

Piano Strutturale R3

RELAZIONE

TECNICA ILLUSTRATIVA



progetto:

luglio 2023

Roberto Vezzosi (capogruppo)

Stefania Rizzotti, Idp studio

Massimiliano Rossi, Fabio Poggi, Davide Giovannuzzi, Mirko Frascioni, Laura Galmacci, ProGeo Engineering s.r.l.

Luca Moretti, Lorenzo Lari, Cooperativa Civile STP Soc. Coop

Leonardo Lombardi, Michele Giunti e Cristina Castelli, NEMO Nature and Environment Management Operators s.r.l.

Bianca Borri

Martina Romeo

Valentina Vettori

Andrea Debernardi con Chiara Taiariol e Lorena Mastropasqua, META s.r.l., per gli aspetti della mobilità

Maria Rita Cecchini per la Valutazione Ambientale Strategica

Sindaco e Assessore all'Urbanistica: Alessandro Donati

Garante dell'informazione e della partecipazione: Francesco Manganelli

Responsabile del procedimento: Rita Lucci

Comune di Colle di Val d'Elsa

INDICE

1. PREMESSA	2
2. ELABORATI CARTOGRAFICI	3
3. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	4
3.1. Campagna di misure geofisiche integrative	5
4. AGGIORNAMENTO DELLA MICROZONAZIONE SISMICA AL I LIVELLO DI ANALISI	7
4.1. Carta Geologico-Tecnica	7
4.2. Carta delle Frequenze Naturali del Terreno	8
4.3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	12
5. DEFINIZIONE DELLA CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 2° LIVELLO	17
6. RESTITUZIONE DEI RISULTATI	22
7. ANALISI DEI RISULTATI	22
8. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	23
8.1. Considerazioni generali	23
8.2. Caso in esame	24
9. BIBLIOGRAFIA	25

ALLEGATI:

- Carta delle Indagini
- Carta Geologico Tecnica
- Carta delle Sezioni Geologico-Tecniche
- Carte delle Frequenze Naturali dei Terreni
- Carta delle MOPS
- Carta di MS2: fattore di amplificazione FA (0.1-0.5 s)
- Carta di MS2: fattore di amplificazione FA (0.4-0.8 s)
- Carta di MS2: fattore di amplificazione FA (0.7-1.1 s)
- Report indagini sismiche

1. PREMESSA

La Microzonazione sismica, cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base alla risposta sismica locale, è uno degli strumenti più efficaci per la riduzione del rischio sismico in quanto permette, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica, di valutare la pericolosità sismica nelle aree urbane e urbanizzabili, indirizzare i nuovi interventi verso quelle zone a minore pericolosità e programmare interventi di mitigazione del rischio nelle zone in cui sono presenti particolari criticità. In funzione dei diversi contesti, dei diversi obiettivi e delle disponibilità economiche, le linee guida (Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica) prevedono 3 differenti livelli di approfondimento, con complessità, impegno e costi crescenti.

- **Livello 1:** è un livello propedeutico ai veri e propri studi di microzonazione sismica, in quanto consiste nella messa a punto di un quadro conoscitivo generale in base a dati preesistenti ed indagini a basso costo realizzate ex-novo. L'obiettivo è l'individuazione in pianta di una serie di settori definiti "microzone" all'interno dei quali è possibile ipotizzare un comportamento sismico dei terreni omogeneo.
- **Livello 2:** introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee definite nel livello 1. A ciascuna microzona viene associato un fattore di amplificazione (FA) computato attraverso appositi abachi realizzati "ad hoc" per tutto il territorio regionale in base alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e sismiche.
- **Livello 3:** restituisce una carta di Microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Con la Determinazione n. 152 del 21/04/2022 il Comune di Colle di Val d'Elsa ha affidato al sottoscritto Geol. Fabio Poggi in rappresentanza di Progeo Engineering srl, lo studio di Microzonazione Sismica al II livello di approfondimento.

Alle varie fasi del lavoro (Banca dati, redazione ed elaborazione delle carte tematiche, esecuzione/interpretazione delle nuove indagini geofisiche: MASW, ESAC, HVSr) hanno collaborato: Geol. Fausto Capacci, Geol. Renzo Falaschi e Geol. Gabriele Menchetti.



Nel presente rapporto tecnico-scientifico vengono illustrati gli elaborati e i prodotti informatici relativi alle indagini e agli studi svolti nell'ambito della Microzonazione Sismica al II livello di analisi, del territorio di Colle di Val d'Elsa (SI), mentre per quanto riguarda gli aspetti legati a sismicità storica, assetto geologico-geomorfologico generale e risultati delle pregresse indagini di MS1 viene fatto riferimento a quanto prodotto nell'ambito del precedente studio di MS1.

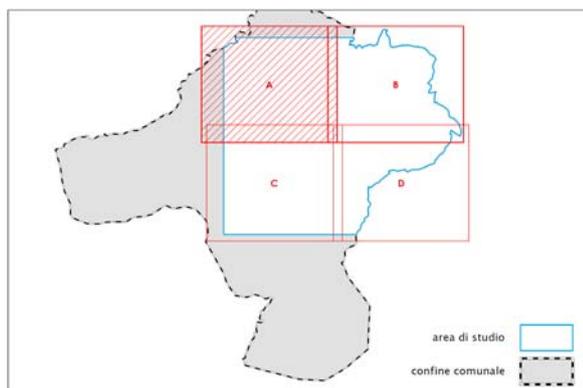
2. ELABORATI CARTOGRAFICI

Nel presente rapporto tecnico vengono illustrati gli elaborati e i prodotti informatici relativi alle indagini e agli studi svolti nell'ambito della Microzonazione Sismica al II livello di analisi, del Comune di Colle di Val d'Elsa (SI).

In Tabella seguente è riportata una sintesi della documentazione e degli elaborati cartografici in allegato alla relazione.

ELABORATI CARTOGRAFICI		
Titolo Elaborato	Scala	N° tavole
Carta delle Indagini	1:5.000	4
Carta Geologico Tecnica	1:5.000	4
Carta delle Sezioni Geologico-Tecniche	1:5000	1
Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni	1:5.000	4
Carta delle MOPS	1:5.000	4
Carta di MS2: Fattore di Amplificazione FA (0,1 - 0,5 s)	1:5.000	4
Carta di MS2: Fattore di Amplificazione FA (0,4 - 0,8 s)	1:5.000	4
Carta di MS2: Fattore di Amplificazione FA (0,7 - 1,1 s)	1:5.000	4

Le aree soggette ai previsti approfondimenti (zone urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale di Colle di Val d'Elsa) sono quelle in corrispondenza dei maggiori centri abitati (Boscona, Quartaia, Borgatello, Campiglia) e di alcune aree di campagna, non inserite nel precedente studio di primo livello come Lano, Mensanello, Boscona, Agrestone ecc...



3. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Le indagini associate agli strumenti urbanisti del Comune di Colle di Val d'Elsa hanno permesso di delineare un quadro conoscitivo preliminare del territorio finalizzato alla successiva realizzazione del modello geologico di riferimento (come previsto dagli approfondimenti di I/II livello della Microzonazione Sismica). Nel corso degli anni, le varie amministrazioni hanno sia realizzato nuove indagini (per lo più finalizzate all'edilizia pubblica/privata ed alla conoscenza del territorio) sia raccolto ed archiviato indagini dell'edilizia privata.

Le informazioni pregresse della microzonazione di I livello sono state integrate con le nuove indagini sismiche realizzate e con quelle geognostiche fornite direttamente dal Genio Civile della Regione Toscana.

In dettaglio, facendo riferimento alle aree di studio, è stato possibile inserire un totale di N. 562 siti di tipo geotecnico e N. 204 siti di tipo geofisico.

Nella "Carta delle Indagini", in allegato alla relazione, è possibile visualizzare l'ubicazione di ciascuna delle prospezioni a disposizione con riferimento al codice e al report presente nella cartella documenti.

La carta è stata realizzata in base alle prescrizioni rilasciate dal Dipartimento di Protezione Civile ad integrazione degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (Microzonazione Sismica - Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica – versione 4.2 – dicembre 2020, redatto dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica; http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_studi_ms.wp).

3.1. Campagna di misure geofisiche integrative

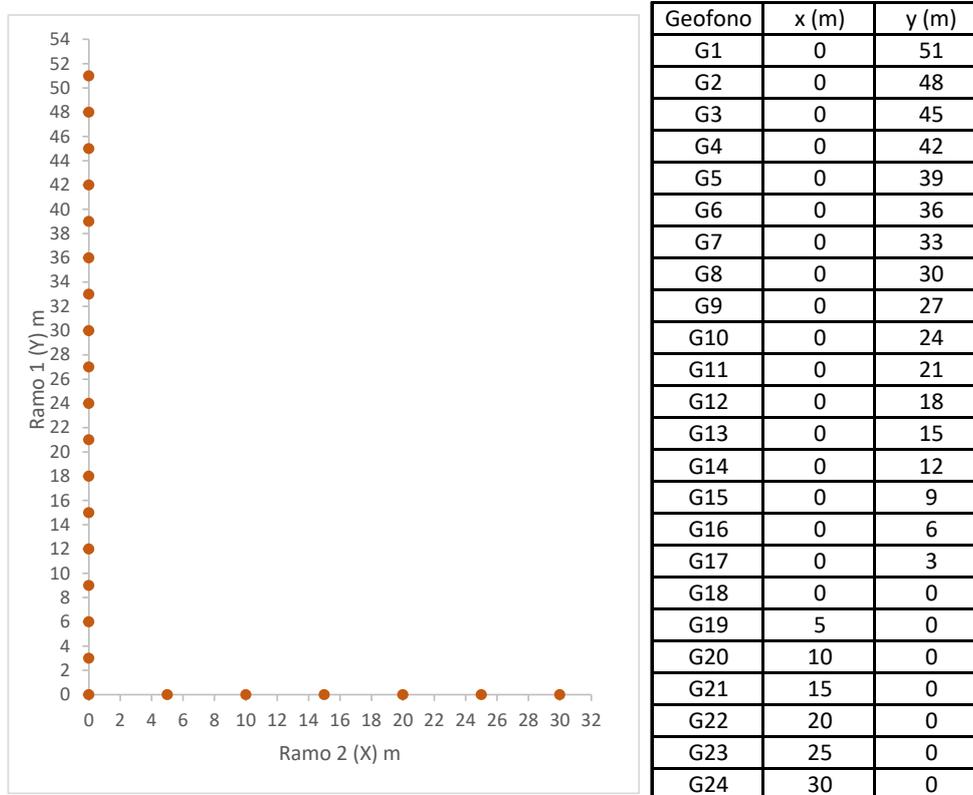
Tra i mesi di Aprile e Giugno 2022, ad integrazione delle indagini realizzate nello studio di I livello, sono state realizzate N. 35 indagini di tipo geofisico (prove sismiche) per la Microzonazione Sismica del territorio di Colle di Val d'Elsa (SI).

In Tabelle seguenti sono riportate rispettivamente le suddivisioni di dettaglio delle prospezioni condotte sia in modalità “passiva” sia attiva nel primo e nel secondo livello di analisi.

Indagini Geofisiche – MS1	
Indagini sismiche passive	N. Prospezioni
Stazione Singola (HVSR)	35
Antenna Sismica 2d (ESAC)	4
Indagini sismiche attive	N. Prospezioni
Sismica a Rifrazione (P-SH)	2
MASW	4

Indagini Geofisiche – MS2	
Indagini sismiche passive	N. Prospezioni
Stazione Singola (HVSR)	25
Antenna Sismica 2d (ESAC)	5
Indagini sismiche attive	N. Prospezioni
MASW	5

Relativamente allo schema di acquisizione delle antenne sismiche (ESAC) è stata utilizzata una configurazione ad L come illustrato nella seguente immagine:



L'analisi ESAC è stata poi invertita congiuntamente con l'indagine HVSR più vicina così da poter ottenere un profilo di Vs fino a elevate profondità che hanno consentito di individuare il bedrock sismico.

Per quanto riguarda invece le indagini sismiche tipo MASW sono state eseguite con una distanza intergeofonica di 3 m (lunghezza dei ricevitori 69 m) con scoppio a 5-6 m dal primo e dall'ultimo geofono G1 e G24.

Per i risultati di tutte le indagini eseguite si rimanda ai report presenti nei documenti allegati alla banca dati delle indagini.

4. AGGIORNAMENTO DELLA MICROZONAZIONE SISMICA AL I LIVELLO DI ANALISI

4.1. Carta Geologico-Tecnica

A partire dalla carta geologica e dopo aver visionato tutti i dati geotecnici e geofisici pregressi e i risultati delle indagini integrative, è stata costruita la “Carta Geologico-Tecnica” così come previsto dagli standard di archiviazione informatica 4.2 allegati alle linee guida “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”. Si tratta di un modello integrato di sottosuolo funzionale alle valutazioni sismiche legate agli studi di Microzonazione Sismica, che permette di individuare in modo semplice ed efficace, i rapporti stratigrafici tra sub-strato e materiali di copertura. Le unità geologiche presenti sul territorio di Colle di Val d'Elsa sono state, dunque, codificate in unità lito-tecniche in base ai già citati criteri di archiviazione e rappresentazione 3.1.

A seguire viene riportata l'immagine della codifica rispettivamente del substrato e dei terreni di copertura.

INFORMAZIONI SUL SUBSTRATO

SUBSTRATO GEOLOGICO (comprese eventuali coperture di alterazione con spessore < 3 m)



a) lapideo : Falda Toscana - calcari dolomitici e dolomie grigie e con struttura a cellette e dolomie cariate (Calcare cavernoso) Triassico Superiore



b) lapideo stratificato : Unità di Monte Gottero - Argilliti grigie e calcilutiti (Argille a Palombini) Cretacico inferiore

INFORMAZIONI SUI TERRENI DI COPERTURA

DEPOSITI QUATERNARI

Depositi alluvionali attuali (b) - OLOCENE

Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna) - OLOCENE

Depositi lacustri (e2a) - OLOCENE

DEPOSITI DEL PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE

Travertini e calcari continentali (fib) - OLOCENE

DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILLAFRANCHIANI

Travertini e calcari continentali (Vilt) - RUSCINIANO - VILLAFRANCHIANO

Sabbie, sabbie ciottolose, sabbie siltoso-argillose e limi sabbiosi (VILb) -

RUSCINIANO - VILLAFRANCHIANO

DEPOSITI MARINI PLIOCENICI

Sabbie e arenarie gialle (PLIs) - ZANCLEANO-PIACENZIANO

Calcarenit e calcilutiti bioclastiche (PLIc) - ZANCLEANO-PIACENZIANO

Oltre alla carta “Geologico-Tecnica”, per meglio comprendere i rapporti geometrici e giaciture tra i materiali di copertura e il substrato geologico, sono state realizzate una serie di sezioni con opportune orientazioni; i risultati sono riportati nella “Carta delle Sezioni Geologico-tecniche” in allegato.



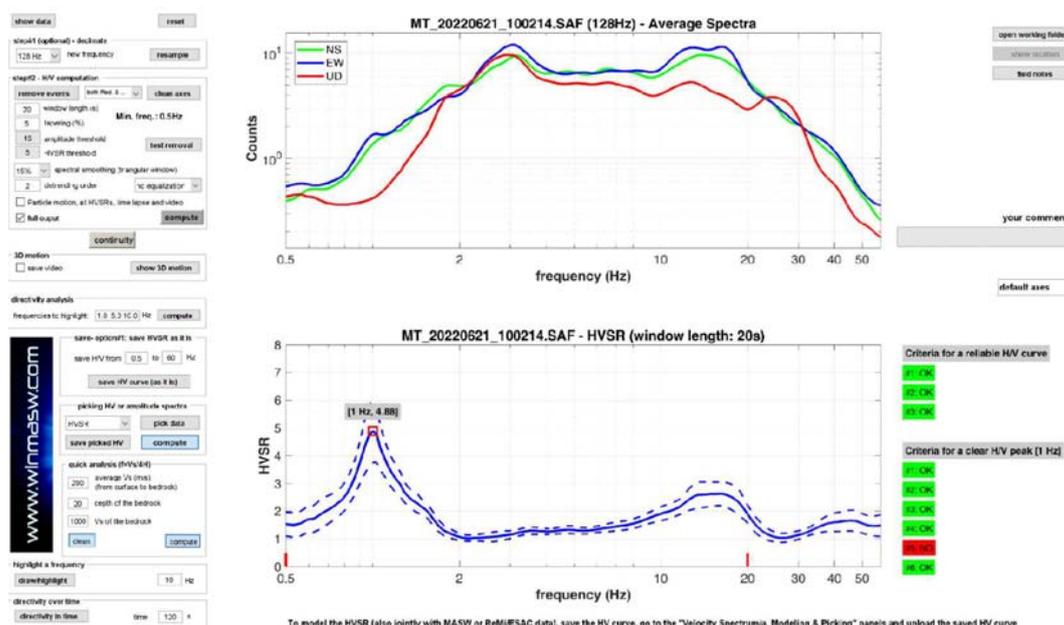
4.2. Carta delle Frequenze Naturali del Terreno

Sulla base dei risultati delle 93 registrazioni a stazione singola HVSR è stata costruita la mappa delle “Frequenze Naturali dei terreni di Colle di Val d'Elsa” (In allegato alla relazione).

Di seguito vengono esposti i criteri utilizzati nella redazione di tale mappa:

- In ciascuna delle 93 curve dei rapporti spettrali è stato individuato il valore di F0 (Frequenza Fondamentale di Risonanza). Si tratta del massimo in frequenza col valore di ampiezza maggiore (come previsto da “Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" Luglio 2011”).

In Figura seguente viene esplicitato un esempio della procedura adottata.



La curva dei rapporti spettrali riferita alla postazione P497 presenta 2 chiari massimi di risonanza rispettivamente a circa 1 e 18 Hz. Tuttavia solo quello con ampiezza maggiore è stato inserito nella carta delle “Frequenze naturali dei terreni”.

Inoltre, bisogna aggiungere che tutti i massimi superiori a 20 Hz sono stati esclusi da ogni interpretazione poiché l'intervallo ingegneristico di risonanza degli edifici è compreso tra 0.5 e 20 Hz. Pertanto tali frequenze sono state ritenute non significative.

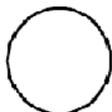
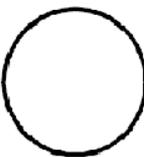
- In base alla determinata f_0 , i risultati delle 93 registrazioni HVSR, sono stati distribuiti nelle seguenti classi di frequenza e ampiezza:

Classi in Frequenza: $0.1 \text{ Hz} \leq f_0 < 0.5 \text{ Hz}$; $0.5 \text{ Hz} \leq f_0 < 1 \text{ Hz}$; $1.0 \text{ Hz} \leq f_0 < 2.5 \text{ Hz}$; $2.5 \text{ Hz} \leq f_0 < 5.0 \text{ Hz}$; $5.0 \text{ Hz} \leq f_0 < 7.5 \text{ Hz}$; $7.5 \text{ Hz} \leq f_0 < 10 \text{ Hz}$; $10 \text{ Hz} \leq f_0 < 15 \text{ Hz}$; $15 \text{ Hz} \leq f_0 < 20 \text{ Hz}$

Classi in Ampiezza: $1.1 \leq A_0 < 2.0$; $2.0 \leq A_0 < 3.0$; $3.0 \leq A_0 < 5.0$; $5.0 \leq A_0$

Le ubicazioni delle differenti postazioni di misura sono dunque state indicate attraverso punti di differenti colori e dimensioni:

- Il colore di ogni punto si riferisce al contenuto in Frequenza della misura.
- La dimensione di ciascun punto si riferisce al valore di ampiezza della frequenza individuata.

f_0 - frequenza del picco fondamentale	A_0 - ampiezza del picco fondamentale
 $0.1 \leq f_0 < 0.5 \text{ hz}$	 $1.1 \leq A_0 < 2.0$
 $0.5 \leq f_0 < 1.0 \text{ hz}$	 $2.0 \leq A_0 < 3.0$
 $1.0 \leq f_0 < 2.5 \text{ hz}$	 $3.0 \leq A_0 < 5.0$
 $2.5 \leq f_0 < 5.0 \text{ hz}$	 $5.0 \leq A_0$
 $5.0 \leq f_0 < 7.5 \text{ hz}$	
 $7.50 \leq f_0 < 10.0 \text{ hz}$	
 $10.00 \leq f_0 < 15.0 \text{ hz}$	
 $15.00 \leq f_0 < 20.0 \text{ hz}$	

Tutte le frequenze di risonanza secondarie sono state escluse dalla mappa in allegato. A parte casi sporadici i picchi secondari solo talvolta sono significativi in termini di risonanza sismica e amplificazioni locali.

Di seguito viene riportata la tabella riepilogativa dove, per ciascuna misura, vengono indicati i valori di frequenza e ampiezza del picco massimo (principale) rilevato.

Numerazione HVSr	FREQUENZA (Hz) / Ampiezza picco		
	COD. DB	f ₀	A ₀
P172		0.3	5.5
P173		6.0	4.7
P207		2.7	5.7
P228		2.5	5.0
P242		0.3	4.4
P251		2.7	6.0
P262		0.4	4.2
P274		0.4	2.4
P275		0.5	2.9
P276		0.0	0.0
P282		0.4	3.1
P290		0.0	0.0
P291		1.5	2.9
P292		2.0	3.0
P315		0.9	4.9
P316		0.9	5.8
P317		0.9	5.2
P318		1.1	4.5
P328		0.0	0.0
P338		2.5	7.0
P344		2.6	3.4
P455		2.2	4.8
P456		2.9	2.0
P457		1.5	2.1
P458		1.1	3.7
P459		1.3	3.2
P460		9.2	4.1
P461		3.1	2.3
P462		0.5	2.0
P463		0.5	2.8
P464		1.3	2.3
P465		3.8	2.9
P466		3.5	2.8
P467		3.1	2.3
P468		3.8	3.8
P469		0.0	0.0
P470		0.0	0.0
P471		2.1	6.9
P472		0.0	0.0
P473		0.0	0.0
P474		0.0	0.0

P475	3.2	3.3
P476	0.0	0.0
P477	4.3	4.0
P478	11.6	2.5
P479	0.0	0.0
P480	0.0	0.0
P481	0.0	0.0
P482	3.2	2.8
P483	0.0	0.0
P484	4.8	2.6
P485	4.3	2.3
P486	1.2	5.1
P487	1.5	2.1
P488	0.0	0.0
P489	1.7	2.9
P494	0.0	0.0
P495	0.5	3.8
P496	1.1	3.8
P497	1.0	4.9
P498	6.7	5.6
P499	2.6	1.8
P500	2.6	1.5
P501	0.5	2.8
P502	10.4	3.4
P503	17.7	2.8
P504	0.5	3.2
P505	1.1	2.0
P506	2.1	2.2
P507	0.5	2.5
P508	0.5	4.7
P509	4.1	2.4
P510	0.6	3.0
P511	17.9	2.1
P512	0.6	4.4
P513	2.1	4.0
P514	9.6	1.5
P515	0.3	4.3
P516	0.4	3.4
P517	24.0	2.7
P518	3.5	1.7
P519	0.3	3.7
P555	0.6	4.5
P573	1.3	3.9
P602	1.5	2.5
P603	1.9	3.0
P608	2.9	2.9
P613	0.7	2.9
P622	2.3	7.2



P628	0.4	3.3
P631	3.6	3.8
P633	0.4	4.5
P637	0.5	4.4

4.3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica costituisce il documento fondamentale del I livello di approfondimento. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e delle valutazioni dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc.).

Le informazioni utilizzate, per la realizzazione di tale documento, oltre alla cartografia di base disponibile sono:

- - carta delle indagini;
- - carta geologica-geomorfologica;
- -carta geologico-tecnica;
- -sezioni geologico-tecniche;
- -carta delle frequenze naturali dei terreni;

Le microzone possono essere classificate in tre categorie:

a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);

b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;



c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. I principali tipi di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.

Per la caratterizzazione di dettaglio delle singole zone MOPS si allegano a seguire tutte le descrizioni; si rimanda alle tavole allegate per la distribuzione areale delle varie zone.

 Zona 1	 Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (>100 m)
 Zona 2	 Altemanze di limi sabbiosi, argille, da poco a mediamente consistenti, ruditi in matrice limoso sabbiosa e livelli lapidei (travertino) decimetrici (3-30 m) Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (>100 m)
 Zona 3	 Altemanze di limi sabbiosi, argille, da poco a mediamente consistenti, ruditi in matrice limoso sabbiosa e livelli lapidei (travertino) decimetrici (30-60 m) Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (>100 m)
 Zona 4	 Altemanze di limi argillosi, sabbie limose, da poco a mediamente consistenti, sabbie ghiaiose, ruditi in matrice limoso sabbiosa con incrostazioni carbonatiche (3-35 m) Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (>100 m)
 Zona 5	 Altemanze di limi sabbiosi, argille, da poco a mediamente consistenti, ruditi in matrice limoso sabbiosa e livelli lapidei (travertino) decimetrici (3-30 m) Substrato fratturato: brecce e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) Substrato geologico: calcari dolomitici e dolomie brecciate
 Zona 6	 Altemanze di limi sabbiosi, argille, da poco a mediamente consistenti, ruditi in matrice limoso sabbiosa e livelli lapidei (travertino) decimetrici (3-30 m) Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (3-30 m) Substrato fratturato: brecce e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) Substrato geologico: calcari dolomitici e dolomie brecciate
 Zona 7	 Altemanze di limi sabbiosi, argille, da poco a mediamente consistenti, ruditi in matrice limoso sabbiosa e livelli lapidei (travertino) decimetrici (3-30 m) Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (30-60 m) Substrato fratturato: brecce e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) Substrato geologico: calcari dolomitici e dolomie brecciate
 Zona 8	 Altemanze di limi sabbiosi, argille, da poco a mediamente consistenti, ruditi in matrice limoso sabbiosa e livelli lapidei (travertino) decimetrici (3-30 m) Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (60-100 m) Substrato fratturato: brecce e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) Substrato geologico: calcari dolomitici e dolomie brecciate

2009 Zona 9		Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (60-100 m) Substrato fratturato: breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) Substrato geologico: calcari dolomitici e dolomie brecciate
2010 Zona 10		Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (30-60 m) Substrato fratturato: breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) Substrato geologico: calcari dolomitici e dolomie brecciate
2011 Zona 11		Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (60-100 m) Substrato fratturato: breccie e conglomerati in matrice limoso-argillosa (3-10 m) Substrato geologico: argilliti e calcilutiti
2012 Zona 12		Alternanze di limi sabbiosi, argille, da poco a mediamente consistenti, ruditi in matrice limoso sabbiosa e livelli lapidei (travertino) decimetrici (3-30 m) Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (60-100 m) Substrato fratturato: breccie e conglomerati in matrice limoso-argillosa (3-10 m) Substrato geologico: argilliti e calcilutiti
2013 Zona 13		Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (30-60 m) Substrato fratturato: breccie e conglomerati in matrice limoso-argillosa (3-10 m) Substrato geologico: argilliti e calcilutiti
2014 Zona 14		Alternanze di limi argillosi, sabbie limose, da poco a mediamente consistenti, sabbie ghiaiose, ruditi in matrice limoso sabbiosa con incrostazioni carbonatiche (3-35 m) Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (3-30 m) Substrato fratturato: breccie e conglomerati in matrice limoso-argillosa (3-10 m) Substrato geologico: argilliti e calcilutiti
2015 Zona 15		Alternanze di limi argillosi, sabbie limose, da poco a mediamente consistenti, sabbie ghiaiose, ruditi in matrice limoso sabbiosa con incrostazioni carbonatiche (3-35 m) Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (30-60 m) Substrato fratturato: breccie e conglomerati in matrice limoso-argillosa (3-10 m) Substrato geologico: argilliti e calcilutiti

2016
Zona 16



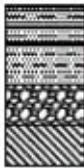
Alternanze di limi argillosi, sabbie limose, da poco a mediamente consistenti, sabbie ghiaiose, ruditi in matrice limoso sabbiosa con incrostazioni carbonatiche (3-35 m)
Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (60-100 m)
Substrato fratturato: brecce e conglomerati in matrice limoso-argillosa (3-10 m)
Substrato geologico: argilliti e calcilutiti

2017
Zona 17

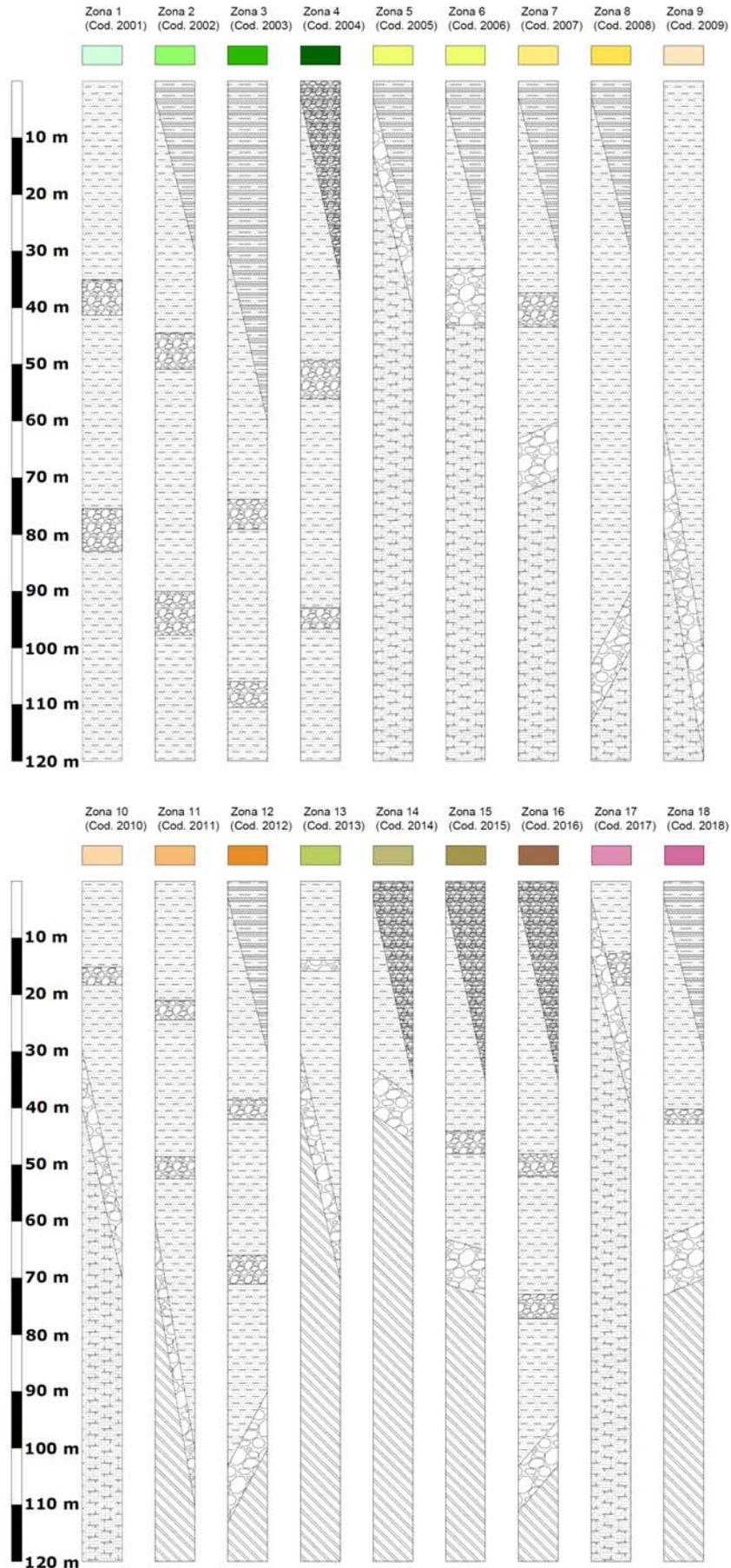


Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (3-30 m)
Substrato fratturato: brecce e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
Substrato geologico: calcari dolomitici e dolomie brecciate

2018
Zona 18



Alternanze di limi sabbiosi, argille, da poco a mediamente consistenti, ruditi in matrice limoso sabbiosa e livelli lapidei (travertino) decimetrici (3-30 m)
Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose (30-60 m)
Substrato fratturato: brecce e conglomerati in matrice limoso-argillosa (3-10 m)
Substrato geologico: argilliti e calcilutiti



Zone di Attenzione

Le zone di attenzione per instabilità cartografate nel territorio comunale, sono riferibili ad aree con presenza di fenomeni di instabilità gravitativa.

Per quanto riguarda le zone di instabilità gravitativa vi è da dire che nella cartografia geologica di base sono presenti corpi di frana con stati di attività quiescenti, attivi e inattivi.

In base alle codifiche previste dai criteri di archiviazione e rappresentazione dati, in allegato ad Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, ciascun movimento franoso è stato indicato in base alla microzona su cui ricade attraverso un disegno grafico retinato, mentre per lo stato di attività si rimanda alla carta Geologico-Tecnica.



Zona di attenzione per instabilità di versante:

attiva FR_A (codici 3012, 3015)

quiescente FR_Q (codici 3021, 3022, 3023, 3025)

inattiva FR_I (codice 3032)

non definita FR_ND (codice 3042)

-Esempio: zona 1 (30122001)

5. DEFINIZIONE DELLA CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 2° LIVELLO

La carta di Microzonazione Sismica di secondo livello viene redatta al fine di pervenire ad una valutazione quantitativa della variabilità dell'entità del sisma all'interno del territorio di interesse rispetto ad un terremoto di riferimento, definito come un sisma non influenzato dalla coltre di sedimenti, tipicamente assunto su roccia.

In linea generale attraverso specifici applicativi software di emulazione è possibile ottenere, a partire dalla sismostratigrafia, un determinato accelerogramma di risposta, che, opportunamente rapportato con l'accelerogramma di input, consente di definire un valore numerico indicativo dell'amplificazione sismica locale. Estendendo questa operazione su tutto il territorio sarebbe possibile ottenere una mappatura della risposta sismica, con una fase computazionale tuttavia molto onerosa e con margini di errori e divergenze notevolissime, legate ai programmi di modellazione sismica e alle scelte degli input sismici di riferimento.

Per ovviare a questa serie di problematiche la Regione Toscana ha eseguito una serie di emulazioni di risposte di sito considerando input sismici standard ed analizzando un notevolissimo numero di sismostratigrafie tipiche del territorio regionale (per dettagli cfr.: https://www.regione.toscana.it/documents/10180/12553858/relazione_finale_revisione_abachi.pdf/aed9c2bd-0911-1da7-e9d3-b046c72caf98?t=1587986801132).

Il risultato di tale studio sono degli abachi in cui, definendo come dato d'ingresso il periodo di sito (T°) e la velocità sismica equivalente (V_{Sh}), in output viene restituita una serie di valori che rappresenta quanto il sisma nel sito in esame risulti maggiorato (su determinati intervalli di frequenza differente) rispetto al sisma standard.

La valutazione del Fattore di Amplificazione stratigrafica viene fatta, secondo gli standard più recenti, su tre intervalli di periodo parzialmente sovrapposti:

0.1-0.5s	0.4-0.8s	0.7-1.1s
----------	----------	----------

I parametri geologici/geofisici d'ingresso, per poter estrapolare il valore del fattore di amplificazione, sono:

- il periodo fondamentale di vibrazione del sito (T_0) o la corrispondente frequenza fondamentale (f_0);
- il valore della velocità media delle Onde S nei primi 30 metri di sottosuolo (V_{s30}) o, se il basamento sismico si trova a meno di 30 metri dalla superficie, il valore della velocità media delle onde S dal p.c. fino al basamento sismico (V_{sh}).

MODALITA' DI ASSEGNAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Colle di Val d'Elsa risulta ampiamente investigato in termini geognostici, geotecnici e geofisici nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di I livello, all'atto del quale la considerevole mole di dati di base censiti e una serie di indagini geofisiche dedicate hanno permesso di definire con adeguata accuratezza il contesto geologico generale e le specificità geologico-tecniche delle Microzone Omogenee individuate nell'ambito dello studio.

Come precedentemente esposto, nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di II livello, oltre al recepimento delle indagini della Microzonazione Sismica di I livello, si è ritenuto di dover implementare il quadro conoscitivo esistente sia attraverso il reperimento di ulteriori dati di base geotecnici/sismici presso pubbliche amministrazioni, sia procedendo ad ulteriori acquisizioni di carattere geofisico in zone del territorio comunale di particolare interesse.

Su queste basi, si è proceduto ad una suddivisione del territorio secondo una caratterizzazione fondata essenzialmente sui parametri V_{sh} e f_0 , derivati dagli esiti rispettivamente delle indagini geofisiche di superficie (indagini sismiche a rifrazione / MASW / ESAC) e/o in foro (Prove down-hole), oltre che dalle misurazioni di rumore ambientale tramite analisi di sismica passiva (Metodo HVSR o di Nakamura).

A ciascuna microzona omogenea (o porzione di essa qualora si rilevino significativi scostamenti nei valori di riferimento) è stata quindi assegnata una coppia di valori (V_{seq} , f_0) per la classificazione.

Successivamente è stato individuato l'abaco corrispondente all'estensione territoriale del Comune di Colle di Val d'Elsa e alla situazione sismostratigrafica determinata attraverso le indagini in situ, individuando nello specifico la macroarea di riferimento (Area di transizione), l'input sismico ($\geq 0,125$ g) e le profondità del substrato sismico (>30 m o < 30 m).

A partire dai dati suddetti, è stato quindi attribuito a ciascuna MOPS il relativo fattore di amplificazione FA, secondo lo schema di lavoro previsto dai relativi abachi regionale di seguito riportati:





Toscana Interna (Substrato sismico > 30m)

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

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	
Vs(m) 0.05g	<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	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	
Vs(m) 0.15g	<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	1.4	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	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	
Vs(m) 0.1	<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

CLASSI

Velocità (m/s)	
<200	Vs < 200
300	200 ≤ Vs < 400
500	400 ≤ Vs < 600
700	600 ≤ Vs < 800
≥800	Vs ≥ 800

f0 (Hz) ezzenbeaj	
<1	f0 < 1
1.5	1 ≤ f0 < 2
2.5	2 ≤ f0 < 3
3.5	3 ≤ f0 < 4
4.5	4 ≤ f0 < 5
5.5	5 ≤ f0 < 6
6.5	6 ≤ f0 < 7
7.5	7 ≤ f0 < 8
≥ 8	≥ 8



Toscana Interna (Substrato sismico ≤ 30m)

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

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	
Vs(m) 0.05g	<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)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
Vs(m) 0.15g	<200	1.3	2.3	2.4	1.9	1.5	1.3	1.3	1.3	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)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
Vs(m) 0.1	<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										

CLASSI

Velocità (m/s)	
<200	Vs < 200
300	200 ≤ Vs < 400
500	400 ≤ Vs < 600
700	600 ≤ Vs < 800
≥800	Vs ≥ 800

f0 (Hz) ezzenbeaj	
<1	f0 < 1
1.5	1 ≤ f0 < 2
2.5	2 ≤ f0 < 3
3.5	3 ≤ f0 < 4
4.5	4 ≤ f0 < 5
5.5	5 ≤ f0 < 6
6.5	6 ≤ f0 < 7
7.5	7 ≤ f0 < 8
≥ 8	≥ 8



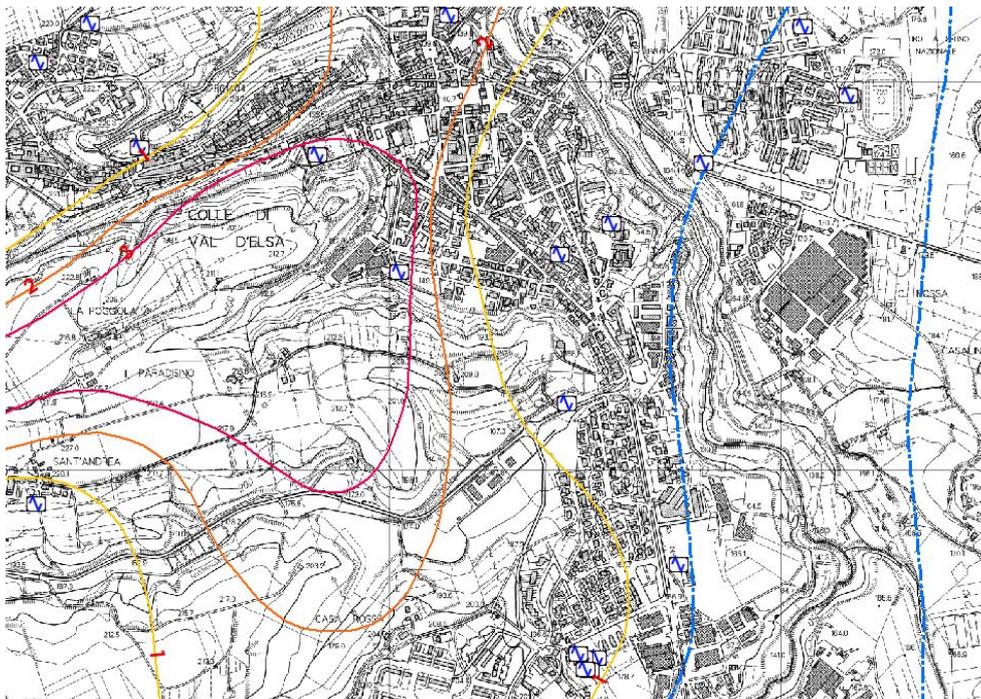
DESCRIZIONE METODO DI LAVORO

Al fine di realizzare la carta di MS2 così da poter assegnare i fattori di amplificazione per i vari periodi previsti dagli abachi regionali si è proceduto secondo le seguenti fasi:

Fase 1: analisi delle misure di rumore ambientale HVSR in relazione ai punti e alle linee di misura delle velocità delle onde S (MASW, Rifrazioni e Down Hole) e ai poligoni delle zone MOPS. Già in questa fase emerge che non vi sono corrispondenze evidenti tra zone MOPS e misure HVSR (oscillano tra circa 0,4 hz e circa 10 hz) si decide quindi di dare priorità alle misure di rumore per individuare varie fasce di frequenza senza dimenticare le velocità delle onde s che oscillano tra 300 m/s e i 500 m/s.

Fase 2: creazione di isolinee di uguale frequenza utilizzando una interpolazione di tipo lineare, considerando anche le due fasce di velocità previste dagli abachi. Inoltre vengono individuate tutte le aree con pendenza maggiore di 15° tali da poter generare effetti di amplificazione sismica di tipo topografico.

Fase 3: Intersezione dei tematismi relativi alle zone MOPS (Stab e Instab), ai fattori di amplificazione e alle aree con pendenza maggiore di 15° . In seguito a queste operazioni si è ottenuta la carta di MS di 2° livello.



Per le *Zone soggette ad instabilità di versante* l'assegnazione dei valori di FA è stata effettuata con criteri sostanzialmente analoghi a quelli utilizzati per le *Zone stabili suscettibili di amplificazione*, fatta salva una maggiorazione pari a 0.2 del valore precedentemente ottenuto.

6. RESTITUZIONE DEI RISULTATI

Le determinazioni dei valori del Fattore di Amplificazione per le aree oggetto di MS di livello 2 nei siti d'indagine sono sintetizzate nelle Carte di Microzonazione Sismica, in scala 1:5000, redatte attraverso i seguenti elaborati:

- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione Fha (0,1 - 0,5 s)
- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione Fha (0,4 - 0,8 s)
- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione Fha (0,7 - 1,1 s)

All'interno delle carte di MS sono riportate anche le zone che risentono dell'amplificazione topografica Ft in quanto con pendenza $> 15^\circ$.

7. ANALISI DEI RISULTATI

Il territorio comunale di Colle di Val d'Elsa presenta una morfologia caratteristica con rilievi collinari generalmente blandi e poco articolati, tipici dei depositi sedimentari di ambiente fluvio-lacustre e marino.

La profondità del bedrock sismico o più in generale degli orizzonti risonanti è compresa tra poche decine di metri (< 30 m) e fino ad oltre 200 m, per cui le amplificazioni del moto sismico dovute a tale interfaccia si manifestano a frequenze variabili da molto basse a medio-basse. Altri fenomeni amplificativi, seppure di entità minore, sono possibili a frequenze superiori, riconducibili a differenze di velocità sismica tra orizzonti più superficiali.

In accordo con il contesto geostratigrafico descritto, dall'analisi della distribuzione dei valori dei due parametri indice utilizzati per la classificazione non è emersa alcuna affinità di comportamento in termini sismici tra le diverse microzone esaminate e le frequenze di risonanza.



8. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

8.1. Considerazioni generali

La liquefazione è un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto del livello della falda perde temporaneamente resistenza e si comporta come un liquido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace.

Essa ha luogo quando la pressione dei pori aumenta fino a eguagliare la pressione intergranulare. L'incremento della pressione neutra è indotto dalla tendenza di un materiale sabbioso a compattarsi quando è soggetto ad azioni cicliche di un sisma, con conseguente aumento del potenziale di liquefazione del terreno. Il fenomeno di liquefazione può essere ottenuto dalla combinazione di fattori predisponenti e fattori scatenanti.

FATTORI PREDISPONENTI

- Terreno saturo, non compattato, non consolidato, sabbioso limoso o con poca argilla;
- Distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in sito.

FATTORI SCATENANTI

- La sismicità: magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione in superficie.

Generalmente la liquefazione si verifica in depositi recenti di sabbia e sabbia siltosa, depositi che spesso si trovano negli alvei fluviali o aree di costa.

I terreni suscettibili al fenomeno di liquefazione sono:

- Suoli non coesivi e saturi (sabbie e limi, occasionalmente ghiaie) con contenuti di fini plastici relativamente basso;
- Suoli costituiti da particelle relativamente uniformi;
- Depositi sabbiosi recenti (Olocenici).



8.2. Caso in esame

Nello studio di MS1 non sono state delineate zone di attenzione per liquefazione per nessuno dei complessi litostratigrafici presenti nel territorio comunale in ottemperanza a quanto previsto negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica.



9. BIBLIOGRAFIA

- A.Bossio, R.Mazzei, G.Salvatorini, F.Sandrelli: “Geologia dell’area compresa tra Colle di Val d’Elsa e Poggibonsi (“Bacino del Casino”)

- Atti Soc. tosc. Sc. nat. Mem., Serie A (2000-2002)

- C.Cherubini, L.Coppola, C.I.Giasi: “Caratteri geologico-tecnici delle argille del bacino di Colle di Val d’Elsa”

Mem.Soc.Geol.It. 51(1996)

- Capezzuoli E., Sandrelli F.: “Neotectonics evidence in the quaternary continental carbonates from southern Valdelsa basin (Tuscany)”

Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences 19(1), 2006 - 155-166

Capezzuoli E., Sandrelli F.: “I sedimenti quaternari del settore meridionale della Valdelsa (Provincia di Siena)”

Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences 17(1), 2004, 33-40

- Capezzuoli E. & Sandrelli F. (2003) – Inquadramento geologico della porzione meridionale del Bacino della Valdelsa. Guida all’escursione “L’agricoltura che produce paesaggio”; Convegno Nazionale “Qualità del suolo, impatto antropico e qualità dei prodotti agricoli.”, pag. 78-80, Siena, 9- 12/06/2003

- Costantini A., Gandin A., Guasparri G., Lazzarotto A., Mazzanti R. & Sandrelli F. (1980) – Neotettonica dei Fogli: 111 Livorno – 112 Volterra – 113 Castelfiorentino – 119 Massa Marittima

– 120 Siena – 121 Montepulciano – 126 Isola d’Elba – 127 Piombino – 128 Grosseto – 129 S.Fiora. In: Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d’Italia. Pubbl. P.F.G., 1075-1186.



Siti web consultati:

[http://diss.rm.ingv.it/diss/;](http://diss.rm.ingv.it/diss/)

<http://esse1-gis.mi.ingv.it;>

<http://itaca.mi.ingv.it;>

www.regionetoscana.it;

<http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html;>

<http://emidius.mi.ingv.it/DBM.>

<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>

http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_studi_ms.wp

