata concordata con i funzionari del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica.

Questa campagna è consistita nell'esecuzione di:

- n. 3 linee di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  nel sottosuolo, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso;
- n. 3 prove Masw per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la categoria sismica di sottosuolo secondo le N.T.C. 2008;
- n. 3 prove di array sismico con metodo Esac per la valutazione delle velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo;
- n. 51 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell'eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

Si fornisce il dettaglio delle indagini appositamente eseguite con la loro distribuzione nelle varie frazioni, a corredo degli studi di Microzonazione Sismica.

Gambassi Terme Capoluogo:

- n. 2 prove Masw;
- n. 2 prove di array sismico con metodo Esac;
- n. 19 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Gambassi Terme	L5				X	
	L8				X	
	P1	X				
	P2	X				
	P3	X				
	P4	X				
	P5	X				
	P6	X				
	P7	X				
	P8	X				
	P9	X				
	P10	X				
	P11	X				
	P12	X				
	P13	X				
P14	X					

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
	P15	X				
	P16	X				
	P17	X				
	P18	X				
	P19	X				
	P53				X	

Case Nuove - Pillo:

- n. 2 linee di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 19 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Case Nuove - Pillo	L1		X			
	L2		X			
	P20	X				
	P21	X				
	P22	X				
	P23	X				
	P24	X				
	P25	X				
	P26	X				
	P27	X				
	P28	X				
	P29	X				
	P30	X				
	P31	X				
	P32	X				
	P33	X				
	P34	X				
	P35	X				
	P36	X				
P37	X					
P38	X					

Catignano - Varna:

- n. 5 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSr	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Catignano - Varna	P39	X				
	P40	X				
	P41	X				

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
	P42	X				
	P43	X				

Badia a Cerreto:

- n. 1 linea di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH;
- n. 1 prove Masw;
- n. 1 prove di array sismico con metodo Esac;
- n. 8 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Badia a Cerreto	L3		X			
	L4				X	
	P44	X				
	P46	X				
	P47	X				
	P48	X				
	P49	X				
	P50	X				
	P51	X				
	P52				X	
	P56	X				

Inoltre sono state ricavate dall'archivio dei dati di base a disposizione dell'amministrazione Comunale le seguenti indagini per ciascuna località.

Gambassi Terme Capoluogo:

- n. 1 prova Masw;
- n. 2 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Gambassi Terme	L8				X	
	P58	X				
	P61	X				

Case Nuove - Pillo:

- n. 1 prova Masw.

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH

Località Case Nuove - Pillo	Id indagine L9	Tipologia Indagine				
					X	
					X	

### Badia a Cerreto

- n. 1 prova Masw;

- n. 1 prospezione geofisica con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR).

Località	Id indagine	Tipologia Indagine				
		HVSR	Rifrazione P+Sh	ESAC	MASW	DH
Badia a Cerreto	L7				X	
	P56	X				

L'ubicazione di tali indagini all'interno delle frazioni, in relazione alle problematiche da indagare, è mostrata nelle sopra citate cartografie, mentre per le risultanze si rimanda agli elaborati ed allegati contenuti nella relazione sulle indagini geofisiche svolte nel novero delle attività correlate al presente studio con le relative certificazioni e/o elaborazioni rappresentative.

Di seguito si riporta una tabella con i risultati delle prove HVSR appositamente eseguite per gli studi di livello 2.

Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2	
Gambassi Terme	P1	16,29		4,17		A1		
	P2	13,04		2,32		A1		
	P3	4,14		2,62		A1		
	P4	5,83		3,32		A1		
	P5	6,95		4,54		A1		
	P6	4,3		2,12		A1		
	P7	13,87		3,36		A1		
	P8	22,1		2,68		A1		
	P9	7,47		3,04		A1		
	P10	4,25		2,19		A1		
	P11	26,81		2,04		A1		
	P12	5,82		3,17		A1		
	P13	Nessun picco					A2	
	P14	Nessun picco					A2	
	P15	Nessun picco					A2	
	P16	21,51		4,01		A1		
	P17	Nessun picco					A2	
	P18	22,04		3,08		A1		
	P19	Nessun picco					A2	
Case Nuove - Pillo	P20	19,1		2,16		A1		
	P21	Nessun picco					A2	
	P22	14,97		2,49		A1		
	P23	Nessun picco					A2	
	P24	Nessun picco					A2	
	P25	Nessun picco					A2	



Località	Sigla Indagine	F0 Picco 1	F0 Picco 2	A Picco 1	A Picco 2	Classe Picco 1	Classe Picco 2
	P26	Nessun picco				A2	
	P27	3,76		2,25		A1	
	P28	Nessun picco				A2	
	P29	3,91		2,06		A1	
	P30	Nessun picco				A2	
	P31	2,92		2,46		A1	
	P32	Nessun picco				A2	
	P33	3,03		2,08		A1	
	P34	14,52		2,2		A1	
	P35	Nessun picco				A2	
	P36	Nessun picco				A2	
	P37	2,92		2,88		A1	
	P38	Nessun picco				A2	
Catignano - Varna	P39	3,58		2,67		A1	
	P40	2,32		2,63		A1	
	P41	2,27		2,7		A1	
	P42	3,7		4,36		A1	
	P43	Nessun picco				A2	
Badia a Cerreto	P44	Nessun picco				A2	
	P45	Nessun picco				A2	
	P46	Nessun picco				A2	
	P47	Nessun picco				A2	
	P48	Nessun picco				A2	
	P49	3,47		2,38		A1	
	P50	15,04		2,15		A1	
	P51	3,63		2,38		A1	

Per ogni misura HVSR, è stata attribuita una delle seguenti 3 classi di appartenenza (cfr. relazione sulle indagini geofisiche svolte nel novero delle attività correlate al presente studio con le relative certificazioni e/o elaborazioni rappresentative):

Classe A: registrazione affidabile ed interpretabile che può essere utilizzata anche da sola;

Classe B: registrazione sospetta da utilizzare con cautela ed in presenza di altre misure ottenute nelle vicinanze;

Classe C: registrazione scadente e di difficile interpretazione.

Per ciascuna delle frazioni indagate, nel seguito del presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni centro urbano studiato, si fornisce indicazione della Classe di qualità ottenuta applicando la “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS, i cui criteri e dati di input sono riassunti nella sotto riportata tabella 1 e i cui “range” di accettabilità sono indicati nel seguente abaco per le classi A, B e C.

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75 %	Carta di livello 1 di ottima qualità

<b>B</b>	<b>50 % - 74 %</b>	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
<b>C</b>	<b>25 % - 49 %</b>	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
<b>D</b>	<b>≤ 25 %</b>	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana

Parametro	Peso Parametro	Indicatore (peso=0.33)	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico - tecnica	1	Anno rilevamento	No data	< 2000		> 2000
		Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	Ad hoc
		Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione	0.50	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche	0.50	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio	0.25	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito	0.75	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

Relativamente alle notazioni litotecniche e geotecniche, sulla scorta dei risultati degli studi geologici e geologico tecnici dell'attuale Piano Regolatore è possibile distinguere i terreni presenti nel territorio da un punto di vista litotecnico. Infatti i terreni che possono manifestare comportamento meccanico omogeneo vengono accorpati in "unità litotecniche" distinte. Per cui vengono raggruppati nella stessa unità litotecnica quei litotipi che presentano caratteristiche tecniche simili, indipendentemente dalla formazione geologica a cui appartengono, dalla posizione stratigrafica, dai relativi rapporti geometrici, seguendo quindi solamente il criterio del comportamento meccanico omogeneo.

Relativamente alla caratterizzazione geotecnica e litotecnica dei terreni, con riferimento alla descrizione geologica relativa a ciascuna formazione, individuata e distinta nelle zone di studio, è stata definita la classe di appartenenza ad "unità litologico-tecnica – U.L.T." secondo le indicazioni formulate dal Programma VEL.

Le "unità litologico tecniche", cui si fa riferimento per le formazioni geologiche riscontrate nelle aree indagate, sono state distinte in gruppi principali in base alle diverse successioni di terreni che li caratterizzano

uniformandosi alla “*Legenda per la definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.)*” del programma regionale VEL “*Istruzioni tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana*”.

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie “unità litologico-tecniche” con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.

#### **Unità litologico tecnica A**

Comprende le rocce lapidee massicce. Questo raggruppamento comprende un'unità litologico tecnica cartografata secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica A:** rocce non stratificate o con bancate di spessore superiore a 3 m. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche delle Serpentiniti (PRN), dei Gabbri (GBB), dei Baslati (β).

#### **Unità litologico tecnica B**

Si tratta di materiali lapidei stratificati o costituiti da alternanze di diversi litotipi con rapporto lapideo/pelite variabile. Questo raggruppamento comprende le unità litologico tecniche cartografate secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica B3:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo > 75%. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche delle Calcareniti di San Mariano (CMA-PLIc), della Formazione di Montaione (MIO), dei Calcari a Calpionelle (CCL), dei Diaspri (DSD), del Macigno (MAC).

- **Unità litologico-tecnica B4:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale pelitico compreso tra 25% e 75%. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche delle Argille a Palombini (APA) e delle Marne del Sugame (STO2).

- **Unità litologico-tecnica Bc:** alternanze disordinate o caotiche di livelli lapidei e pelitici, con materiale pelitico compreso tra 25% e 75%. E' riconducibile a tale unità la litofacies brecciosa e olistolitica della Formazione di Montaione (MIOb).

#### **Unità litologico tecnica C**

In questa U.L.T. sono comprese rocce e rocce deboli costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in s.s.. Questo raggruppamento comprende le unità litologico tecniche cartografate secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica C2:** conglomerati e breccie matrice-sostenuti. E' riconducibile a tale unità la formazione geologica dei Conglomerati di Gambassi (GAM-PLIb).

- **Unità litologico-tecnica C3:** sabbie cementate e arenarie deboli. E' riconducibile a tale unità la formazione geologica delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs).

#### **Unità litologico tecnica D**

In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi con consistenza elevata. Questo raggruppamento comprende un'unità litologico tecnica cartografata secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica D2:** argille. E' riconducibile a tale unità la formazione geologica delle Argille Azzurre (FAA e FAAb).

### ***Unità litologico tecnica E***

Vi sono compresi i terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituiti da materiali granulari non cementati o con lieve grado di cementazione. Per le varie granulometria può essere valutato lo stato di addensamento mediante prove manuali. Le sabbie, le breccie ed i conglomerati con grado di cementazione medio basso ricadono nella unità "C". Il limite fra le unità litologiche "C" ed "E" può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

- **Unità litologico-tecnica E2:** ghiaie (elementi lapidei compresi mediamente tra 2 – 60 mm). Si tratta di materiali granulari a prevalente composizione ghiaiosa. Ne fanno parte i depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna) di natura ghiaiosa e i depositi alluvionali terrazzati (bnb).

- **Unità litologico-tecnica E3:** sabbie (granuli di dimensioni comprese tra 2 mm e 0.06 mm). Si tratta di materiali granulari a prevalente composizione sabbiosa. Ne fanno parte i depositi alluvionali attuali (b), i depositi detritici di versante (aa), i depositi eluvio-colluviali (b2a) e i depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna) di natura sabbiosa.

I depositi antropici, data la loro eterogeneità granulometrica non sono stati attribuiti a una specifica Unità Litologico Tecnica ma vengono evidenziati nella cartografia con una specifica simbologia e sigla (h).

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Viene definito come modello del sottosuolo “una rappresentazione tridimensionale approssimata di una porzione di sottosuolo, nella quale devono essere distinguibili gli elementi qualitativi e quantitativi necessari per il suo impiego nelle valutazioni funzionali alla specifica applicazione. Metodologicamente è il risultato di un processo interattivo e iterativo di trattamento di dati provenienti da diverse fonti informative, riconducibili a specifiche aree disciplinari: geologia, geofisica e geotecnica”.

In sintesi, il processo è indirizzato e finalizzato alla definizione del minimo numero di parametri necessari a fornire una ricostruzione di Unità Omogenee, cioè quelle unità caratterizzate da valori simili dei parametri rilevanti ai fini dello studio. Il processo prevede di passare da unità strettamente litologiche a unità caratterizzate da parametri geotecnici e geofisici simili.

In particolare, si devono definire per le diverse unità:

- le geometrie e i limiti superiori, laterali e inferiori; in particolare, è importante stabilire il rapporto stratigrafico tra i terreni di copertura e il substrato geologico, per definire l'andamento morfologico del tetto del substrato geologico sepolto;
- l'assetto strutturale degli ammassi rocciosi ed eventualmente delle formazioni fortemente sovracconsolidate e/o cementate;
- le proprietà fisiche e meccaniche, sebbene secondo le loro intrinseche variazioni e valutazioni di incertezza;
- la posizione delle falde acquifere e le loro eventuali oscillazioni, con definizione delle condizioni idrodinamiche e di pressione interstiziale.

Il processo di costruzione del modello del sottosuolo è partito, quindi, dalla ricostruzione dell'assetto geologico-geomorfologico e strutturale dell'area indagata, effettuato sia mediante cartografie già a disposizione e redatte in passato, come la Carta Geologica Regionale (1:10.000), la Carta Geologica del P.R.G., ecc..., sia attraverso un'inedita revisione con rilievi di campagna.

Tutta l'informazione geologica acquisita, coadiuvata dai dati geotecnici e geofisici, è stata tradotta in un modello, sintetizzato nelle Carte Geologico Tecniche, fornite in scala 1:5.000, riguardanti i settori del territorio del Comune di Gambassi Terme scelti per gli studi di Microzonazione Sismica.

L'insieme dei dati geologici finalizzati a definire modelli del sottosuolo, particolarmente inerenti alla Microzonazione Sismica, hanno consentito di:

- distinguere il substrato geologico dai terreni di copertura;
- definire le loro geometrie;
- individuare, nei terreni di copertura, le aree soggette a fenomeni di instabilità dei versanti;
- individuare le criticità geomorfologiche.

Ai dati di superficie sono stati aggiunti i dati prelevati in profondità con le indagini geognostiche:

- successioni litostratigrafiche;
- contatto terreni di copertura – substrato geologico.

Inoltre, come riportato al precedente capitolo sono stati trattati i dati e gli aspetti di carattere geotecnico e geofisico delle varie UO riconosciute.

## **6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE**

La finalità delle indagini geotecniche negli studi di Microzonazione Sismica è pervenire alla conoscenza dettagliata dello stato del sito e dei terreni presenti nell'area in funzione di un evento sismico attraverso lo studio delle condizioni naturali del terreno in sito mediante indagini geognostiche, prove geotecniche in sito e di laboratorio e di indagini geofisiche, che devono contribuire a definire tutte le caratteristiche morfologiche, stratigrafiche, idrogeologiche, e che, soprattutto, devono identificare il comportamento dinamico dei vari terreni presenti nel sito, assegnando dei valori ai parametri dinamici indispensabili per la valutazione della risposta del sito mediante modelli analitici e numerici.

Il programma delle indagini geotecniche va perciò commisurato sia al problema nonché ai modelli di calcolo di analisi numerica.

Pertanto, ad esempio, dovranno essere eseguite specifiche indagini per la valutazione della velocità delle onde sismiche, indagini per la caratterizzazione dinamica dei terreni finalizzate alla definizione dell'analisi di risposta sismica locale, indagini in sito per la valutazione del potenziale di liquefazione, indagini finalizzate alla determinazione dei parametri residui in caso di analisi di stabilità di pendii.

Le incertezze del modello geologico (e geologico-tecnico) ricostruito sono principalmente legate alla mancanza di indagini geognostiche spinte a profondità tali da avere una maggior conoscenza della successione stratigrafica del substrato geologico al fine di evidenziare eventuali variazioni di litofacies in corrispondenza dei contrasti di impedenza riconosciuti dalle indagini HVSR effettuate.

Inoltre dovranno essere implementate le conoscenze relative ai parametri geotecnici desunti da indagini in situ e di laboratorio.

Oltre alle prove geotecniche e indagini in situ dovranno essere realizzate prove geofisiche finalizzate sia alla ricostruzione sismostratigrafica del territorio (i.e. mediante l'esecuzione di indagini di sismica a rifrazione in onde P) sia alla determinazione dei valori di  $V_s$  (i.e. indagini Down-Hole, Masw, ecc...).

Infine, data la categoria granulometrica del fondo, in prima analisi (lettura ed interpretazione delle descrizioni presenti nelle stratigrafie) sembrerebbero esclusi fenomeni di liquefazione. Le indagini geotecniche di cui si è accennato in precedenza (prove CPT, analisi granulometriche, limiti di Atterberg, ecc...) dovranno chiarire e garantire l'eventuale assenza di questa tipologia permanente di deformazione in caso di sisma.

## **7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI**

Per una completa ed esaustiva trattazione delle indagini geofisiche svolte, della loro elaborazione e dei risultati conseguiti si rimanda all'allegata relazione contenente le indagini geofisiche svolte, nel novero del presente studio, per la caratterizzazione sismica e propedeutiche alla redazione della cartografia MOPS di Livello 1 e della Carta di Microzonazione Sismica di Livello 2.

## 8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli studi di Microzonazione Sismica Comunale (di seguito MS) svolti per il Comune di Gambassi Terme sono stati condotti secondo le indicazioni formulate dal Settore Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica nel rispetto degli “Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica Nazionale” (di seguito ICMS, versione 4.1) e delle specifiche tecniche regionali per la microzonazione sismica approvate con Deliberazione di G.R.T. n. 144/2015. Nei citati ICMS vengono definite le procedure, le metodologie di analisi al fine di individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Nello specifico la MS individua e caratterizza:

- Le **Zone Stabili**, sono zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- Le **Zone Stabili Suscettibili di Amplificazione Sismica**, sono le zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- Le **Zone di Attenzione per Instabilità**, sono le zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali e sovrapposizione di differenti fenomeni di instabilità).

Per la definizione delle zone e della loro perimetrazione si rimanda a quanto definito al par. 1.1.3 e 1.1.4 degli standard ICMS (versione 4.1).

Gli studi di MS rivestono una notevole importanza nella pianificazione territoriale, fornendo una base conoscitiva della pericolosità sismica locale, al fine di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico a varie scale, orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti, definire gli interventi ammissibili in una determinata area, programmare le indagini e i livelli di approfondimento, stabilire orientamenti, modalità e priorità di intervento nelle aree urbanizzate.

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, possono essere effettuati n. 3 livelli di approfondimento, con complessità e impegno economico crescente.

In particolare possono essere predisposti i seguenti livelli:

- il **livello 1** è un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste esclusivamente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle “Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)”;
- il **livello 2** è un livello successivo in cui si introduce l’elemento quantitativo associato alle zone omogenee mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato (abachi regionalizzati, modellazione 1D, leggi empiriche) e l’esecuzione di ulteriori e più mirate indagini. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della “Carta di Microzonazione Sismica”;



- il **livello 3** rappresenta il livello più approfondito che permette di giungere ad una microzonazione approfondita del territorio basata su metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della “Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti”.

**Per la Microzonazione Sismica del Comune di Gambassi Terme sono stati eseguiti sia gli studi di Livello 1 che gli studi di Livello 2.**

Ciascuno dei livelli di approfondimento prevede una serie di adempimenti come sotto elencati e dettagliati nella tabella riassuntiva al fine della definizione del quadro conoscitivo minimo che debba essere raggiunto per ogni livello sulla scorta delle indicazioni contenute negli ICMS:

- la realizzazione di opportune indagini geologiche, geofisiche e geotecniche al fine di definire il quadro conoscitivo;
- l’effettuazione di opportune analisi ed elaborazioni;
- la predisposizione di risultati finali.

**INDAGINI MINIME** Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell’area: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi;  
Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;  
Nuove indagini: Esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geotecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 1;  
Misura passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.

**ANALISI ED ELABORAZIONI** Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili;  
Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici.

**PRODOTTI FINALI** Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione);  
Carta geologico-technica per la microzonazione sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;  
Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;  
Relazione tecnica illustrativa della carta MOPS;  
Carta delle frequenze fondamentali dei depositi.

*Sintesi del quadro conoscitivo del livello 1*

**INDAGINI MINIME** Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell’area: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi;  
Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;  
Nuove indagini: Esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geotecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 2;  
Misura passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.  
Stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e Sh

**ANALISI ED ELABORAZIONI** Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili;  
Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici.

**PRODOTTI FINALI** Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione);  
Carta di Microzonazione Sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000, rappresentative dei parametri di FA, in termini di pseudoaccelerazione, corrispondenti ai periodi 0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1 s;  
Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) con eventuali modifiche; almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;  
Relazione tecnica illustrativa della Carta MOPS e di Microzonazione Sismica.

*Sintesi del quadro conoscitivo del livello 2*

Il Livello 1 può quindi essere caratterizzato essenzialmente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Le finalità degli studi di MS di livello 1 sono:

- individuare qualitativamente le aree che necessitano di approfondimenti;
- definire le tipologie di effetti attesi;
- individuare il modello geologico di sottosuolo preliminare.

Il principale elaborato previsto in questo livello è la **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**. Questa carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di alcune tipologie di dati geofisici, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.). Di particolare importanza a questo scopo risulta la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area, l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido (ovvero dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti) accompagnata da una stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna (del tipo: "qualche metro", "una decina di metri", "alcune decine di metri", "oltre i 100 metri"), una stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso (del tipo: "alto" o "basso"). Di particolare importanza sarà l'individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte potenzialmente in grado di causare inversioni della velocità di propagazione delle onde di taglio ed effetti di RSL bi- e tri-dimensionali.

Pertanto, per acquisire tali informazioni di tipo semiquantitativo al fine di consentire la predisposizione della cartografia delle *Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)* si è provveduto alla acquisizione, oltre alle informazioni già previste al par. 1.1.3 degli ICMS (versione 4.1), dei risultati di indagini geofisiche utili alla ricostruzione geometrica dei corpi sepolti (sismica a rifrazione, ERT, gravimetria, ecc.) e alla individuazione di eventuali contrasti di impedenza sismica e possibili fenomeni di risonanza (campagne di misura delle frequenze naturali di sito da vibrazioni ambientali o da terremoti).

Per meglio rappresentare queste caratteristiche la carta dovrà essere corredata da sezioni geolitologiche rappresentative della situazione lito-stratigrafica e strutturale presente.

Attraverso questo livello, quindi, sarà possibile:

- la definizione delle caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo;
- l'individuazione delle aree a minore pericolosità locale (zone stabili);
- l'individuazione delle aree per le quali sono necessari ulteriori livelli di approfondimento;
- definire il livello di approfondimento richiesto nelle aree che necessitano di approfondimenti;
- la programmazione di indagini di approfondimento, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi.

Per la indicazioni tecniche cui attenersi per la predisposizione delle **cartografie delle indagini e delle cartografie delle Microzonazione Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)** si rimanda ai par. 1.1.1, 1.1.2 e

1.1.3 degli ICMS (versione 4.1) in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

Negli studi di livello 2 viene introdotto l'elemento quantitativo associato all'area omogenea, utilizzando metodologie di analisi numerica semplificate (abachi a scala regionale, modellizzazione 1D, leggi empiriche), anche mediante l'esecuzione di ulteriori e più mirate indagini.

Questa analisi approfondita ha lo scopo di creare la "Mappa di microzonazione sismica".

Il Livello 2, sviluppato per gli studi di pianificazione urbanistica allorché le condizioni geologiche e geomorfologiche consentono l'applicazione di metodi semplificati, ha come scopo quello di:

- ricavare le regole e i requisiti volti a ridurre il rischio sismico per le aree urbane e le nuove aree di previsione;
- individuare le aree ad alto rischio che richiedono particolari dettagli;
- definire le priorità di intervento per edifici strategici e rilevanti;
- prevedere gli scenari di danno.

Questo secondo livello prevede l'uso di parametri che quantificano la variazione del movimento sismico sulla superficie e che possono essere determinati con metodi semplificati, mediante l'uso di specifici "abachi", che definiscono i fattori di amplificazione degli spettri elastici sulla superficie, associati alle singole situazioni litostratigrafiche per le quali sono applicabili.

Gli abachi per la caratterizzazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione attesi sono tabelle in cui un insieme di valori assunti da parametri considerati diagnostici e ad un particolare livello di rischio sismico sono associati univocamente ai valori previsti dell'amplificazione del movimento sismico (FA o "Amplificazione del fattore" ") rispetto a un motivo di riferimento.

Gli abachi sono stati preparati nell'ambito di uno studio commissionato all'Università DST di Siena (Prof. Albarello) e successivamente approvato dalla Risoluzione regionale.

Per ottenere i fattori di amplificazione dagli abachi litostratigrafici è necessario determinare due parametri:

- a) il valore delle  $V_s$  equivalenti (velocità delle onde di taglio sismiche fornite dalla media ponderata della velocità delle onde sismiche fino al raggiungimento del "substrato", caratterizzato da velocità superiori a 800 m/s);
- b) il valore della frequenza fondamentale del terreno.

Il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli di amplificazione è il fattore di amplificazione di Housner (di seguito denominato FHa) misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione di uscita (PSAout) e la controparte integrale dello spettro di accelerazione di ingresso (PSAin). Questo fattore di amplificazione viene calcolato per periodi di riferimento specifici: brevi periodi -  $0,1 < T < 0,5$  s; lunghi periodi -  $0,4 < T < 0,8$  s e  $0,7 < T < 1,1$  s.

Di seguito vengono presentati gli abachi usati per gli studi di Microzonazione di Livello 2, con riferimento alla macroarea Toscana Interna di cui il Comune di Gambassi Terme fa parte

### Toscana Interna (Substrato sismico ≤ 30m)

Valore di  $a_g$  (Tr=475 anni) < 0.125g

FA 0.1 < T < 0.5 s

	f0 (Hz)	f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(s/m) $a_{FA}$	<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.1	2.1	1.5	1.9
	300	0.6	1.3	1.8	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.9	
	500			1.6	1.6	1.6	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
	700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

	f0 (Hz)	f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(s/m) $a_{FA}$	<200	1.5	2.4	2.4	1.8	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	2.2
	300	1.0	2.2	2.1	1.7	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.7
	500			1.6	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
	700					1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

	f0 (Hz)	f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(s/m) $a_{FA}$	<200	2.3	2.5	1.6	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	2.1
	300	1.5	2.0	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3
	500			1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	700					1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	≥800										

### Toscana Interna (Substrato sismico ≤ 30m)

Valore di  $a_g$  (Tr=475 anni) ≥ 0.125g

FA 0.1 < T < 0.5 s

	f0 (Hz)	f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(s/m) $a_{FA}$	<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9
	300	0.7	1.3	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8
	500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
	700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

	f0 (Hz)	f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(s/m) $a_{FA}$	<200	1.3	2.3	2.4	1.9	1.5	1.3	1.3	1.2	1.1	2.2
	300	1.0	2.1	2.2	1.8	1.4	1.2	1.2	1.2	1.1	1.9
	500			1.6	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
	700					1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

	f0 (Hz)	f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(s/m) $a_{FA}$	<200	2.0	2.4	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	2.0
	300	1.6	2.0	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3
	500			1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	700					1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	≥800										

### Toscana Interna (Substrato sismico > 30m)

Valore di  $a_g$  ( $T_r=475$  anni) < 0.125g

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V <sub>30</sub> (m) 0.05% f	<200	1.1	1.4	1.3							1.2
	300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.4
	500	1.1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4
	700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
	≥800	1.0	1.0	1.0						1.1	1.0

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V <sub>30</sub> (m) 0.05% f	<200	1.6	2.1	2.1							2.0
	300	1.4	1.9	2.0	1.7	1.6	1.7	1.5	1.6	1.8	1.8
	500	1.2	1.6	1.7	1.5	1.5	1.6	1.4	1.6	1.6	1.5
	700	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.2
	≥800	1.1	1.2	1.2						1.1	1.1

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V <sub>30</sub> (m) 0.05% f	<200	2.1	2.6	2.5							2.4
	300	1.5	2.1	1.6	1.7	1.5	1.7	1.7	1.6	1.7	1.8
	500	1.2	1.8	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5	1.5
	700	1.1	1.5	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
	≥800	1.1	1.3	1.1						1.0	1.2

### Toscana Interna (Substrato sismico > 30m)

Valore di  $a_g$  ( $T_r=475$  anni) ≥ 0.125g

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V <sub>30</sub> (m) 0.05% f	<200	1.0	1.3	2.0							1.2
	300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
	500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
	700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
	≥800	1.0	1.0	1.0						1.2	1.1

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V <sub>30</sub> (m) 0.05% f	<200	1.5	1.9	2.3							1.8
	300	1.4	1.8	2.1	1.8	1.7	1.5	1.7	1.7	1.8	1.7
	500	1.2	1.6	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.6	1.6	1.5
	700	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.2
	≥800	1.0	1.2	1.2						1.1	1.1

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
V <sub>30</sub> (m) 0.05% f	<200	2.0	2.5	2.1							2.2
	300	1.5	2.0	1.6	1.7	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8
	500	1.2	1.7	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5
	700	1.1	1.4	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
	≥800	1.1	1.3	1.1					0.9	1.0	1.2

L'obiettivo fondamentale della procedura è, quindi, quello di fornire delle stime statisticamente valide e ragionevolmente conservative del fattore di amplificazione atteso, nelle varie situazioni litostratigrafiche e in particolare nelle aree a maggior rischio sismico. Queste stime devono poter essere fornite a partire da un numero limitato di osservazioni, relativamente facili da determinare sperimentalmente e comunque rappresentative delle varie possibili situazioni presenti.

Il livello 2 degli studi di Microzonazione Sismica consiste, quindi, nel raggiungere una parametrizzazione dell'amplificazione sismica locale:

- in contesti geologici "semplici" (ad esempio se il modello geologico del sito è caratterizzato dall'assenza di elementi in grado di innescare fenomeni di amplificazione 2D-3D);
- mediante "approcci semplificati" (applicazione di programmi per la stima dell'amplificazione sismica locale);
- senza intervenire sulle aree considerate instabili nello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, poiché tali studi sono previsti per il terzo livello;
- senza intervenire sulle aree considerate nello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 come stabili, poiché per queste aree il fattore di amplificazione atteso è pari a 1.

I criteri principali per il passaggio da uno studio di microzonazione sismica di livello 1 a uno studio di microzonazione sismica di livello 2 sono legati alla valutazione dell'idoneità al passaggio e si basano sulle seguenti verifiche e controlli:

- Verifica della congruenza tra le sezioni geologico-tecniche che definiscono il modello geologico 2D dell'area e la cartografia MOPS che rappresenta in realtà una ricostruzione 3D dello stesso modello geologico.
- Verifica della congruenza tra le sezioni geologico-tecniche e i risultati delle indagini (nel caso in cui non vi siano idonei rilievi sarà necessario effettuare ulteriori indagini al fine di completare la ricostruzione in termini sismostratigrafici del modello geologico).
- Controllo dell'estrapolazione di area del modello geologico tecnico 2D riportato nelle sezioni geologico tecniche.

La procedura per la realizzazione degli studi di costruzione della Microzonazione Sismica di Livello 2 segue i seguenti steps:

- Prima fase

1. Identificazione delle tipologie lito-stratigrafiche
2. Parametrizzazione delle unità lito-stratigrafiche
3. Inserire la selezione del movimento

- Seconda fase

1. Generazione casuale di profili Vs e curve di degrado
2. Selezione dei profili V e curve di degrado compatibili con le osservazioni
3. Costruzione di funzioni di amplificazione e fattori di amplificazione (FA) per singole tipologie lito-stratigrafiche e gruppi di accelerogrammi

- Terza fase

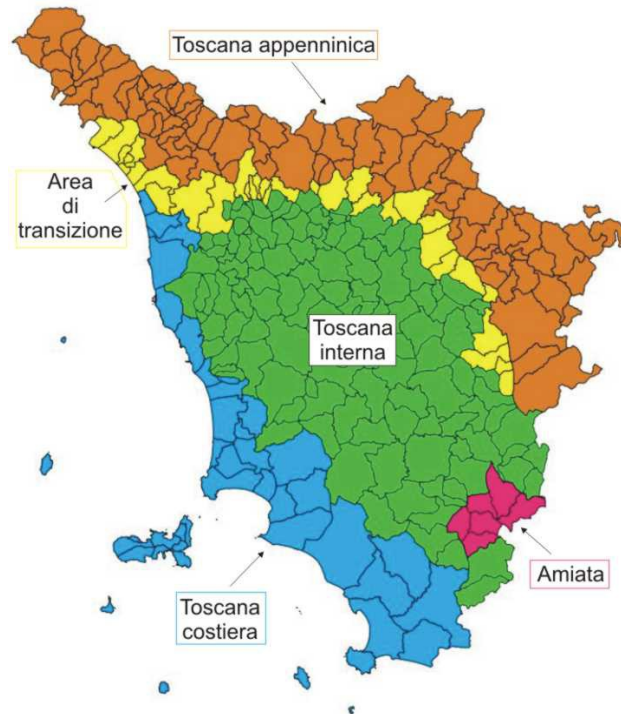
1. Caratterizzazione statistica della distribuzione di valori FA per singole tipologie litografiche e gruppi di accelerogrammi
2. Identificazione dei parametri sperimentali che caratterizzano le varie situazioni lito-stratigrafiche

- Quarta fase

1. Costruzione degli abachi
2. Convalida degli abachi

Per l'utilizzo degli abachi, di seguito sono illustrate le fasi che il professionista incaricato di redigere lo studio di microzonazione sismica di livello 2 deve seguire:

- Verifica dell'ammissibilità: verificare che il comune in esame sia incluso nell'elenco dei comuni ammessi agli studi di microzonazione sismica di secondo livello e per i quali è consentito l'uso di abachi.
- Determinazione della macroarea alla quale appartiene il comune. Nella seguente mappa è possibile visualizzare le diverse macroaree in cui è stato diviso il territorio della Regione Toscana: Toscana appenninica, Toscana interna, Toscana costiera, Area di transizione, Amiata.



- Stima del valore di accelerazione di base: una volta definita la macroarea, è necessario stimare il valore di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475 anni per il centro abitato oggetto di analisi di secondo livello. I valori di soglia sono 0,15 g per le macroaree dell'Appennino toscano e dell'area di transizione e 0,125 g per la Toscana interna. Questa operazione consente di definire il tipo di abaco più adatto al contesto macrosismico dell'area di interesse.
- Verifica dell'idoneità: una volta identificato il sito di misurazione, deve essere verificato che sia adatto per l'applicazione degli abachi litostratigrafici di secondo livello.
- Stima della profondità del substrato: per ciascun sito di misurazione FHA, deve essere stimata se la profondità del substrato sismico è inferiore o superiore a 30,0 m. Questa informazione è essenziale per scegliere l'abaco più adatto per il contesto sismostratigrafico.
- Determinazione dei valori di FHA: per ogni sito deve essere definito il valore della frequenza fondamentale e il valore di Vs30 o Vsh; in modo da poter dedurre i valori di FHA (0,1-0,5s), FHA (0,4-0,8s) e di FHA (0,7-1,1s).
- Estensione areale del modello: una volta definiti i fattori di amplificazione, l'estensione areale deve tenere conto del modello geologico desunto dallo studio di microzonazione sismica di livello 1, opportunamente integrato in questa fase.

È la facoltà del tecnico che esegue lo studio di non utilizzare i risultati dei programmi regionali, ma di effettuare in alternativa specifiche analisi di risposta sismica locale (RSL) in una configurazione monodimensionale, volte a determinare il fattori di amplificazione FHa nell'intervallo 0,1-0,5 secondi , 0,4-0,8 secondi e 0,7-1,1 secondi.

Il risultato fondamentale del secondo livello è la **Carta di Microzonazione Sismica** ottenuta associando la quantificazione numerica degli effetti, con metodi semplificati, alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.

Nella carta vengono individuate le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone suscettibili di instabilità.

Per quanto riguarda le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, le amplificazioni vengono quantificate, come descritto precedentemente, per mezzo di abachi che definiscono i fattori di amplificazione degli spettri elastici in superficie, associati alle singole situazioni litostratigrafiche. Detti abachi vengono predisposti dalle regioni, sulla base di criteri generali comuni, tenendo conto delle peculiarità sismotettoniche e geologiche dei rispettivi territori.

Sulla scorta dei fattori di amplificazione locale ricavati per ogni singola zona stabile suscettibile di amplificazioni locali derivante dalla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di Livello 1, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali vengono raggruppate in base al valore del fattore di amplificazione di riferimento.

Inoltre, nella Carta di Microzonazione Sismica vengono inserite le zone suscettibili di instabilità, con particolare riferimento alle zone di attenzione per instabilità di versante, alle zone di attenzione per liquefazione e alle zone di attenzione per cedimenti differenziali.

Per la indicazioni tecniche cui attenersi per la predisposizione della **cartografie di Microzonazione Sismica** si rimanda ai par. 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 e 1.1.4 degli ICMS (versione 4.1) in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

## **8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE**

Gli studi di MS si sono concentrati sulla quasi totalità del territorio comunale ad eccezione di quelle porzioni perimetrali o morfologicamente più acclivi laddove non presenti aree edificate.

Infatti l'area di indagine coincide necessariamente con le zone del territorio comunale occupate da insediamenti abitativi, industriali e/o elementi antropici di interesse e sono state, pertanto, sottoposte a studi e indagini specifiche finalizzate alla redazione delle carte di dettaglio con rilievo in scala 1:2.000 e restituzione grafica ed "editing" in scala 1:5.000 (carta delle indagini, carta delle frequenze, carta geologico tecnica per la microzonazione sismica, carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, carta di Microzonazione Sismica) previste per gli studi di microzonazione sismica di 1° e 2° Livello.

## **8.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE**

Le Carte delle indagini (Tavola G.01) mostrano, nel dettaglio per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le prove eseguite precedentemente al presente studio reperibili da fonti "bibliografiche" e/o banche dati, nonché l'ubicazione delle indagini geofisiche appositamente realizzate nel novero dello svolgimento delle



attività di cui al presente studio di microzonazione sismica di 2° livello (cfr. certificazioni ed elaborazione grafiche e tabellari delle prove stesse).

La nomenclatura delle diverse tipologie di indagine ubicate sulla CTR, è stata definita sulla base delle indicazioni riportate al par. 1.1.1. degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica”.

Nelle Carte delle frequenze (Tavola G.03) vengono fornite le informazioni ottenute (frequenza e ampiezza del picco di risonanza, classe di appartenenza) dall’interpretazione delle misure di rumore sismico eseguite nelle aree urbanizzate del comune di Montaione assoggettate alla presente indagine.

Per ogni misura è stata ottenuta la curva del rapporto H/V del segnale sismico acquisito, sulla quale sono stati eventualmente individuati picchi di risonanza per un certo valore di frequenza.

Tale cartografia riassume e fornisce indicazioni qualitative sulla classe di frequenza fondamentale allo scopo di distinguere:

- aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (ad esempio nessun massimo relativo significativo di  $f_0$  nell’intervallo 0,1-20 Hz);
- aree caratterizzata da presenza di fenomeni di risonanza, distinguendo fra:
  - spessori attesi > di 100 m (indicativamente con  $f_0 < 1$  Hz),
  - spessori compresi fra 100 e 50 m (indicativamente con  $1\text{ Hz} < f_0 < 2$  Hz),
  - spessori compresi fra 50 e 30 m (indicativamente con  $2\text{ Hz} < f_0 < 3$  Hz),
  - spessori compresi fra 30 e 20 m (indicativamente con  $3\text{ Hz} < f_0 < 5$  Hz),
  - spessori compresi fra 20 e 10 m (indicativamente con  $5\text{ Hz} < f_0 < 8$  Hz),
  - spessori compresi fra 10 e 5 m (indicativamente con  $8\text{ Hz} < f_0 < 20$  Hz),
  - spessori minori di 5 m (indicativamente con  $f_0 > 20$  Hz).

Il range significativo a cui fare riferimento per la valutazione della suscettibilità all’amplificazione sismica di un sito è circa 1-10 Hz. Picchi con frequenze di circa 1-2 Hz sono rappresentativi mediamente di contrasti di impedenza sismica collocati a profondità dell’ordine di qualche centinaia di metri. Frequenze di risonanza, invece, comprese nell’intervallo 8-12 Hz sono rappresentative di limiti stratigrafici, esistenti tra coperture detritiche e substrato roccioso, la cui profondità è dell’ordine di qualche metro (mediamente compresa tra 0 e 10 m).

Per la rappresentazione dei risultati, sono stati considerati i seguenti intervalli di frequenza (Hz):

- nessuna risonanza
- 0,1 - 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- 7,5 - 10,0
- 10,0 - 15,0
- 15,0 - 20,0

Al fine di riportare in carta il dato relativo all’ampiezza del picco fondamentale, sono stati considerati i seguenti intervalli di ampiezza:

- nessuna risonanza
- 1,1 – 2,0
- 2,0 – 3,0
- 3,0 – 5,0
- > 5,0

Ogni coppia di valori (frequenza/ampiezza) individuati, è stato riportato in apposita tabella sulla relativa cartografia di ubicazione indagini.

Per la valutazione dell'entità del contrasto d'impedenza sismica, individuato con l'interpretazione delle misure di rumore, si è fatto riferimento al seguente criterio di classificazione:

- per ampiezze < 3, il contrasto d'impedenza sismico è basso
- per ampiezze > 3, il contrasto d'impedenza sismico è elevato (alto).

Tale discriminazione è stata applicata solo a valori di ampiezza riferite al picco principale.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione allegata al presente documento redatta dall'impresa realizzatrice delle indagini sismiche (cfr. relazione collazionata in apposito fascicolo unitamente alle certificazioni ed elaborazione grafiche e tabellari delle prove stesse).

L'entità del contrasto di impedenza sismica non è stato riportato direttamente sulla carta delle frequenze, ma sulle colonne stratigrafiche del modello geologico di sottosuolo, mostrate sulla carta delle MOPS e di Microzonazione sismica e sulle sezioni geologiche.

Tale elaborato ha il duplice scopo di fornire un adeguato strumento per la predisposizione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di livello 1 e della Carta di Microzonazione Sismica di livello 2, ma anche offrire un'indicazione delle profondità di investigazione per l'eventuale successivo livello superiore di MS (livello 3). L'utilizzo della tabella di confronto tra lo spessore di copertura stimato e la frequenza fondamentale del terreno, riportata nel lavoro di *Albarelo ed alii, 2010.*, costituisce un valido ausilio. Utilizzando questa tabella, infatti, è quindi possibile ottimizzare i costi ed evitare eventuali indagini geognostiche spinte a profondità eccessive o al contrario a profondità insufficienti a raggiungere il contrasto di impedenza sismico principale.

Una sintetica descrizione delle risultanze delle misure di rumore sismico effettuate con tecnica HVSR presso le aree di indagine nel territorio comunale di Montaione è riportata nel seguito del presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni frazione studiata.






### **8.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA**

La carta geologico tecnica è stata redatta in scala 1:5.000 (Tavola G.02) e rappresenta, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.1), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e della carta di microzonazione sismica.

Le unità geologico-litologiche vengono distinte tra terreni di copertura, con spessore minimo di 3,0 m, e substrato geologico rigido o non rigido, per giungere ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici. La suddivisione dei litotipi in classi predefinite permette, così, di identificare

situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità. Le tipologie dei terreni di copertura in base alle caratteristiche litologiche e i relativi codici corrispondenti vengono descritti utilizzando l'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985, modificato) come di seguito presentato:

In aggiunta per i terreni di copertura vengono riportati i codici relativi agli ambienti di possibile genesi e deposizione dei terreni di copertura.

Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

*Legenda della Carta Geologico Tecnica: terreni di copertura*

<b>Ambiente vulcanico</b>	
Colate/spandimenti/cupole/domi/dicchi/coni lavici	la
Coni scorie/ceneri	sc
Coltri ignimbritiche	ig
Lahar (colate di fango)	lh
<b>Ambiente di versante</b>	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di deiezione	cz
Eluvi/colluvi	ec
<b>Ambiente fluvio - lacustre</b>	
Argine/barre/canali	es
Piana deltizia	dl
Piana pedemontana	pd
Bacino (piana) intramontano	in
Conoide alluvionale	ca
Terrazzo fluviale	tf
Lacustre	lc
Palustre	pa
Piana inondabile	pi
<b>Ambiente carsico</b>	
Riempimento di dolina/karren/vaschetta/sinkhole	do
Forme costruite presso sorgenti	so
Forme costruite in canyon carsici	cy
Croste calcaree	cc
<b>Ambiente glaciale</b>	
Morena	mr
Deposito fluvio glaciale	fg
Deposito lacustre glaciale	fl
Till	ti
<b>Ambiente eolico</b>	
Duna eolica	de
Loess	ls
<b>Ambiente costiero</b>	
Spiaggia	sp
Duna costiera	dc
Cordone litoraneo	cl
Terrazzo marino	tm
Palude/laguna/stagno/lago costiero	pl
<b>Altro ambiente</b>	<b>zz</b>

*Legenda della Carta Geologico Tecnica: ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura*

Le unità del substrato geologico vengono definite tenendo conto della tipologia (lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato, alternanza di litotipi), della stratificazione (qualora esistente) e del grado di fratturazione (secondo una valutazione qualitativa).

Substrato geologico		
LP	LP	Lapideo
GR	GR	Granulare cementato
CO	CO	Coesivo sovraconsolidato
AL	AL	Alternanza di litotipi
LPS	LPS	Lapideo, stratificato
GRS	GRS	Granulare cementato, stratificato
COS	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
ALS	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
SFLP	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
SFGR	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
SFCO	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
SFAL	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
SFLPS	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
SFGRS	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
SFCOS	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
SFALS	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

*Legenda della Carta Geologica Tecnica: substrato geologico*

In tale cartografia sono stati riportati gli elementi tettonico strutturali (faglie e strutture tettoniche certe o presunte con relativo stato di attività, stratificazioni) e gli elementi geologico e idrogeologici puntuali derivanti dai dati di base (profondità del substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo, profondità di sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido, profondità della falda).

Inoltre vengono fornite indicazioni relativamente alle fenomenologie di instabilità di versante (tipologia di instabilità e stato di attività), per le cui definizioni riguardanti lo stato di attività dei versanti il riferimento è il progetto IFFI. Infine vengono presentate le forme morfologiche di superficie e sepolte.

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie “unità geologico-tecniche” individuate con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.

### **Terreni di copertura**

- **Unità geologico-tecnica RI:** corrisponde ai terreni di riporto contenenti resti di attività antropica (h).
- **Unità geologico-tecnica GMes:** si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (argine / barre / canali). A questi corrispondono i depositi alluvionali recenti terrazzati o non (bna) a prevalente composizione ghiaioso limosa e ghiaioso sabbiosa e i depositi alluvionali terrazzati (bnb).
- **Unità geologico-tecnica SMes:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (argine / barre / canali). A questi corrispondono i depositi alluvionali attuali e i depositi alluvionali recenti terrazzati o non (bna) a prevalente composizione sabbioso limosa.
- **Unità geologico-tecnica SMec:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante (eluvi / colluvi). A questi corrispondono i depositi eluvio-colluviali (b2a).
- **Unità geologico-tecnica SMfd:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante (falda detritica). A questi corrispondono i depositi detritici di versante (aa).
- **Unità geologico-tecnica SMtm:** si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero (terrazzo marino). A questi corrispondono i terreni alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs).
- **Unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm:** si tratta di terreni costituiti da argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero (spiaggia – palude / laguna / stagno / lago costiero, terrazzo marino). A questi corrispondono i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA e FAAb).

Per quanto riguarda i corpi di frana, questi sono stati riportati nelle cartografia secondo quanto previsto alla figure 1.1.2-1 e 1.1.2-2 delle norme ICMS (versione 4.1), evidenziando per ciascun corpo la sua natura (qualora riscontrabile) e lo stato di attività.

### **Substrato geologico**

- **Unità geologico-tecnica LPS:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate. A questa unità appartengono i terreni appartenenti alla Formazione di Montaione (MIO), alle Calcareni di San Mariano (CMA-PLIc), ai Calcari a Calpionelle (CCL), al Macigno (MAC) e ai Diaspri (DSD).
- **Unità geologico-tecnica LP:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee. A questa unità appartengono i terreni appartenenti alla formazione dei Gabbri (GBB), ai Basalti (BRG) e alle Serpentiniti (PRN).
- **Unità geologico-tecnica ALS:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litologie stratificate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla formazione delle Argille a Palombini (APA) e alle Marne del Sugame (STO2).
- **Unità geologico-tecnica SFLPS:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate, fratturate ed alterate. A questa unità appartengono le litologie fratturate ed alterate appartenenti alla Formazione di Montaione (MIO), alle Calcareni di San Mariano (CMA-PLIc), ai Calcari a Calpionelle (CCL), al Macigno (MAC) e ai Diaspri (DSD).

- **Unità geologico-tecnica SFALS:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litologie stratificate, fratturate ed alterate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla Formazione di Montaione nella sua litofacies con livelli di breccie ed olistoliti (MIOb) .

- **Unità geologico-tecnica GR:** corrisponde al substrato geologico granulare cementato. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla formazione dei Conglomerati di Gambassi (GAM-PLIb).

Di seguito viene riportata una tabella comparativa delle classi di attribuzione, per ciascun deposito lito-stratigrafico o formazione geologica, della cartografia litologico-tecnica, secondo le norme VEL, e della cartografia geologico-tecnica per la microzonazione sismica, secondo le norme ICMS (versione 4.1).

<b>SIGLA FORMAZIONE</b>	<b>NOME FORMAZIONE</b>	<b>UNITA' LITOLOGICO-TECNICA (VEL)</b>	<b>UNITA' GEOLOGICO-TECNICA (ICMS)</b>
h5	Depositi antropici di riporto	h	RI
a1	Corpi di frana		varie
aa	Depositi di versante	E3	SM fd
b	Depositi alluvionali attuali	E3	SM es
bna	Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non di natura sabbioso limosa	E3	SM es
bna	Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non di natura ghiaioso limosa	E3	GM es
b2a	Depositi eluvio-colluviali	E3	SM ec
bnb	Depositi alluvionali terrazzati	E2	GM es
FAA e FAAb	Argille Azzurre	D2	CL sp-pl-tm
GAM-PLIb	Conglomerati di Gambassi	C2	GR
CMA-PLIc	Calcareniti di San Mariano	B3	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
SVV-PLIs	Sabbie di San Vivaldo	C3	SM tm
MIO	Formazione di Montaione	B3	LPS
MIOb	Formazione di Montaione (litofacies con breccie ed olistoliti)	Bc	SFALS
CCL	Calccare a Calpionelle	B3	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
APA	Argille a Palombini	B4	ALS
DSD	Diaspri	B3	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
PRN	Serpentiniti	A	LP
GBB	Gabbri	A	LP
BRG	Basalti	A	LP
MAC	Macigno	B3	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
STO2	Marne del Sugame	B4	ALS

A corredo delle carte geologico-tecniche in scala 1:5.000 (Tavola G.02), per ciascun centro urbano di interesse, sono state realizzate alcune sezioni geologiche (Tavola G.08 in scala 1:2.500) rappresentative del modello geologico del sottosuolo. Tali sezioni sono state tracciate in modo tale da intersecare gli elementi strutturali e geomorfologici più rappresentativi anche in funzione delle condizioni di rischio sismico, nonché i rapporti stratigrafici più significativi per la valutazione della suscettibilità all'amplificazione sismica. Ciò ha permesso di rappresentare non solo il modello geologico-stratigrafico e strutturale locale, ma anche di mettere in evidenza le principali criticità legate al profilo dei versanti (scarpate con  $h = 10-20$  m o  $h > 20$  m, picchi isolati, zone di cresta, inclinazioni pendii elevate).

#### **8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)**

La "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" rappresenta l'elaborato cartografico fondamentale degli studi di microzonazione sismica di livello 1. Scopo della realizzazione di tale elaborato è la definizione di zone ad eguale comportamento sismico. La produzione della carta MOPS è basata sulla sintesi delle informazioni di carattere geologico, geomorfologico, litotecnico-tecnico e sismico desunti dalle cartografie tematiche realizzate per lo studio di microzonazione e i "dati di base raccolti" quali stratigrafie e certificazioni di prove penetrometriche, analisi di laboratorio e indagini sismiche per la definizione della velocità delle onde P e SH e misure di frequenza caratteristica dei terreni. Inoltre, al fine di valutare l'influenza degli aspetti topografici di versate, si sono tenute in considerazione le caratteristiche clivometriche dei luoghi deducibili dalla cartografia ufficiale C.T.R. della Regione Toscana.

Per classificare le aree in esame si è stato fatto riferimento (come da paragrafo 1.1.3 degli ICMS, versione 4.1) alle seguenti categorie di microzone:

- **zone stabili**
- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**
- **zone di attenzione per le instabilità**

Le **zone stabili** sono quelle nelle quali si ipotizza che non si verifichino significativi fenomeni di amplificazione sismica (presenza di substrato geologico/sismico in affioramento) e per le quali, perciò, in caso di evento sismico, sono attesi scuotimenti equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base dell'INGV. Considerando che la pericolosità sismica di base di un sito è definita sull'ipotesi di substrato litoide affiorante su superficie pianeggiante o con inclinazione inferiore a  $15^\circ$ , rientrano nella classe delle zone stabili tutte quelle aree che presentano substrato roccioso in affioramento (con eventuale copertura costituita dalla coltre di alterazione con spessore massimo di 3 m) e per le quali si abbiano condizioni di bassa fratturazione dell'ammasso ( $J_v \leq 10-15$ ), nonché inclinazione del pendio  $< 15^\circ$ . Inoltre, qualora studi pregressi evidenzino una velocità di propagazione delle onde S nei primi 30 m di sottosuolo inferiore a 800 m/s, il substrato affiorante può non essere considerato substrato sismico, ma solamente geologico. La numerazione delle zone stabili è progressiva a partire dalla n.1 fino alla n. K.

Le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** sono le aree nelle quali si presume che, in presenza di sisma, si possano verificare fenomeni di amplificazione sismica. Sono caratterizzate o dalla presenza solamente di substrato roccioso affiorante con caratteristiche strutturali e/o topografiche e/o sismiche tali da non permettere la delimitazione di una zona stabile, oppure dall'esistenza di coperture riconducibili a depositi di origine



alluvionale, a coltri detritiche di versante (detriti di versante, depositi eluvio-colluviali, frane), a depositi di origine antropica. La numerazione è progressiva a partire da k+1 fino a n.

Le **zone di attenzione per le instabilità** sono le zone per le quali, in caso di terremoto, si ipotizza si possano manifestare deformazioni permanenti del sottosuolo. I fenomeni deformativi individuati dagli ICMS come causa dell'evento sismico sono:

- **instabilità di versante (frane attive, quiescenti, inattive)**

- **liquefazione**

- **cedimenti differenziali**

- **faglie attive e capaci**

Le **instabilità di versante** sono legate all'attivazione di nuove frane o alla riattivazione di frane quiescenti o antiche stabilizzate. Le tipologie di movimenti sulla base delle quali possono essere discriminate le frane sono: crollo o ribaltamento, scorrimento, colata, frana complessa.

La **liquefazione** è legata alla presenza di materiali granulari sciolti riconducibili a sabbie, sabbie e limi, sabbie e ghiaie. Inoltre si considerano terreni potenzialmente liquefacibili, quelli nei quali la superficie piezometrica della falda freatica superficiale o di falde confinate più profonde si trovi ad una profondità da p.c.  $\leq 15$  m. Comunque per gli aspetti legati alla liquefacibilità dei terreni, gli aspetti di cui tenere conto sono quelli indicati al par. 7.11.3.4 delle NTC 2008 (per le quali sicuramente la natura granulometrica, la profondità della falda e la magnitudo attesa costituiscono i principali fattori predisponenti) e gli ulteriori approfondimenti riportati al par. 3.1.3 degli ICMS (versione 4.1). Relativamente a tale aspetto si è tenuto conto delle indicazioni di cui alle *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione”* editate dalla Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – (versione 1.0 del luglio 2013 e versione 1.20 beta del 2014).

I **cedimenti differenziali** sono attesi lungo le zone di contatto tra unità geologiche aventi caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (es. depositi alluvionali su substrato roccioso). Tale differenza si traduce in una diversa risposta sismica, la quale può indurre, in caso di terremoto, cedimenti significativi, soprattutto nei terreni presenti a ridosso del contatto stratigrafico. Le zone di instabilità per cedimenti differenziali possono perciò essere rappresentate tramite buffer.

Le **faglie attive e capaci** sono faglie per le quali si ipotizza che:

- si siano mosse almeno una volta negli ultimi 40.000 anni
- che potenzialmente manifestano deformazioni che si possono propagare fino in superficie.

Come descritto negli ICMS, le potenziali faglie attive da inserire nella cartografia geologica-geomorfologica devono essere confermate da studi di geologia strutturale di comprovata validità. Inoltre l'identificazione di eventuali faglie capaci, deve essere eseguita facendo riferimento allo studio ITHACA dell'INGV, con il quale è stato realizzato un archivio delle faglie capaci presenti sul territorio italiano. Anche nel caso di instabilità per faglie attive e capaci, come per i cedimenti differenziali, si tende a definire un buffer in corrispondenza della lineazione tettonica.

Al fine di integrare le informazioni acquisite con la definizione delle microzone, la carta delle MOPS riporta le morfologie che hanno rilevanza ai fini dell'amplificazione sismica (**forme di superficie e forme/elementi sepolti**). Tali morfologie sono riconducibili a forme deposizionali come conoidi alluvionali e falde detritiche, ma anche a forme di versante quali orli di scarpata morfologica con  $10 < h < 20$  m e  $h > 20$  m, creste e picchi isolati (cocuzzoli), forme fluviali come orli di terrazzi fluviali con  $10 < h < 20$  m e  $h > 20$  m, forme erosive (scarpate e valli) e carsiche (cavità) sepolte.

## 8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La “Carta di Microzonazione Sismica” rappresenta l’elaborato cartografico fondamentale degli studi di microzonazione sismica di Livello 2. Scopo della realizzazione di tale elaborato è la definizione di zone ad uguale comportamento sismico in funzione dello specifico fattore di amplificazione sismica. La produzione della carta di Microzonazione Sismica si basa sulla sintesi delle informazioni di carattere geologico, geomorfologico, litotecnico-tecnico, di indagine e sismico desunti dalle cartografie tematiche realizzate per lo studio di microzonazione sismica di livello 1 approvato e sull’applicazione della quantificazione numerica degli effetti, sulla scorta degli abachi di riferimento, in funzione dei valori peculiari di caratterizzazione sismica ( $V_{s30}$ ,  $f_0$ ) del sottosuolo di interesse.

Per classificare le aree in esame si è stato fatto riferimento (come da paragrafo 1.1.4 degli ICMS, versione 4.1) alle seguenti categorie di microzone:

- **zone stabili**
- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**
- **zone suscettibili di instabilità**

Le **zone stabili** e le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** hanno come attributo i parametri che quantificano l’amplificazione locale del moto sismico di base e uno spettro di risposta elastico rappresentativo.

Le zone stabili sono caratterizzate sempre da un’amplificazione uguale a 1,0. Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono invece caratterizzate da classi di fattori di amplificazione. Se dalle analisi sviluppate con gli abachi o attraverso simulazioni numeriche vengono riscontrate delle deamplificazioni, per convenzione si attribuirà alla microzona un valore uguale a 1,0.

Nell’ambito degli approfondimenti di Livello 2 le amplificazioni vengono valutate attraverso abachi in funzione della bassa complessità del contesto nel quale è inquadrato lo studio. Nella Carta di Microzonazione Sismica viene riportato il parametro che quantifica l’amplificazione indicato dalla Regione.

Gli ICMS definiscono, nell’ambito degli approfondimenti di Livello 2, una serie di abachi finalizzati all’individuazione di un valore che caratterizzi le microzone stabili suscettibili di amplificazioni locali in termini di fattori di amplificazione.

Le amplificazioni dovute ad effetti litostratigrafici sono espresse con due fattori numerici (FA e FV) da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo (FA) e alto periodo (FV). Tra i parametri di amplificazione, potrà essere inserito anche  $F_t$ , che sarà espresso con la stessa simbologia e le stesse classi degli altri parametri di amplificazione.

Gli abachi degli ICMS sono rappresentativi di assetti litostratigrafici semplificati e sono stati sviluppati con la finalità di consentirne un utilizzo quanto più possibile diffuso. La Regione Toscana, si è dotata, come prescritto dalle Linee Guida ICMS di abachi propri e più rappresentativi degli assetti sismotettonici e geologico-tecnici regionali degli ambienti che li caratterizzano.


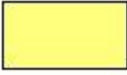









Nella tabella seguente vengono riportati i parametri di amplificazione da riportare secondo i criteri ICMS (versione 4.1) nelle Carte di Microzonazione Sismica.

<b>Parametro</b>	<b>Descrizione</b>
FA	Valore del fattore di amplificazione FA a bassi periodi come definito in ICMS
FV	Valore del fattore di amplificazione FV ad alti periodi come definito in ICMS
Ft	Valore del fattore di amplificazione topografica come definito in ICMS
FH0105	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudovelocità nell'intervallo di integrazione 0.1-0.5 s
FH0510	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudovelocità nell'intervallo di integrazione 0.5-1.0 s
FH0515	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudovelocità nell'intervallo di integrazione 0.5-1.5 s
FPGA	Valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA
FA0105	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.1-0.5 s
FA0408	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.4-0.8 s
FA0711	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.7-1.1 s

L'inserimento dei valori di FA0105, FA0408 e FA0711, per garantire omogeneità di rappresentazione nel database a livello nazionale, è facoltativo per il Livello 2 di Microzonazione Sismica qualora siano disponibili abachi regionalizzati, come nel caso della Regione Toscana. Nel caso in esame, essendo stati definiti dalla Regione Toscana gli abachi di riferimento, vengono presentati i valori di FA0105, FA0408 e FA0711.




Nelle carte di Microzonazione Sismica di livello 2 per le zone stabili e per le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali viene usata, secondo quanto riportato alla fig. 1.1.4.1-1 la seguente legenda.


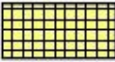

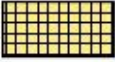
















Si precisa che nella zona stabile, con parametro di amplificazione uguale a 1,0 sono comprese le zone con deamplificazione e con amplificazioni fino a 1,04. Nella classe 1,1-1,2, invece, sono compresi valori di amplificazione da 1,05 a 1,24, mentre nella classe 1,3-1,4 sono compresi valori di amplificazione da 1,25 a 1,44, e così via.

<b>Zone stabili (parametro di amplificazione uguale a 1.0).<sup>12</sup></b>	
	1.0
<b>Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (classe del parametro di amplificazione).<sup>13</sup></b>	
	1.1 - 1.2
	1.3 - 1.4
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	2.5 - 3.0
	3.1 - 3.5
	>3.5

Per quanto riguarda le zone suscettibili di instabilità, nella carta di Microzonazione Sismica con approfondimento di Livello 2, le zone suscettibili di instabilità per liquefazione o instabilità di versante conservano la geometria delle zone definite dalla Carta delle MOPS, ma con riferimento alle zone date dall'amplificazione calcolata con gli abachi.

Di seguito vengono riportate le legende relative alle zone di attenzione per instabilità

Zone di attenzione per instabilità	
Vedi Figura 1.1.4.2-1a	ZARL - Zona di Attenzione per instabilità di versante
Vedi Figura 1.1.4.2-1a	ZALQ - Zona di Attenzione per liquefazioni
	ZAFAC - Zona di Attenzione per faglie attive e capaci
	ZACD - Zona di Attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/sinkhole
	ZALD - Zona di Attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti

Zone di attenzione per instabilità		
ZARL	ZALQ	PARAMETRO DI AMPLIFICAZIONE
		1.1 - 1.2
		1.3 - 1.4
		1.5 - 1.6
		1.7 - 1.8
		1.9 - 2.0
		2.1 - 2.2
		2.3 - 2.4
		2.5 - 3.0
		3.1 - 3.5
		>3.5

Estratto Fig. 1.1.4.2-1.a

In carta, su ciascuna zona di attenzione per instabilità di versante e per liquefazione, viene riportato il valore del fattore di amplificazione.

## 8.6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

### ELABORAZIONI DI LIVELLO 1

Relativamente al livello 1 e alle carte delle indagini, delle frequenze e geologico tecnica per la microzonazione sismica si rimanda a quanto riportato ai paragrafi 8.2 e 8.3, mentre per quanto concerne la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) nel proseguo vengono elencate e descritte le risultanze relative alla elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica eseguita per il territorio comunale (come presentate negli elaborati Tavola G.04 in scala 1:5.000).

### Zone stabili

<b>ID</b>	<b>Descrizione Zona</b>
<b>1011</b>	Substrato lapideo stratificato, in assenza di copertura (spessori generalmente inferiori ai 3,0 m) con pendenza (di seguito "i") < 15° e basso contrasto di impedenza sismica (di seguito "c.i.")

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

<b>ID</b>	<b>Descrizione Zona</b>
<b>Z1 (2001)</b>	Substrato lapideo stratificato, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso
<b>Z2 (2002)</b>	Substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato, copertura di origine alteritica < 3,0 m, i > 15°, c.i. basso
<b>Z3 (2003)</b>	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto
<b>Z4 (2004)</b>	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso
<b>Z5 (2005)</b>	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa con livelli sabbioso limosi, dello spessore compreso tra 50,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso
<b>Z6 (2006)</b>	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso
<b>Z7 (2007)</b>	Coperture alluvionali o detritiche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso
<b>Z8 (2008)</b>	Coperture detritiche di natura sabbioso limose, dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso
<b>Z9 (2009)</b>	Coperture detritiche di natura sabbioso limose, dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto
<b>Z10 (2010)</b>	Coperture alluvionali pleistoceniche ghiaioso limose dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso
<b>Z11 (2011)</b>	Coperture alluvionali ghiaioso limose dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso
<b>Z12 (2012)</b>	Coperture detritiche ed eluvio colluviali di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso
<b>2099</b>	Substrato lapideo stratificato fratturato / alterato, dello spessore compreso tra 15,0 e 25,0 m , poggiante su substrato lapideo stratificato, c.i. basso.

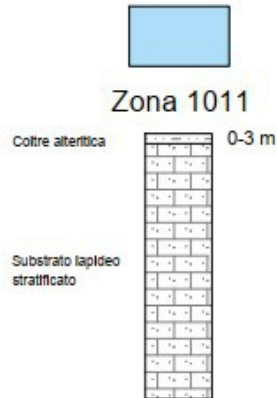
### Zone di attenzione per le instabilità'

<b>ID</b>	<b>Descrizione Zona</b>
<b>ZAFR1....n</b>	Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).
<b>ZACD</b>	Cedimenti differenziali / crollo di cavità sotterranee / sinkhole.
<b>ZAID</b>	Sovrapposizione di instabilità differenti.

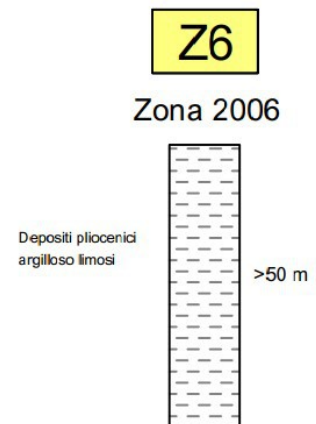
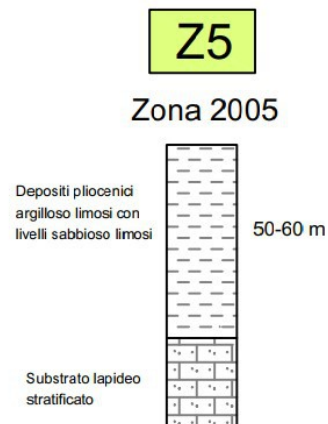
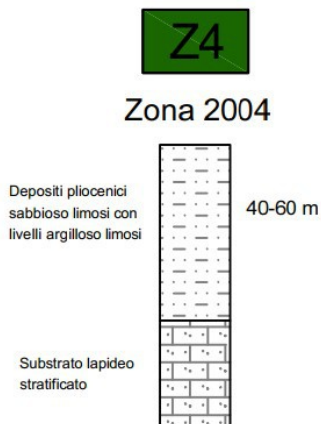
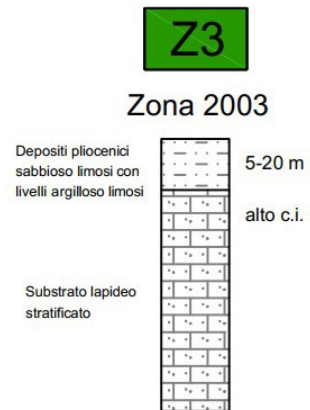
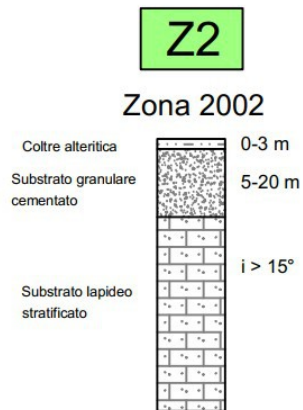
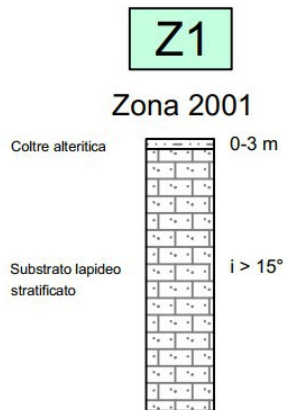
Sulla scorta delle considerazioni e verifiche riportate al paragrafo 2.6 non si ritengono presenti zone di attenzione di instabilità per fenomeni di liquefazione **ZALIQ**.

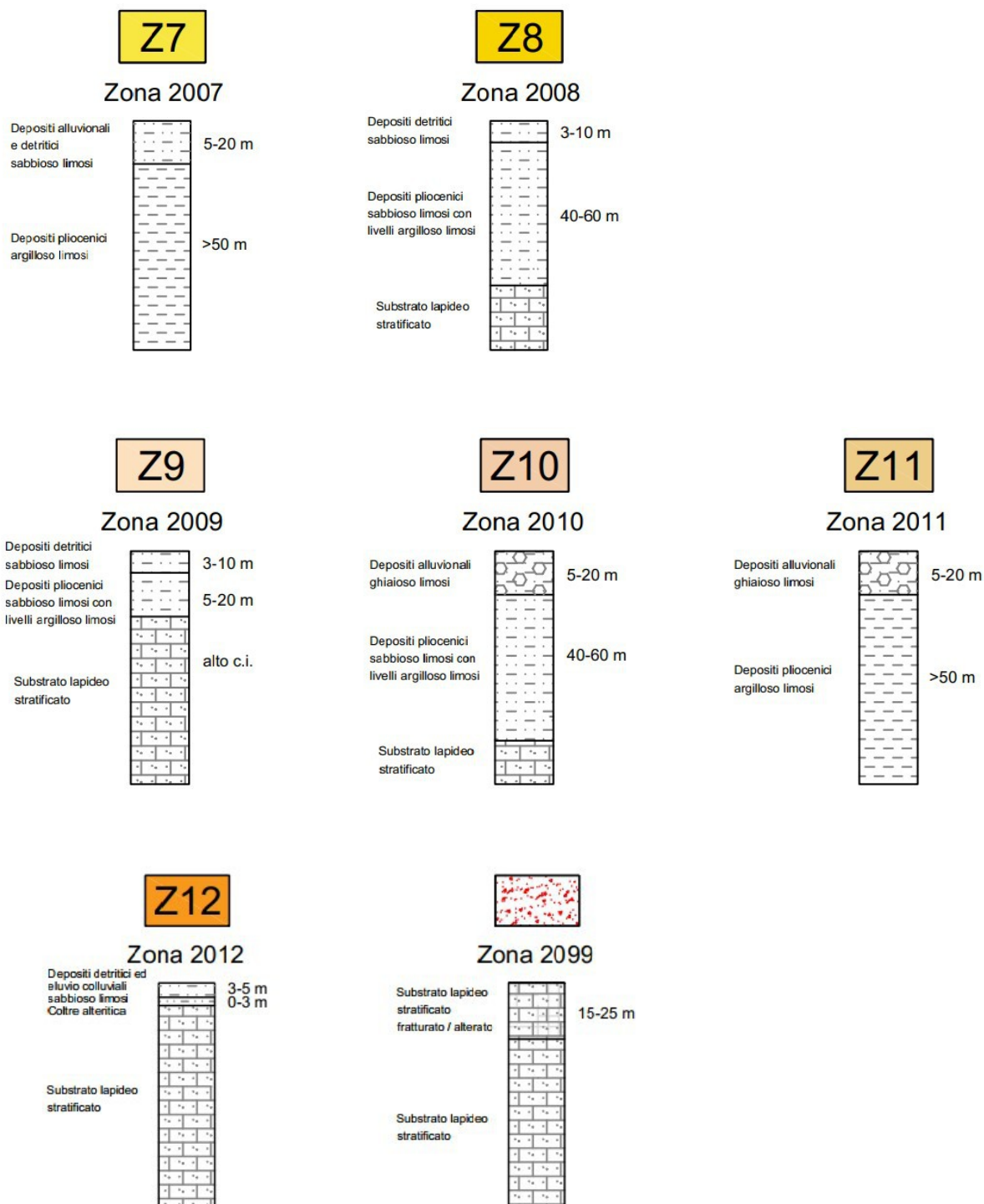
Di seguito vengono riportate graficamente le colonne sintetiche rappresentative delle suddette microzone, riportate anche nella specifica carta delle Mops.

## ZONE STABILI



## ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI





## ELABORAZIONI DI LIVELLO 2

Per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 del territorio comunale di Gambassi Terme, la Carta delle Indagini di Livello 1 ed il relativo database sono stati aggiornati con i nuovi dati acquisiti durante il presente lavoro; è stata naturalmente seguita la simbologia indicata nelle Istruzioni Tecniche e negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica ufficiali.

Relativamente alla Carta delle Frequenze naturali dei depositi è stato confermato l'elaborato redatto per il Livello 1, in quanto non sono state eseguite nuove misure HVSr.



Nella carta sono riportati i risultati della campagna di misure di microtremore a stazione singola HVSR, comunemente nota con il termine H/V condotte secondo gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS e indicati nel Volume di Ingegneria sismica 2/11 per la misura delle frequenze fondamentali dei depositi che costituiscono la copertura della pianura alluvionale e delle coltri detritiche su substrato.

Nella Carta di Microzonazione Sismica è stata riportata la distribuzione delle aree caratterizzate da amplificazioni locali del moto sismico per effetti litostratigrafici, per le quali è stato quantificato il fattore di amplificazione FA, ottenute tramite lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 effettuato.

In accordo con i referenti della Regione Toscana per meglio rappresentare gli effetti attesi sono state elaborate tre rappresentazioni cartografiche per ognuna delle zone studiate:

- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0.1 e 0.5s,
- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0.4 e 0.8s;
- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0.7 e 1.1s;
- la carta di microzonazione sismica nella quale sono riportati i fattori di amplificazione massimi, carta quest'ultima propedeutica alla futura realizzazione della carta della pericolosità sismica.

Per detto elaborato le nuove indagini eseguite hanno confermato il modello geologico generale e quindi la classificazione delle microzone eseguita in fase di Livello 1; restano pertanto valide anche le sezioni litotecniche presentate nel precedente studio.

Pertanto, alle varie Zone, individuate in fase di primo livello, sono stati assegnati i valori del Fattore di Amplificazione, secondo le procedure indicate nella relazione esplicativa sull'utilizzo degli Abachi Regionali.

In termini metodologici si è proceduto:

- all'individuazione degli abachi relativi alla zona di interesse, corrispondente alla **Toscana Interna**;
- all'individuazione del valore di  $A_g$  (475 anni): è stata utilizzata la griglia dei valori indicati dall'INGV. Il territorio del Comune di Montaione ricade per la sua interezza in  **$A_g > 0,125g$** ;
- alla verifica della profondità del substrato (nel caso in esame risulta **inferiore a 30,0 m** a Gambassi capoluogo, mentre **superiore a 30,0 m** nelle località di Case Nuove – Pillo, Varna – Catignano e Badia a Cerreto);
- all'utilizzo degli abachi per l'assegnazione dei valori del fattore di amplificazione utilizzando i valori di  $V_{s30}$  o  $V_s$  equivalenti e di  $f_0$ .

Sono quindi state effettuate le determinazioni dei valori del fattore di amplificazione per le aree oggetto di Microzonazione Sismica di Livello 2 nei siti d'indagine, con i risultati sintetizzati nella Carta di Microzonazione Sismica di Livello 2.

Per semplicità di lettura sono state prodotte quattro carte di cui le prime tre con i fattori di amplificazione relativi rispettivamente a  $T_0 = 0.1-0.5s$ ,  $T_0 = 0.4-0.8s$  e a  $T_0 = 0.7-1.1s$ ; la quarta carta riporta i valori massimi relativi ad entrambi gli scenari.

Per l'assegnazione dei valori del fattore di amplificazione (FA) si precisa che i dati geofisici ottenuti dalle campagne di Microzonazione Sismica di Livello 1 e Livello 2 evidenziano in tutte le Finestre di Amplificazione calcolate (FA0.1-0.5, FA0.4-0.8 e FA0.7-1.1) delle particolarità dovute alla peculiarità del contesto geologico, già evidenziate negli studi di Microzonazione di Livello 1.

In particolare:

Per l'Intervallo 0.1-0.5s, con  $A_g > 0.125g$  e profondità del substrato  $< 30$  m le zone Mops 1-2-3-12 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,3-1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 > 8$  Hz e velocità delle onde  $V_{sh} = 500$  m/s.

Le zone Mops 3 e 9 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6, considerando nell'abaco di riferimento rispettivamente valori medi di frequenza  $f_0 = 5,5$  Hz con velocità delle onde  $V_{sh} = 500$  m/s e valori medi di frequenza  $f_0 > 8$  Hz con velocità delle onde  $V_{sh} = 300$  m/s.

La zona Mops 2099 presenta, invece, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7-1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 = 4,5$  Hz con velocità delle onde  $V_{sh} = 500$  m/s.

Per l'Intervallo 0.4-0.8s, con  $A_g > 0.125g$  e profondità del substrato  $< 30$  m le zone Mops 1-2-3-9-12 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1-1,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 > 8$  Hz e velocità delle onde  $V_{sh} = 300$  m/s e  $500$  m/s e valori medi di frequenza  $f_0 = 5,5$  e velocità delle onde  $V_{sh} = 500$  m/s.

La zona Mops 2099 presenta, invece, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7-1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 = 4,5$  Hz con velocità delle onde  $V_{sh} = 500$  m/s.

Per l'Intervallo 0.7-1.1s, con  $A_g > 0.125g$  e profondità del substrato  $< 30$  m le zone Mops 1-2-3-9-12-2099 mostrano valori di amplificazione ricadenti nell'intervallo 1,1-1,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 > 8$  Hz e velocità delle onde  $V_{sh} = 300$  m/s e  $500$  m/s e valori medi di frequenza  $f_0 = 4,5$  e  $5,5$  e velocità delle onde  $V_{sh} = 500$  m/s.

Per l'Intervallo 0.1-0.5s, con  $A_g > 0.125g$  e profondità del substrato  $> 30$  m le zone Mops 4(Case Nuove-Pillo e Varna-Catignano)-6(Badia a Cerreto)-7(Badia a Cerreto e Case Nuove-Pillo)-8(Case Nuove-Pillo) presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,1-1,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 < 1$  Hz con velocità delle onde  $V_{sh}$  pari a  $300$  m/s e  $500$  m/s.

Le zone Mops 4-6(Case Nuove-Pillo)-8(Case Nuove-Pillo) presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 = 2,5$  Hz,  $f_0 = 5,5$  Hz e  $f_0 > 8$  Hz, con velocità delle onde  $V_{sh}$  pari a  $500$  m/s.

Le zone Mops 6(Badia Cerreto)-7-8(Varna-Catignano)-10-11 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7-1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 = 3,5$  Hz e  $f_0 > 8$  Hz con velocità delle onde  $V_{sh} = 300$  m/s.

Per l'Intervallo 0.4-0.8s, con  $A_g > 0.125g$  e profondità del substrato  $> 30$  m la zona Mops 4(Case Nuove-Pillo e Varna-Catignano)-8(Case Nuove-Pillo) presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,1-1,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 < 1$  Hz con velocità delle onde  $V_{sh}$  pari a  $500$  m/s.

La zona Mops 6(Badia a Cerreto)-7(Badia a Cerreto e Case Nuove-Pillo) presenta, invece, valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3-1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 < 1$  Hz con velocità delle onde  $V_{sh} = 300$  m/s.

Le zone Mops 4(Case Nuove-Pillo)-5-8(Case Nuove-Pillo) presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 = 3,5$  Hz e  $f_0 > 8$  Hz, con velocità delle onde  $V_{sh}$  pari a  $500$  m/s.

Le zone Mops 4(Varna-Catignano)-6(Badia a Cerreto e Case Nuove-Pillo)-7-8(Varna-Catignano)-10-11 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7-1,8, considerando nell'abaco di riferimento

valori medi di frequenza  $f_0 = 2,5$  Hz e  $f_0 = 3,5$  Hz con velocità delle onde  $V_{sH} = 500$  m/s e valori medi di frequenza  $f_0 = 3,5$  Hz e  $f_0 > 8$  Hz con velocità delle onde  $V_{sH} = 300$  m/s.

Per l'Intervallo 0.7-1.1s, con  $A_g > 0.125g$  e profondità del substrato  $> 30$  m la zona Mops 4(Case Nuove-Pillo e Varna-Catignano)-8(Case Nuove-Pillo) presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,1-1,2, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 < 1$  Hz con velocità delle onde  $V_{sh}$  pari a 300 m/s e 500 m/s.

Le zone Mops 4(Varna-Catignao)-5-6(Case Nuove-Pillo) presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,3-1,4, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 = 2,5$  Hz,  $f_0 = 3,5$  Hz e  $f_0 = 5,5$  Hz, con velocità delle onde  $V_{sh}$  pari a 500 m/s.


Le zone Mops 4(Case Nuove-Pillo)-6(Badia a Cerreto)-7(Badia a Cerreto e Case Nuove-Pillo)-8(Case Nuove-Pillo) presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,5-1,6, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 > 8$  Hz con velocità delle onde  $V_{sH} = 500$  m/s e valori medi di frequenza  $f_0 < 1$  Hz con velocità delle onde  $V_{sH} = 300$  m/s


Le zone Mops 6(Badia Cerreto)7-8(Varna-Catignano)-10-11 presentano valori di amplificazione compresi nell'intervallo 1,7-1,8, considerando nell'abaco di riferimento valori medi di frequenza  $f_0 = 3,5$  Hz e  $f_0 > 8$  Hz con velocità delle onde  $V_{sH} = 300$  m/s.


#### Zone stabili


 FA = 1


#### Zone stabili suscettibili di amplificazione locale


 FA = 1,1 - 1,2

 FA = 1,3 - 1,4

 FA = 1,5 - 1,6

 FA = 1,7 - 1,8

 FA = 1,9 - 2,0

 FA = 2,1 - 2,2

*Legenda delle carte di Microzonazione Sismica*

Inoltre sono state valutate le **Zone di attenzione per instabilità** e in particolare le zone interessate dalla presenza di **instabilità di versante**, comprendenti le aree interessate da frane attive o quiescenti e le zone interessate da **cedimenti differenziali**, cioè quelle aree di contatto tra litotipi con caratteristiche molto diverse. Si tratta di un buffer di 40 metri posto al contatto tra i depositi detritico-alluvionali ed il substrato roccioso.

Sulla scorta delle verifiche alla **liquefazione** eseguite si ritiene ipotizzabile la non presenza di zone instabili per la possibilità di fenomeni di liquefazione.

Inoltre sono state riportate in carta le *zone di attenzione per la sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti*.

Si riportano di seguito le Microzone Sismiche individuate nello studio di Secondo Livello e la loro descrizione. (come presentate negli elaborati Tavole G.05, G.06 e G.07, in scala 1:5.000).

### Zone stabili

<b>ID</b>	<b>Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona</b>
<b>1011</b>	Substrato lapideo stratificato, in assenza di copertura (spessori generalmente inferiori ai 3,0 m) con $i < 15^\circ$ e basso c.i. FH 0,1-0,5      1,0 FH 0,5-1,0      1,0 FPGA              1,0

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

<b>ID</b>	<b>Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona</b>
<b>Z1 (2001)</b>	Substrato lapideo stratificato, copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$ , c.i. basso <b>Profondità substrato <math>&lt; 30,0</math> m; <math>Ag &gt; 0,125g</math></b> FA 0,1-0,5      1,3 FA 0,4-0,8      1,2 FA 0,7-1,1      1,2
<b>Z2 (2002)</b>	Substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato, copertura di origine alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$ , c.i. basso <b>Profondità substrato <math>&lt; 30,0</math> m; <math>Ag &gt; 0,125g</math></b> FA 0,1-0,5      1,3 FA 0,4-0,8      1,2 FA 0,7-1,1      1,2
<b>Z3 (2003)</b>	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto <b>Profondità substrato <math>&lt; 30,0</math> m; <math>Ag &gt; 0,125g</math></b> FA 0,1-0,5      1,3 e 1,6 FA 0,4-0,8      1,1 e 1,2 FA 0,7-1,1      1,1
<b>Z4 (2004)</b>	Coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso <b>Profondità substrato <math>&gt; 30,0</math> m; <math>Ag &gt; 0,125g</math></b> FA 0,1-0,5      1,1 e 1,6 (Case Nuove-Pillo) 1,1 e 1,5 (Varna-Catignano) FA 0,4-0,8      1,2 e 1,6 (Case Nuove-Pillo) 1,2 e 1,7 (Varna-Catignano) FA 0,7-1,1      1,2 e 1,5 (Case Nuove-Pillo) 1,2 e 1,4 (Varna-Catignano)
<b>Z5 (2005)</b>	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa con livelli sabbioso limosi, dello spessore compreso tra 50,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso <b>Profondità substrato <math>&gt; 30,0</math> m; <math>Ag &gt; 0,125g</math></b> FA 0,1-0,5      1,7 FA 0,4-0,8      1,6 FA 0,7-1,1      1,3
<b>Z6 (2006)</b>	Coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso <b>Profondità substrato <math>&gt; 30,0</math> m; <math>Ag &gt; 0,125g</math></b> FA 0,1-0,5      1,5 (Case Nuove-Pillo) 1,1 (Badia Cerreto) FA 0,4-0,8      1,7 (Case Nuove-Pillo) 1,4 (Badia Cerreto) FA 0,7-1,1      1,4 (Case Nuove-Pillo) 1,5 (Badia Cerreto)

- Z7 (2007)** Coperture alluvionali o detritiche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso  
**Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g**  
 FA 0,1-0,5 1,1 (Badia a Cerreto e Case Nuove-Pillo)  
 1,8 (Case Nuove-Pillo, Varna-Catignano e Badia a Cerreto)  
 FA 0,4-0,8 1,4 (Badia a Cerreto e Case Nuove-Pillo)  
 1,8 (Case Nuove-Pillo Varna-Catignano e Badia a Cerreto)  
 FA 0,7-1,1 1,5 (Badia a Cerreto e Case Nuove-Pillo)  
 1,7 (Case Nuove-Pillo, Varna-Catignano e Badia a Cerreto)
- Z8 (2008)** Coperture detritiche di natura sabbioso limose, dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso  
**Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g**  
 FA 0,1-0,5 1,1 (Case Nuove-Pillo)  
 1,8 (Varna-Catignano)  
 FA 0,4-0,8 1,1 (Case Nuove-Pillo)  
 1,8 (Varna-Catignano)  
 FA 0,7-1,1 1,2 (Case Nuove-Pillo)  
 1,7 (Varna-Catignano)
- Z9 (2009)** Coperture detritiche di natura sabbioso limose, dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto  
**Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g**  
 FA 0,1-0,5 1,5  
 FA 0,4-0,8 1,1  
 FA 0,7-1,1 1,1
- Z10 (2010)** Coperture alluvionali ghiaioso limose dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso  
**Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g**  
 FA 0,1-0,5 1,8  
 FA 0,4-0,8 1,7  
 FA 0,7-1,1 1,7
- Z11 (2011)** Coperture alluvionali ghiaioso limose dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso  
**Profondità substrato > 30,0 m; Ag > 0,125g**  
 FA 0,1-0,5 1,8  
 FA 0,4-0,8 1,8  
 FA 0,7-1,1 1,7
- Z12 (2012)** Coperture detritiche ed eluvio colluviali di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso  
**Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g**  
 FA 0,1-0,5 1,3  
 FA 0,4-0,8 1,2  
 FA 0,7-1,1 1,2
- 2099** Substrato lapideo stratificato fratturato / alterato, dello spessore compreso tra 15,0 e 25,0 m , poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso.  
**Profondità substrato < 30,0 m; Ag > 0,125g**  
 FA 0,1-0,5 1,7  
 FA 0,4-0,8 1,3  
 FA 0,7-1,1 1,1

### Zone di attenzione per le instabilità'

ID	Descrizione Zona
ZAFR1....n	Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).
ZACD	Cedimenti differenziali / crollo di cavità sotterranee / sinkhole.
ZAID	Sovrapposizione di instabilità differenti.

Sulla scorta delle considerazioni e verifiche riportate al paragrafo 2.6 non si ritengono presenti zone di attenzione di instabilità per fenomeni di liquefazione **ZALIQ**.

Di seguito, al fine di una migliore valutazione delle procedure che hanno portato alla specifica assegnazione dei valori del fattore di amplificazione precedentemente definiti, per ciascuna area di indagine vengono presentate delle specifiche tabelle in cui vengono indicate le condizioni al contorno (valore di  $A_g$  di riferimento –  $A_g > 0,125$  e profondità del substrato -  $> o < 30,0$  m dal p.c.) e le Zone riconosciute; e, per ciascuna zona individuata, vengono presentati i risultati di tutte le misure HVSR (valore di  $F_0$ ) e delle indagini lineari (valore di  $V_s$ ) eseguiti, nonché i valori dei fattori di amplificazione nei periodi 0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Si precisa che per le Zone prive di specifiche indagini sismiche di tipo Hvsr o lineari i fattori di amplificazioni sono stati ricavati in funzione dei risultati delle indagini sismiche eseguiti in aree limitrofe aventi successione stratigrafica simile e/o interpretate sulla scorta dei risultati delle indagini sismiche eseguite in contesti geologici analoghi ma in aree a diverso  $A_g$  di riferimento.

Inoltre si specifica che laddove, soprattutto con riferimento alla profondità del substrato lapideo e quindi dell'eventuale previsto contrasto di impedenza sismica, vi sia discordanza tra i dati di sismica di superficie (in particolari prove Hvsr) e le risultanze delle terebrazioni geognostiche (in particolare sondaggi a carotaggio continuo) è stato data maggior importanza nell'interpretazione del sottosuolo della specifica area alle risultanze delle indagini geognostiche dirette (sondaggi a carotaggio continuo).

Infine, si precisa che per le zone stabili è stato attribuito un fattore di amplificazione di 1,0 per tutti gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s), indipendentemente dal relativo valore di  $A_g$  di riferimento.

<b>GAMBASSI TERME – ABACO &gt; 0.125g</b>								
<b>ZONA</b>	<b>Indagini Puntuali</b>	<b>Indagini Lineari</b>	<b>Profondità Substrato</b>	<b>Vseq/30 (m/s)</b>	<b>HVSR (Hz)</b>	<b>Fa (0.1-.5s)</b>	<b>Fa (0.4-0.8s)</b>	<b>Fa (0.7-1.1s)</b>
<b>2001</b>	P13 P15 P19	L5	< 30m	<b>500</b>	<b>&gt;8</b>	<b>1.3</b>	<b>1.2</b>	
<b>2002</b>	P11	Non sono presenti indagini lineari	< 30m	<b>500</b>	<b>&gt;8</b>	<b>1.3</b>	<b>1.2</b>	
<b>2003</b>	P12 P7 P6 P5 P4 P3	Non sono presenti indagini lineari	< 30m	<b>500</b>	<b>5.5</b>	<b>1.6</b>	<b>1.2</b>	<b>1.1</b>
	P1 P2-P5	Non sono presenti indagini lineari	<30m	<b>500</b>	<b>&gt;8</b>	<b>1.3</b>	<b>1.1</b>	
<b>2009</b>	P1	L5	< 30m	<b>300</b>	<b>&gt;8</b>	<b>1.5</b>	<b>1.1</b>	
<b>2012</b>	P17	Non sono presenti indagini lineari	<30m	<b>500</b>	<b>&gt;8</b>	<b>1.3</b>	<b>1.2</b>	
<b>2099</b>	P10	Non sono presenti indagini lineari	<30 m	<b>500</b>	<b>4.5</b>	<b>1.7</b>	<b>1.3</b>	<b>1,1</b>

CASE NUOVE - PILLO – ABACO > 0.125g								
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.4-0.8s)	Fa (0.7-1.1s)
2004	P20 P22	L9	> 30m	500	>8	1.6		1.5
	P21 P23 P24 25	L9	>30m	500	<1	1,1	1,2	
2006	P30 P31 P32	Non sono presenti indagini lineari	> 30m	500	5.5	1.5	1.7	1.4
2007	P34	L1 L2	>30	300	>8	1.8		1.7
	P29-P37	L1-L2	>30	300	3.5	1.8		1.7
	P38-P35- P36-P30-P32	L1-L2	>30	300	<1	1.1	1.4	1.5
2008	Non sono presenti indagini puntuali e lineari		> 30m	500	>8	1.1		1.2
2010	Non sono presenti indagini puntuali e lineari		>30	300	>8	1.8	1.7	
2011	P27	L1	>30	300	3.5	1.8		1.7

VARNA - CATIGNANO – ABACO > 0.125g								
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.4-0.8s)	Fa (0.7-1.1s)
2004	P40 P41 P42	Non sono presenti indagini lineari	> 30m	500	2.5	1.5	1.7	1.4
	P43	Non sono presenti indagini lineari	>30m	500	<1	1,1	1,2	
2005	P39	Non sono presenti indagini lineari	> 30m	500	3.5	1.7	1.6	1.3
2007	Non sono presenti indagini puntuali e lineari		> 30m	300	3.5	1.8		1.7
2008	Non sono presenti indagini puntuali e lineari		> 30m	300	3.5	1.8		1.7

BADIA A CERRETO – ABACO > 0.125g								
ZONA	Indagini Puntuali	Indagini Lineari	Profondità Substrato	Vseq/30 (m/s)	HVSR (Hz)	Fa (0.1-.5s)	Fa (0.4-0.8s)	Fa (0.7-1.1s)

2006	P50 P51	L4 L7	> 30m	300	>8	1.8		1.7
	P44 46 P45	L4-L7	>30	300	<1	1,1	1.4	1.5
2007	P49	L3	> 30m	300	3.5	1.8		1.7
	P47 P48	L3	>30	300	<1	1.1	1.4	1.5

## 8.7 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI DI TERRITORIO INDAGATE

Si raccolgono nel presente capitolo considerazioni riassuntive in merito agli aspetti relativi alle indagini eseguite e alla definizione delle zone Mops e dei fattori di amplificazione attribuiti, per ciascuna area oggetto di approfondimento.

### **GAMBASSI TERME – Capoluogo**

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.500)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge il nucleo centrale dell'abitato del Capoluogo è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale, in particolare principalmente alle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), costituite da sabbie limose con intercalati livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia, con talvolta livelli da debolmente cementati a cementati (areniti) e, secondariamente ai Conglomerati di Gambassi Terme (GAM – PLIb), conglomerati costituiti da ciottoli arenitici, calcarei e ofiolitici appartenenti alle formazioni delle Unità Liguri. In maniera molto limitata si rinvengono alcuni sporadici livelli riferibili alla formazione delle Argille Azzurre (FAA) costituite da da argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure.

Questi sormontano i termini litoidi riferibili al Dominio Ligure e appartenenti all'Unità Tettonica Ofiolitica di Montaione, rappresentata dalla Formazione di Montaione (MIO) costituita da arenarie calcarifere gradate, marne grigie compatte e argilliti nerastre con intercalazioni di arenarie e brecce poligeniche ofiolitico – calcaree.

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine detritica ed eluvio-colluviale presenti in vari settori dell'area in esame.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è generalmente quiescente. Sono presenti, inoltre, areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una prevalente acclività con pendenze comprese tra 15% e 25% con settori, in corrispondenza dell'abitato del Capoluogo e della località Chianni, con minor acclività (pendenze inferiori al 15%) e settori, lungo i versanti dei rilievi collinari su cui sorge il Capoluogo, con acclività maggiori (comprese tra 25% e 45%).



Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

### ***Indagini geonostiche realizzate e/o pregresse***

Per il Capoluogo sono stati reperiti tutti i dati geonostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geonostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 2 sondaggi geonostici a carotaggio continuo con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 2 stratigrafie risultanti da terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 1 indagine di sismica tipo MASW;
- n. 2 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSr).

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono inoltre stata effettuata ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 2 indagini di sismica tipo MASW, n. 2 indagini di array sismico tipo ESAC e n. 19 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico su cui sorge il nucleo storico dell'abitato di Gambassi Terme risulta costituito da terreni appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale, in particolare principalmente alle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), su cui si colloca il centro storico del paese, e che si riconoscono in tutto il settore settentrionale dell'area di indagine, rappresentando i depositi su cui sorge anche l'abitato di Chianni e, secondariamente ai Conglomerati di Gambassi Terme (GAM – PLIb), che affiorano limitatamente lungo il versante orientale del rilievo collinare su cui sorge l'abitato del Capoluogo.

Presso l'abitato di Chianni sulle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs) si rilevano spessori metrici di depositi detritici di versante.

Le Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs) affiorano anche in locali affioramenti nel settore meridionale dell'area di studio presso la località Pian della Fornace e La Montagnola.

In alcuni limitati settori lungo i rilievi collinari presenti tra le località di La Buca e Colombaia si rinvencono limitati livelli riferibili alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Il substrato litoide su cui giacciono i termini della Successione neogenico-quadernaria è rappresentato dalla Formazione di Montaione (MIO) appartenente all'Unità Tettonica Ofiolitifera di Montaione del Dominio Ligure. Questa affiora estesamente nel settore meridionale dell'area di interesse, interessando il settore meridionale e occidentale dell'abitato di Gambassi Terme, e un settore limitato presso la località P. Pola.

Su questa formazione presso la località Il Porcello si hanno spessori metrici di terreni di copertura eluvio-colluviale.

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

### ***Modello geologico tecnico***

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMfd (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante – falda detritica) le litologie appartenenti ai depositi detritici di versante (aa), all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante – eluvi-colluvi) litologie appartenenti ai depositi eluvio-colluviali (b2a), all'unità geologico-tecnica SMtm (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) i terreni appartenenti alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs) e all'unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm (Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero - spiaggia-palude/laguna/stagno/lago-terrazzo marino) i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Montaione (MIO) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato), mentre i terreni riferibili ai Conglomerati di Gambassi (GAM-PLIb) sono state inserite nella classe geologico-tecnica GR (substrato geologico granulare cementato). Laddove i terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Montaione (MIO) appaiono fratturati / alterati sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFLPS (Lapideo, stratificato fratturato / alterato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti, nonché gli orli di scarpata morfologica e le creste morfologiche.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

#### ***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 19 misure HVSR di cui n. 14 classificate in classe A1 e n. 5 classificata in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 57,6 che la colloca in classe di accettabilità B.

#### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono state eseguite n. 19 misure di sismica passiva con metodo HVSR (sigle da P1 a P19) nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 2.

Le registrazioni di rumore sismico (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) eseguite nel settore settentrionale dell'area di indagine tra l'abitato del Capoluogo e la località di Chianni hanno mostrato, come nel caso delle prove P1 e P2, eseguite presso la località di Chianni, alte frequenze di picco (rispettivamente 16,29 e 13,04 Hz) con ampiezze rispettivamente pari a 4,17 e 2,32.

Presso la località di Chianni, in corrispondenza della prova P1 è stata anche eseguita un'indagine Masw (L6) associata ad un'indagine Esac (P54), che hanno mostrato la presenza nel sottosuolo di un susseguirsi di sismostrati a velocità sempre leggermente crescenti e comprese tra circa 300,0 m/s e circa 500,0 m/s.

Le prove P3, P4, P5 e P6 registrano picchi con frequenze comprese tra 4,14 e 6,95 Hz e ampiezze comprese tra 2,12 e 2,62 per le prove P3 e P6 e ampiezze pari a 3,32 e 4,54 per le prove P4 e P5.

Le indagini eseguite presso il centro dell'abitato del Capoluogo (prove P7, P9, P10 e P12) mostrano, ad eccezione della prova P10 (A0 = 2,19) eseguita presso il campo sportivo, alti contrasti di impedenza sismica (A0 comprese tra 3,04 e 3,36). Le frequenze variano tra 4,25 Hz e 13,87 Hz.

Presso il campo sportivo, in corrispondenza della prova P1 è stata anche eseguita un'indagine Masw (L5) associata ad un'indagine Esac (P53), che hanno mostrato la presenza nel sottosuolo di un susseguirsi di sismostrati a velocità sempre leggermente crescenti e comprese tra circa 200,0 m/s e poco oltre i 600,0 m/s. In particolare si hanno velocità comprese tra 200,0 m/s e 400,0 m/s fino a circa 14,0 m da p.c. e velocità comprese tra 400,0 m/s e 600,0 m/s tra 14,0 e 30,0 m da p.c..

Ad est del Capoluogo presso la località Torricella è stata eseguita la prova P8 che ha mostrato un picco con frequenza 22,1 Hz e ampiezza 2,68.

Nella porzione meridionale dell'abitato del Capoluogo e del settore di indagini sono state eseguite le prove P11, P13, P14, P15, P16, P17, P18 e P19.

Le prove principalmente non hanno registrato la presenza di alcun picco significativo, oppure la presenza di picchi ad alte frequenze ( $f_0 > 21,5$  Hz), quindi a pochi metri di profondità dal piano campagna.

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

#### **Zone stabili**

- **1011**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato geologico, nel caso in esame un Substrato lapideo stratificato, con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 3,0 m con  $i < 15^\circ$  e basso c. i..

Sulla scorta di alcune indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P10, P13, P14, P15, P16, P17 e P18) e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,0 per entrambi gli intervalli di riferimento (0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

La zona viene individuata in corrispondenza della porzione meridionale e occidentale dell'abitato di Gambassi Terme. Inoltre interessa un settore isolato presso la località di P. Pola.

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1 (2001)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato, con copertura di origine alteritica  $< 3,0$  m,  $i > 15^\circ$ , c.i. basso.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata lungo i versanti che delimitano ad oriente ed a occidente il rilievo su cui sorge l'abitato di Gambassi Terme, e a sud della località La Montagnola.

- **zona 2 (2002)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato granulare cementato dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggiante su substrato lapideo stratificato, copertura di origine alteritica  $< 3,0$  m,  $i > 15^\circ$ , c.i. basso

Sulla scorta di alcune indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P11) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

La zona viene individuata lungo i versanti che delimitano il settore centro orientale dell'abitato di Gambassi Terme.

- **zona 3 (2003)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto.

Sulla scorta dei risultati di alcune indagini sismiche eseguite (P1, P4, P5, P7, P9 e P12) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito, in funzione dei settori di indagine, un fattore di amplificazione di 1,3 e 1,6 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,1 e 1,2 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in corrispondenza del centro storico dell'abitato di Gambassi Terme, in gran parte del settore settentrionale di studio e in alcuni limitati areali nella porzione meridionale presso le località di Pian della Formace e La Montagnola.

- **zona 9 (2009)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture detritiche di natura sabbioso limose, dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. alto.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,5 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,1 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Interessa alcuni settori della porzione settentrionale dell'area di indagine presso la località Chianni.

- **zona 12 (2012)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture detritiche ed eluvio colluviali di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,2 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Interessa alcuni limitati areali nella porzione meridionale dell'area di studio, presso la località Il Porcello.

- **zona 2099**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha un substrato lapideo stratificato fratturato / alterato, dello spessore compreso tra 15,0 e 25,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso.

Sulla scorta dei risultati delle indagini sismiche eseguite (P10) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,1 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata nella porzione occidentale dell'abitato di Gambassi Terme, in corrispondenza del campo sportivo.

#### **Zone di attenzione per instabilità**

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali, coltri di frana, e coperture detritiche) e il substrato lapideo stratificato (LPS) e quello granulare (GR) e tra i suddetti substrati litoidi e i depositi di copertura di età pliocenica prevalentemente sabbioso limosi (SM) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un areale ("buffer") di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Inoltre sono state indicate con una fascia di circa 20 m di ampiezza i settori laddove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

#### **CASE NUOVE - PILLO**

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.500)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Pillo è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentata dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), costituite da sabbie limose con intercalati livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia, con talvolta livelli da debolmente cementati a cementati (areniti), talora intercalati da subordinati livelli costituiti da argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure appartenenti alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Le Argille Azzurre (FAA) diviene la formazione predominante nel sottosuolo dell'area di Case Nuove.

Nei settori collinari presso Pillo le suddette Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs) poggiano in profondità sulle arenarie torbiditiche appartenenti alla formazione del Macigno (MAC).

I lungo i versanti dei rilievi collinari su cui sorge l'abitato di Pillo si rinvengono spessori di terreni riferibili ai depositi alluvionali terrazzati di età pleistocenica (bnb) e ai depositi detritici di versante (aa).

Lungo i fondovalle del Rio Arnese e del Rio della Querce e presso la località Campatello si ha la presenza di depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) a prevalente composizione ghiaioso sabbiosa.

Spostandosi verso l'abitato di Case Nuove, nel fondovalle inciso dal corso del Rio Pietroso la formazione delle Argille Azzurre (FAA) viene sormontata dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) a prevalente composizione sabbiosa.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da corpi di frana quiescenti e da areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenziano blandi pendenze, in particolare nei settori di fondovalle e nell'area di Case Nuove, comprese tra 0% e 15%.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

### ***Indagini geognostiche realizzate e/o progressse***

Per la frazioni di Pillo e Case Nuove sono stati ricercati eventuali dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 1 prova penetrometrica statica;
- n. 1 indagine di sismica tipo MASW.

In corrispondenza di suddetti abitati sono inoltre state effettuate indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stata svolta una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 2 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 1 indagine sismica di tipo Masw e n. 19 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSr).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

I terreni su cui sorge l'abitato di Pillo risultano costituiti da depositi appartenenti alla Successione neogenico-quaternaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati principalmente dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs) e, secondariamente con affioramenti molto limitati dalle Argille Azzurre (FAA).

Questi depositi poggiano, a profondità di circa 40,0 – 60,0 m, sui depositi torbiditici arenacei riferibili alla formazione del Macigno (MAC).

Sui fianchi dei rilievi collinari si rinvengono, al di sopra dei depositi pliocenici, spessori di terreni riferibili ai depositi alluvionali terrazzati di età pleistocenica (bnb) e ai depositi detritici di versante (aa).

Invece, lungo i fondovalle del Rio Arnese e del Rio della Querce e presso la località Campatello si ha la presenza di depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) a prevalente composizione ghiaioso sabbiosa.

Il sottosuolo dell'area di Case Nuove è, invece, costituito prevalentemente dalle litologie riferibili alla formazione delle Argille Azzurre (FAA), su cui poggiano spessori, compresi tra 5,0 e 20,0 m di depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna), sia a prevalente composizione ghiaioso limosa e ghiaioso sabbiosa che a prevalente composizione sabbioso limosa.

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

### ***Modello geologico tecnico***

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - argine / barre / canali) le litologie appartenenti ai depositi alluvionali recenti terrazzati o non (bna) di natura ghiaioso limosa e ghiaioso sabbiosa e ai depositi alluvionali terrazzati (bnb), all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - argine / barre / canali) i depositi alluvionali recenti terrazzati o non (bna) di natura sabbioso limosa, all'unità geologico-tecnica SMfd (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante – falda detritica) le litologie appartenenti ai depositi detritici di versante (aa), all'unità geologico-tecnica SMtm (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) i terreni appartenenti alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs) e all'unità

geologico-tecnica CLsp-pl-tm (Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero - spiaggia-palude/laguna/stagno/lago-terrazzo marino) i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti, nonché gli orli di scarpata morfologica e le creste morfologiche.

### ***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 19 misure HVSR, di cui n. 9 classificate in classe A1 e n. 10 classificate in classe A2, si ricava una valutazione di qualità pari a 50,1 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza degli abitati di Pillo e Case Nuove sono state appositamente eseguite n. 19 misure di sismica passiva con metodo HVSR (sigle dalla P20 alla P38) nell'ambito dello studio in oggetto.

Presso l'abitato di Pillo sono state eseguite le prove P20, P21, P22 e P23. Le prove non hanno registrato la presenza di alcun picco significativo, oppure la presenza di picchi ad alte frequenze ( $f_0 > 14,97$  Hz), quindi a pochi metri di profondità dal piano campagna, con basse ampiezze.

Presso le località di La Querce e Campatello sono state eseguite le prove P24, P25 e P27. Le prime due non hanno mostrato la presenza di picchi di frequenza significativi, mentre la prova P27 ha registrato un picco a frequenza  $f_0 = 3,76$  e  $A_0 = 2,25$ .

Presso l'abitato di Case Nuove sono state eseguite le prove P26, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36, P37 e P38. Le suddette prove o non hanno registrato la presenza di picchi di frequenza significativi o picchi di frequenza, con ampiezza bassa ( $A_0$  compresi tra 2,06 e 2,88), compresi tra 2,92 Hz e 3,91 Hz.

In corrispondenza della prova P26 è stata anche eseguita una stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (L1) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 15,0 m con Vs comprese tra 137,0 e 168,0 m/s ca. e di un secondo sismostrato con Vs comprese tra 376,0 e 470,0 m/s.

Tra i siti di esecuzione delle prove P28 e P29 è stata anche eseguita una seconda stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (L2) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 15,0 m con Vs comprese tra 143,0 e 208,0 m/s ca. e di un secondo sismostrato con Vs comprese tra 470,0 e 493,0 m/s.

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 4 (2004)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso.

Sulla scorta dei risultati di alcune indagini sismiche eseguite (P20, P21, P22, P23, P24 e P25) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito, in funzione dei settori di indagine, un fattore di amplificazione di 1,1 e 1,6 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,1 e 1,6 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,2 e 1,5 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata per gran parte del rilievo collinare a sud della località Campatello, su cui sorge l'abitato di Pillo.

- **zona 6 (2006)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso.

Sulla scorta dei risultati di alcune indagini sismiche eseguite (P30, P31 e P32) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,5 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,4 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in corrispondenza dei rilievi collinari attorno all'abitato di Case Nuove.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture alluvionali o detritiche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso.

Sulla scorta dei risultati di alcune indagini sismiche eseguite (P29, P34, P35, P36 e P37) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito, in funzione dei settori di indagine, un fattore di amplificazione di 1,1 e 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,4 e 1,8 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,5 e 1,7 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in corrispondenza del fondovalle su cui sorge l'abitato di Case Nuove.

- **zona 8 (2008)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture detritiche di natura sabbioso limose, dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,1 per gli intervalli 0,1-0,5s e 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,2 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Interessa alcuni limitati settori presso il corso del Rio Arnese e del Rio della Querce.

- **zona 10 (2010)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture alluvionali pleistoceniche ghiaioso limose dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s e un fattore di amplificazione di 1,7 per gli intervalli 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

Interessa principalmente le fasce attorno ai rilievi collinari di Pillo in cui scorrono il Rio Arnese e il Rio della Querce, e presso la località Campatello.

- **zona 11 (2011)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture alluvionali ghiaioso limose dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso.



Sulla scorta dei risultati di alcune indagini sismiche eseguite (P27) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,8 per gli intervalli 0,1-0,5s e 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Interessa alcuni limitati areali nella porzione meridionale dell'area di studio, presso la località Il Porcello.

#### **Zone di attenzione per instabilità**

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1...n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

### **VARNA - CATIGNANO**

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.500)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorgono gli abitati di Varna e Catignano è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentata dalle Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs), costituite da sabbie limose con intercalati livelli di limo da debolmente sabbioso ad argilloso e rare lenti di ghiaia, con talvolta livelli da debolmente cementati a cementati (areniti) e, secondariamente, presso la località di Catignano, dalle Argille Azzurre (FAA) costituite da argille e argille siltose, talora marnose, grigio-azzurre e grigio scure.

Su questi, talora, poggiano spessori metrici di depositi di detrito di versante (aa).

Sudette formazioni poggiano in profondità su un substrato litoide costituito dalla formazione del Macigno (MAC) nella sua facies arenacea torbidityca.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da corpi di frana quiescenti e da areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenziano blandi pendenze comprese generalmente tra 5% e 25%.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

#### ***Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse***

Per la frazioni di Varna e Catignano sono stati ricercati tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In corrispondenza di suddetti abitati sono inoltre state effettuate indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stata svolta una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 5 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

#### ***Modello geologico del sottosuolo***

I terreni su cui sorgono gli abitati di Varna e Catignano risultano costituiti da terreni appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati, in particolare dalle

Sabbie di San Vivaldo (SSV – PLIs). Nel settore a sud e ad est di Catignano si hanno, invece, litologie pelitiche riferibili alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Su di queste in vari settori si hanno coperture detritiche di versante (aa) e di frana.

A profondità superiori a 40,0 – 50,0 m dal p.c. i depositi pliocenici poggiano sulle litologie del Dominio Toscano rappresentate dalle torbiditi arenacee della formazione del Macigno (MAC).

### ***Modello geologico tecnico***

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMfd (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante – falda detritica) le litologie appartenenti ai depositi detritici di versante (aa), all'unità geologico-tecnica SMtm (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico costiero - terrazzo marino) i terreni appartenenti alla formazione delle Sabbie di San Vivaldo (SVV-PLIs) e all'unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm (Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero - spiaggia-palude/laguna/stagno/lago-terrazzo marino) i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti.

### ***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 5 misure HVSR, di cui n. 4 classificate in classe A1 e n. 1 in classe A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 37,1 che la colloca in classe di accettabilità C.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza degli abitati di Varna e Catignano sono state appositamente eseguite n. 5 misure di sismica passiva con metodo HVSR (P39, P40, P41, P42 e P43) nell'ambito dello studio in oggetto.

Ad eccezione della prova P42, che ha mostrato un alto contrasto di impedenza ( $A_0 = 4,36$ ) ad una frequenza di 3,7 Hz, e della prova P43 che non ha registrato alcun picco significativo, le altre prove hanno mostrato bassi contrasti di impedenza ( $A_0$  compresi tra 2,63 e 2,7) con frequenze comprese tra 2,27Hz e 3,58 Hz.

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 4 (2004)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso.

Sulla scorta dei risultati di alcune indagini sismiche eseguite (P40, P41, P42 e P43) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito, in funzione dei settori di indagine, un fattore di amplificazione di 1,1 e 1,5 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattori di amplificazione di 1,2 e 1,7 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,2 e 1,4 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata per gran parte dei rilievi collinari dell'area di interesse, a partire dall'abitato di Catignano verso ovest.

- **zona 5 (2005)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura argilloso limosa con livelli sabbioso limosi, dello spessore compreso tra 50,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso

Sulla scorta dei risultati di alcune indagini sismiche eseguite (P39) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,6 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,3 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in corrispondenza dei rilievi collinari ad est dell'abitato di Catignano.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture alluvionali o detritiche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,8 per gli intervalli 0,1-0,5s e 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,7 per gli intervalli 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in un limitato settore tra le località di Catignano e di Pozzo Chiaro.

- **zona 8 (2008)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture detritiche di natura sabbioso limose, dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su coperture plioceniche di natura sabbioso limosa con livelli argilloso limosi, dello spessore compreso tra 40,0 e 60,0 m, poggianti su substrato lapideo stratificato, c.i. basso.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,8 per gli intervalli 0,1-0,5s e 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,7 per l'intervallo 0,7-1,1s.

Interessa alcuni settori attorno all'abitato di Varna.

#### **Zone di attenzione per instabilità**

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

### **BADIA A CERRETO**

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04, G.05, G.06 e G.07 in scala 1:5.000 e G.08 in scala 1:2.500)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Badia a Cerreto è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentata dalle Argille Azzurre (FAAb), costituite da argille sabbiose, limi ed argille siltose con intercalazioni sabbiose con fossili marini.

Su queste, nel settore prossimo al corso del Fiume Elsa poggiano spessori metrici e plurimetrici di depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) a prevalente composizione sabbiosa.

Presso l'alveo del Fiume Elsa, sopra i terreni pliocenici, si hanno depositi alluvionali attuali (b).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da corpi di frana quiescenti e da areali con fenomeni di soliflusso generalizzato e di erosione superficiale. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenziano blandi pendenze, comprese tra 0% e 15%.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

### ***Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse***

Per la frazione di Badia a Cerreto sono stati ricercati eventuali dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con le relative risultanze stratigrafiche;
- n. 1 prova penetrometrica statica;
- n. 1 indagine di sismica tipo MASW;
- n. 1 prova di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSr).

In corrispondenza di suddetti abitati sono inoltre state effettuate indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 è stata svolta una integrativa e inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 1 indagine sismica di tipo Masw, n.1 array sismico di tipo Esac e n. 8 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSr).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

I terreni su cui sorge l'abitato di Badia a Cerreto risultano costituiti da depositi appartenenti alla Successione neogenico-quadernaria del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale rappresentati principalmente dalle Argille Azzurre (FAAb).

Su queste si rinvengono, presso il corso del Fiume Elsa spessori compresi tra 5,0 e 20,0 m di depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) a prevalente composizione sabbioso limosa. In corrispondenza del Fiume Elsa si hanno, invece, depositi alluvionali attuali (b).

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

### ***Modello geologico tecnico***

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - argine / barre / canali) le litologie appartenenti ai depositi alluvionali attuali (b) e ai depositi alluvionali recenti terrazzati o non (bna) di natura sabbioso limosa e all'unità geologico-tecnica CLsp-pl-tm (Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente genetico costiero - spiaggia-laguna/stagno/lago-terrazzo marino) i terreni alla formazione delle Argille Azzurre (FAAb).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti, nonché gli orli di scarpata morfologica e le creste morfologiche.

### ***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 8 misure HVSR, di cui n. 3 classificate in classe A1 e n. 5 classificate in classe A2, si ricava una valutazione di qualità pari a 52,1 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Badia a Cerreto sono state appositamente eseguite n. 8 misure di sismica passiva con metodo HVSR (sigle dalla P44 alla P51) nell'ambito dello studio in oggetto.

Le prove P44, P45, P46, P47 e P48 non hanno registrato la presenza di alcun picco significativo, mentre le prove P49 e P51 hanno entrambe presentato ampiezza  $A_0 = 2,38$  con frequenze simili (rispettivamente 3,47 e 3,63 Hz).

La prova P50 ha mostrato  $A_0 = 2,15$  con  $f_0 = 15,04$  Hz.

In corrispondenza della prova P28 è stata anche eseguita una stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (L3) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 15,0 m con  $V_s$  comprese tra 253,0 e 296,0 m/s ca. e di un secondo sismostrato con  $V_s$  comprese tra 431,0 e 482,0 m/s.

Presso la località La Querce, in corrispondenza della prova P50 è stata anche eseguita un'indagine Masw (L4) associata ad un'indagine Esac (P52), che hanno mostrato la presenza nel sottosuolo uno spessore di terreno di ca. 7,0 m con  $V_{sh}$  inferiori a 200,0 m/s, a cui segue uno spessore di ca. 8,0 m con  $V_{sh}$  comprese tra 200,0 e 300,0 m/s. Al di sotto, fino a 30,0 m dal p.c. si registrano velocità delle  $V_{sh}$  comprese tra 300,0 e ca. 400,0 m/s.

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 6 (2006)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso.

Sulla scorta dei risultati di alcune indagini sismiche eseguite (P44, P45, P46, P50 e P51) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito, in funzione dei settori di indagine, un fattore di amplificazione di 1,1 e 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,4 e 1,8 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,5 e 1,7 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona interessa la maggior parte dell'area su cui sorge l'abitato di Badia a Cerreto.

- **zona 7 (2007)**: questa zona comprende le aree nelle quali sono presenti coperture alluvionali o detritiche di natura sabbioso limosa, dello spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su coperture plioceniche di natura argilloso limosa, c.i. basso.

Sulla scorta dei risultati di alcune indagini sismiche eseguite (P47, P48 e P49) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 2 alla zona viene attribuito, in funzione dei settori di indagine, un fattore di amplificazione di 1,1 e 1,8 per l'intervallo 0,1-0,5s, un fattore di amplificazione di 1,4 e 1,8 per l'intervallo 0,4-0,8s e un fattore di amplificazione di 1,5 e 1,7 per l'intervallo 0,7-1,1s.

La zona viene individuata in corrispondenza delle aree prossime al corso del Fiume Elsa.

#### **Zone di attenzione per instabilità**

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1...n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.1) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

## **9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI**

Come già ampiamente trattato nel precedente capitolo 2, relativo agli eventi sismici di riferimento, il territorio comunale di Gambassi Terme ha registrato nel passato alcuni episodi sismici, sebbene di non importante intensità; inoltre non sono stati storicamente registrati particolari danni a opere civili e/o infrastrutture, in occasione di scosse di terremoto avvertite anche nel territorio comunale di Gambassi Terme.

Dagli studi eseguiti è possibile desumere che le maggiori lesioni e danni di un evento sismico possono essere registrate laddove si ha la presenza di una coltre di copertura su un substrato litoide, e dove possono avvenire fenomeni di contrasto di impedenza sismica.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Albarello D. (2013) - I dati di rumore ambientale per la MS di Livello I - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 22-23 maggio 2013.
- Albarello D. (2013) - La risposta sismica locale. Seminario ODG – Fermo, 11 Ottobre 2013.
- Albarello D. (2013) - Sismica passiva con tecniche a stazione singola e antenna. Seminario ODG – Fermo, 11 Ottobre 2013.
- Albarello D. (2013) - Misure di rumore ambientale. Corso di microzonazione sismica e valutazione della risposta sismica locale per la ricostruzione post-terremoto.
- Albarello D. & Castellaro S. (2011) – Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola – Supplemento alla rivista trimestrale *Ingegneria Sismica* – Anno XXVIII, n. 2.
- Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M. M. & Boschi E. (2008) - DISS - Database of Individual Seismogenic Sources.
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell’OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) - Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica. Microzonazione sismica. Versione 4.1.
- Gruppo di Lavoro MS (2008) - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
- Gruppo di Lavoro MS–AQ (2010) - Microzonazione sismica per la ricostruzione dell’area aquilana. Regione Abruzzo – Dipartimento della Protezione Civile, L’Aquila, 3 vol. e Cd-rom.
- Meletti C., Valensise G. (2004) - Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione civile, Ufficio rischio sismico e vulcanico (2012) - Classificazione sismica al 2012 Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell’Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B. & Gasperini P. (2016) - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 Release v1.5 2015 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- SESAME European research project WP12 – Deliverable D23.12 - Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation.



## **11. ALLEGATI**

- Tav. G.01 Carta delle indagini – Gambassi Terme – Case Nuove - Pillo – Varna – Badia a Cerreto (scala 1:5.000)
- Tav. G.02 Carta geologico tecnica per la Microzonazione Sismica – Gambassi Terme – Case Nuove - Pillo – Varna - Badia a Cerreto (scala 1:5.000)
- Tav. G.03 Carta delle frequenze – Gambassi Terme – Case Nuove - Pillo – Varna - Badia a Cerreto (scala 1:5.000)
- Tav. G.04 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Gambassi Terme – Case Nuove - Pillo – Varna - Badia a Cerreto (scala 1:5.000)
- Tav. G.05 Carta di Microzonazione Sismica FA01-05 - Gambassi Terme – Case Nuove - Pillo – Varna – Badia a Cerreto (scala 1:5.000)
- Tav. G.06 Carta di Microzonazione Sismica FA04-08 - Gambassi Terme – Case Nuove - Pillo – Varna – Badia a Cerreto (scala 1:5.000)
- Tav. G.07 Carta di Microzonazione Sismica FA07-11 - Gambassi Terme – Case Nuove - Pillo – Varna – Badia a Cerreto (scala 1:5.000)
- Tav. G.08 Sezioni geologiche - Gambassi Terme – Case Nuove - Pillo – Varna – Badia a Cerreto (scala 1:2.500)
- Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica di livello 2 – eseguite dal Dott. Pieroni e dal Dott. Puccetti

Firenze li 27.10.2020

---

Prof. Geol. Eros Aiello

---

Dott. Geol. Gabriele Grandini