

Piano Strutturale R3

RELAZIONE

TECNICO ILLUSTRATIVA



progetto:

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

aprile 2021

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



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE
TOSCANA



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione tecnica illustrativa

Regione Toscana

Comune di Colle di Val d'Elsa



Regione Toscana	Soggetto realizzatore ProGeo Engineering srl referente e coordinatore delle attività geol. FABIO POGGI MOPS geol. LUCA BERLINGOZZI responsabile del procedimento: Arch. Rita Lucci	Data Novembre 2018 
-----------------	---	--

Sommario

1 – PREMESSA.....	2
2 - RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE.....	3
3 - SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE.....	4
4 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO.....	5
5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO	11
6 – INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE PREGRESSE E REALIZZATE.....	16
7 – MODELLO DI SOTTOSUOLO: INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE NELLA SUA DEFINIZIONE	18
8 – CLASSE DI QUALITÀ DELLA CARTA DI LIVELLO I.....	22
9 – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI FINALI.....	23
10 – ELABORATI CARTOGRAFICI	25
11 – DESCRIZIONE DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA.....	27
12 – DESCRIZIONE DELLA CARTA GEOLOGICO TECNICA.....	31
13 – CONSIDERAZIONI SULLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	33
FATTORI PREDISPONENTI.....	33
FATTORI SCATENANTI.....	33

TAVOLE ALLEGATE

- Carta delle indagini (Tavv. 1-4)	scala 1:5000
- Carta Geologico - Tecnica (Tavv. 1-4)	scala 1:5000
- Carta delle frequenze naturali dei depositi (Tavv. 1-4)	scala 1:5000
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Tavv. 1-4)	scala 1:5000
- Sezioni Geologico – Tecniche	scala 1:5000

1 – PREMESSA

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l’obiettivo di individuare ad una scala comunale le zone in cui le condizioni locali (geologia, litologia, stratigrafia, struttura e morfologia), possono modificare le caratteristiche di un terremoto o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, le infrastrutture e l’ambiente.

Il presente studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, rappresenta un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e 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”).

Per il presente studio i dati esistenti sono stati implementati con le seguenti indagini geofisiche:

- n° 35 misure di frequenze naturali dei terreni H/V
- n° 2 stendimenti sismici a rifrazione in onde P ed Sh delle lunghezza di 120 m
- n° 4 indagini geofisiche mediante misura su antenna sismica (ESAC)
- n° 4 indagini geofisiche mediante metodologia MASW

2 - RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE

Lo studio e le indagini geofisiche sono stati condotti secondo le specifiche normative tecniche contenute nell’Ordinanza CDPC n.171/14 del 19/06/2014, pubblicata in G.U. del 25.06.2014 (facente riferimento alle precedenti Ordinanza DPC n. 3907/2010, n.4007/2012 e CDPC n.52/2013) e nel D.G.R.T n.144 del Febbraio 2015. In particolare nell’Allegato A, che sostituisce ed amplia le precedenti specifiche tecniche regionali per la redazione di indagini e studi di MS approvate con Deliberazioni di G.R.T. n.261/2011, 741/2012 e 971/2013 si definiscono le specifiche di realizzazione delle indagini e degli studi di Microzonazione Sismica, si individuano i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di MS, si definiscono le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS in fase pianificatoria, i criteri di selezione dei soggetti realizzatori degli studi di MS, le modalità di finanziamento per la realizzazione e le modalità di certificazione degli studi.

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui è stato condotto lo studio di MS di livello 1, indicate dalla struttura Servizio Sismico regionale, sono le seguenti:

- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS), approvati il 13 Novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome;
- Specifiche tecniche regionali: Allegato A alla DGRT n.144/2015, Appendice 1, Appendici 1-6;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Indicazioni contenute nel volume di Ingegneria sismica 2/2011;
- Standard per la stesura della carta delle indagini e l’informatizzazione: Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica, Versione 4.0.1 . (articolo 5, comma 7 dell’OPCM 13 novembre 2010, n.3907).

3 - SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

Il territorio comunale di Colle di Val d’Elsa (SI) è inserito nella nuova classificazione sismica che è stata approvata con Del. GRT n° 421 del 26/05/2014 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014). L’aggiornamento è stato redatto ai sensi dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006. Il Comune di Colle di Val d’Elsa (SI) è classificato in Zona Sismica 3.



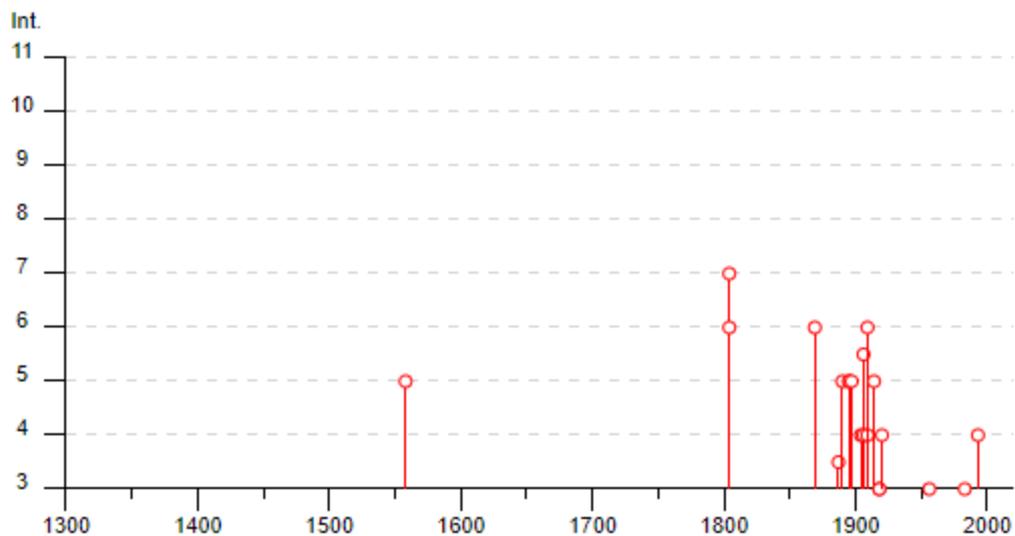
Le zone di indagine sono state localizzate in corrispondenza dei maggiori centri abitati e delle aree ad essi limitrofe per un’adeguata ampiezza necessaria alla comprensione della situazione geologico-stratigrafica.

Per la precisa delimitazione delle aree indagate si rimanda alle tavole cartografiche allegate alla presente relazione.

4 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO

Il primo passo per la definizione della pericolosità è la conoscenza dei dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano la cui ultima versione è il DBMI 2015 (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>) messo a disposizione dall’INGV; all’interno del catalogo possono essere selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato una data località. Nel caso di Colle di Val d’Elsa vengono evidenziati 32 eventi a partire dal 1558, con relative Intensità (I_0) e Magnitudo di Momento (M_w) dell’epicentro della scossa.

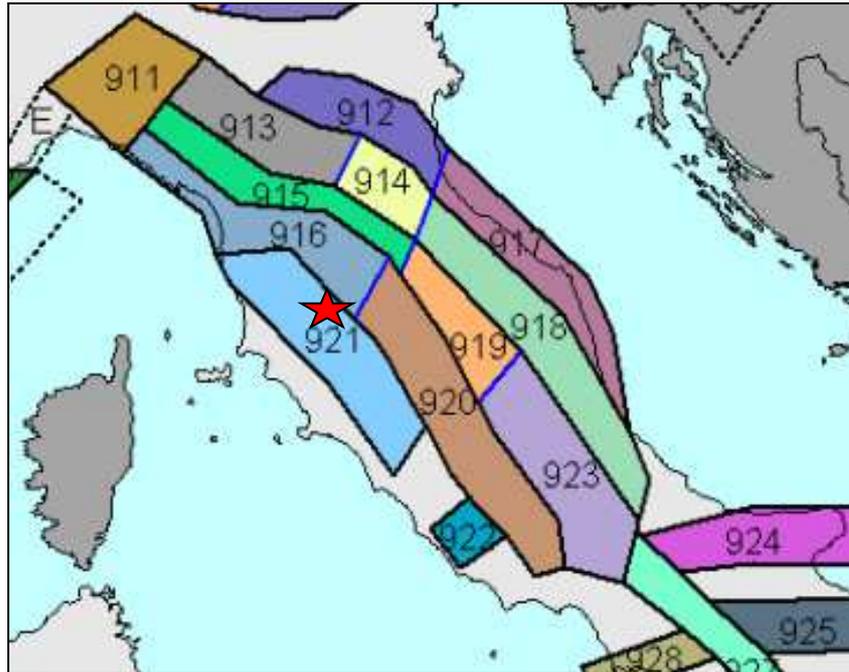
Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
5	1558	04	13	09			Valdarno superiore	29	9 5.97
F	1804	10	02	21	55		Valdelsa	7	4 4.18
7	1804	10	18	20			Valdelsa	4	7 5.10
6	1804	12	17				Valdelsa	4	6 4.84
6	1869	09	26	20	45		Valdelsa	9	6-7 4.98
3-4	1887	11	14	05	48	0	Fiorentino	101	6 4.47
5	1890	02	15	02	35	0	Valdelsa	12	5 4.52
5	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8 5.50
5	1895	10	25	00	24	5	Chianti	36	5-6 4.51
5	1897	05	22	02	05		Valdelsa	23	5 4.26
2-3	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6 4.59
4	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7 5.10
NF	1905	02	12	08	28		Monte Amiata	61	6 4.55
5-6	1906	04	21	06	35		Valdelsa	45	5-6 4.30
4	1906	12	20	02	38		Valdelsa	28	4 3.96
NF	1907	12	15	13	06	5	Chianti	20	5 4.19
2	1907	12	20	10	29	1	Chianti	35	6 4.44
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
6	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8 5.34
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7 5.63
2-3	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11 7.08
3	1918	01	22	19	39		Corazzano	5	5 4.16
3	1918	11	10	15	12	2	Appennino forlivese	187	9 5.96
4	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10 6.53
2-3	1940	01	31	11			Siena	30	5-6 4.23
3	1956	02	22	22	55	0	Senese	29	5 4.03
NF	1968	06	26	03	15		Senese	7	5 4.19
3	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7 5.04
NF	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	912	8 5.86
NF	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7 5.47
4	1993	08	06	07	51	4	Colline Metallifere	35	5-6 4.03
NF	1998	05	20	11	07	4	Colline Metallifere	31	4-5 4.19



Intensità stimata dei terremoti nell’area di Colle di Val d’Elsa a partire dal 1300 (Int.>3)

Il territorio del Comune di Colle di Val d’Elsa è compreso all’interno della zona 921 come definita nella “Zonazione Sismogenetica ZS9” (Meletti C., Valensise G., 2004); tale zona, assieme alla 922 è compresa entro il settore tirrenico definito dal modello sismo-tettonico di Meletti et al.(2000). Tale zona è caratterizzata da un elevato flusso di calore (Meletti C., Valensise G., 2004).

L'intero settore è caratterizzato da una diffusa sismicità di energia moderata, con pochi eventi di magnitudo più elevata, responsabili di danni significativi su aree di limitata estensione, anche per la superficialità degli ipocentri (Bagnoregio 1695, Orciano Pisano 1846, Piancastagnaio 1919).

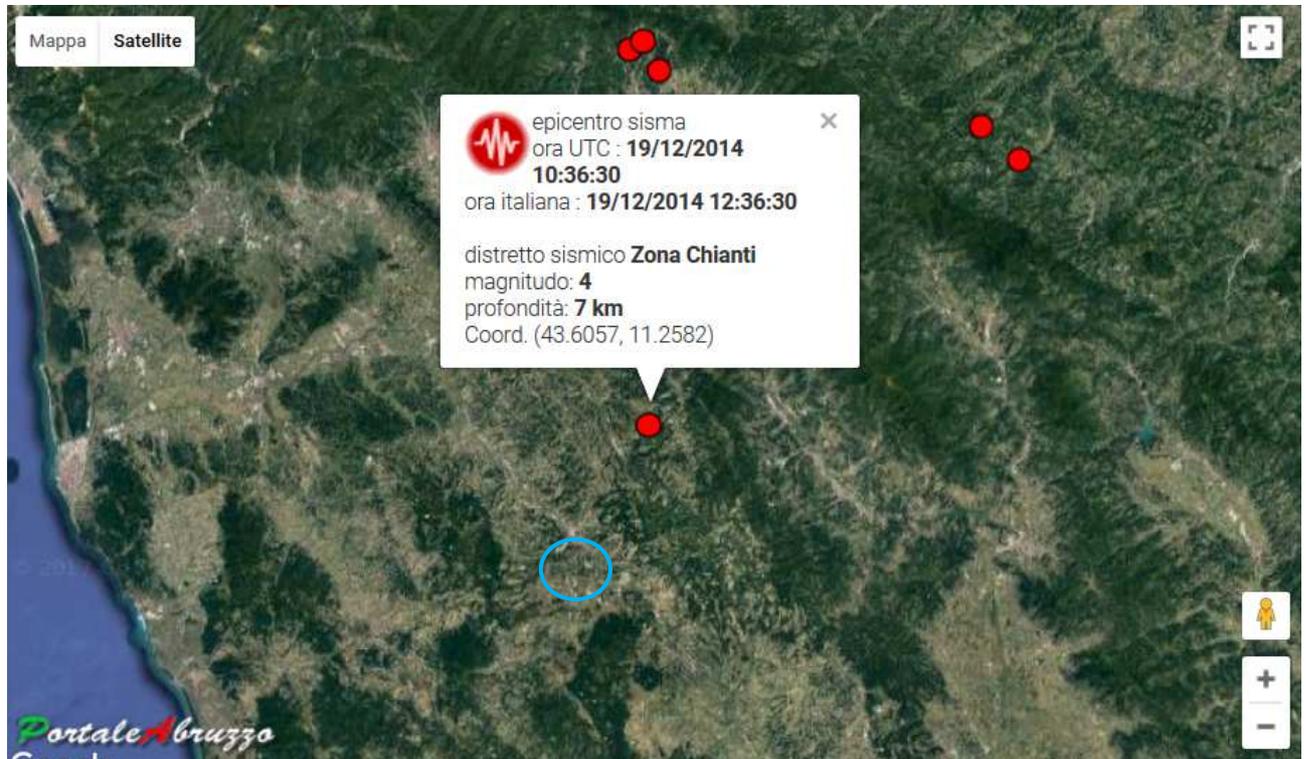


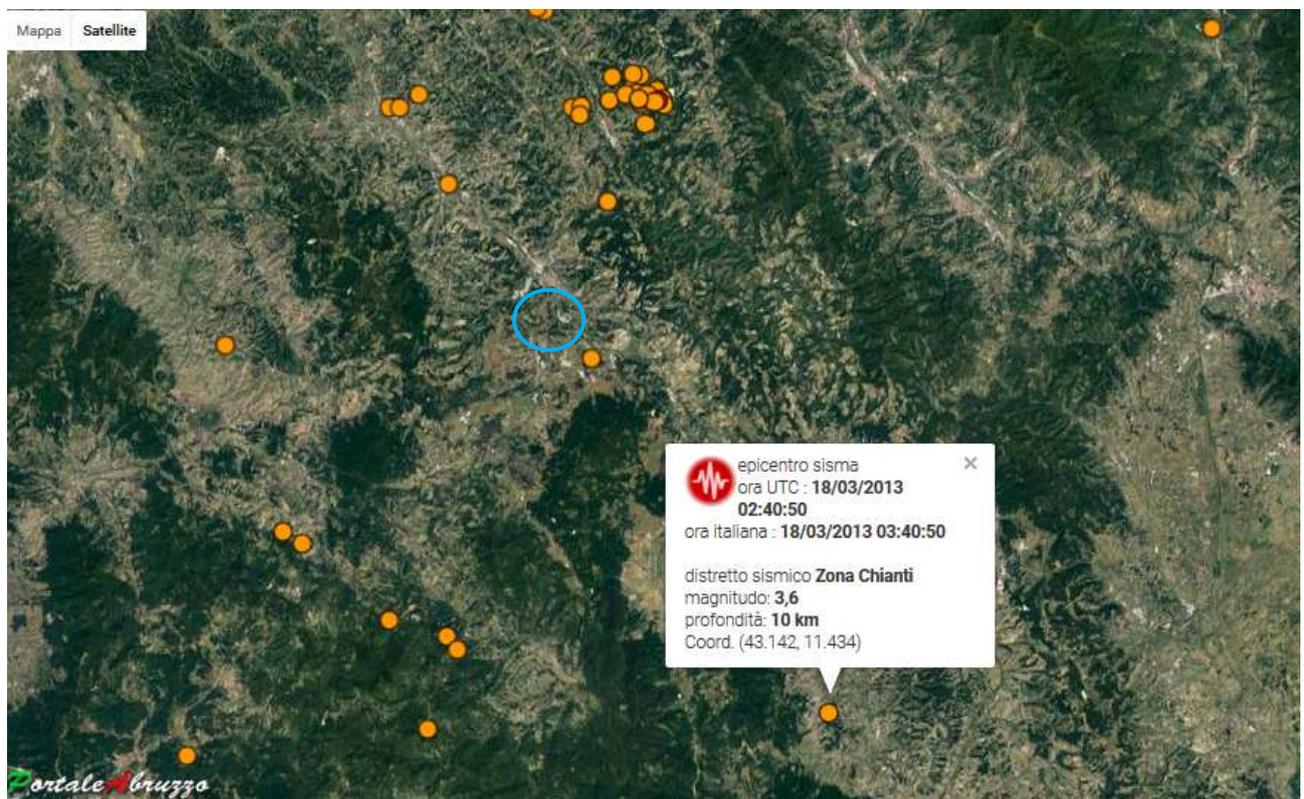
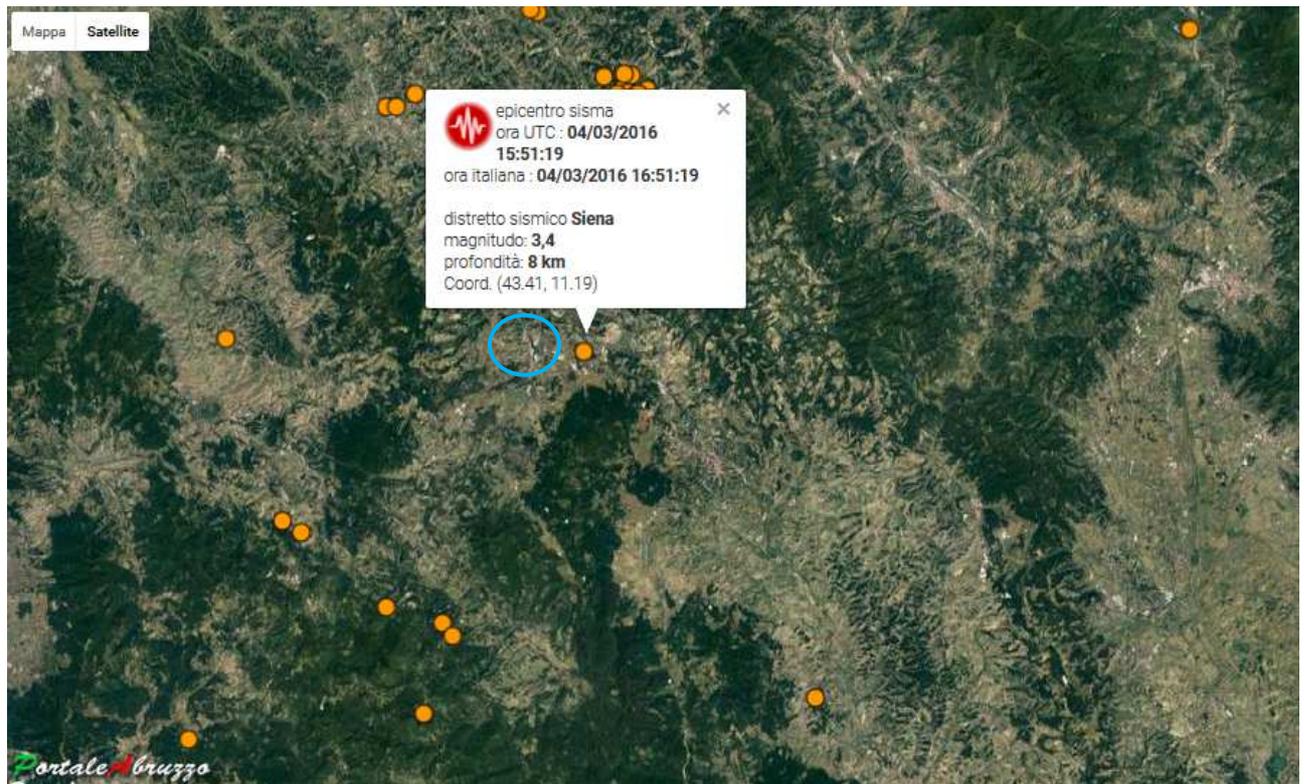
ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9

Nella tabella seguente vengono riassunte le principali caratteristiche della zona 921

ZONA	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
921	97	63	9	4,0	1-5	4

Di seguito sono rappresentati, i terremoti avvenuti negli ultimi 15 anni in Toscana centrale, tratti da “PortaleAbruzzo”: con i punti rossi quelli con magnitudo >4; con i punti arancio quelli con magnitudo >3. Con il cerchio azzurro è indicata l’area di Colle di Val d’Elsa.





5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

Il bacino sedimentario della Val d’Elsa rappresenta una porzione di una depressione tettonica orientata NO-SE, che si estende per più di 300 km dalla Garfagnana alla alta valle del Tevere.

Il suo limite settentrionale è situato nell’area di Empoli dove la larghezza della valle è di circa 25 km e si riduce in modo significativo verso sud, dove, tra Poggibonsi e Monteriggioni, è di circa 15 km. Il limite tra l’area settentrionale e quella meridionale della valle è identificato con la presenza di un importante lineamento tettonico con orientamento anti-appenninico, la “Linea Piombino-Faenza” (*Costantini & al., 1980*).

Il bacino sedimentario neogenico della Val d’Elsa è una struttura formata in regime distensivo, che si è sviluppata a partire dal Miocene superiore ed è delimitata a ovest e a sud dalla dorsale medio-toscana e dalla dorsale del Chianti ad est (*Capezzuoli & Sandrelli, 2006*).

Il substrato, nel primo caso è rappresentato principalmente da Calcere cavernoso e da Verrucano, Marmi, Ofioliti, Diaspri e Argille a Palombini; nel secondo, da formazioni del Dominio Ligure Esterno, di età compresa tra il Cretaceo superiore e l’Eocene.

La sedimentazione all’interno del bacino neogenico (*Bossio & al., 2000*) è costituita da ingenti spessori di sedimenti terrigeni continentali del Miocene superiore, a cui hanno fatto seguito sedimenti terrigeni marini del Pliocene, i quali, a loro volta sono suddivisibili in due cicli sedimentari (*Capezzuoli & Sandrelli, 2003*). Il più antico è rappresentato da argille siltose (argille azzurre), cui seguono sabbie medio-fini (Sabbie di San Vivaldo).

Nel corso del Pliocene medio, l’area è già soggetta a sollevamento, come gran parte della Toscana meridionale e solo nel Pleistocene-Olocene è documentata la deposizione di sedimenti di origine continentale, quali ad esempio i travertini.

I depositi quaternari sono suddivisi, dal punto di vista stratigrafico, in sintemi, di cui quello di più antica deposizione, riferibile al Pleistocene medio è di ambiente lacustre-palustre (Sintema di Campiglia dei Foci), mentre quelli più recenti, riferibili al Pleistocene superiore-Olocene sono di natura fluvio-palustre (Sintemi dell’Abbadia, di Calcinaia, del Torrente Foci, di Bellavista) o fluviale, corrispondente alle alluvioni attuali (Sintema di Poggibonsi).

I depositi classificati come Sintema di Campiglia dei Foci costituiscono principalmente due placche, in destra e in sinistra del Fiume Elsa; questi depositi giacciono di norma al di sopra delle sabbie marine plioceniche o direttamente al di sopra del substrato. In taluni casi, ove il travertino

è scarsamente alterato, la maggiore competenza di questi litotipi rispetto a quelli sottostanti ha provocato una erosione selettiva con conseguente inversione del rilievo. La gran parte delle aree di affioramento è però caratterizzata dalla presenza di suoli rubefatti e di argille residuali, con percentuale della componente lapidea sostanzialmente minoritaria. Sono state infatti distinte varie litofacies (*Capezzuoli & Sandrelli, 2004*), per uno spessore complessivo di almeno 30 m in cui sono presenti inoltre varie facies eteropiche: a) litofacies argillosa (con prevalenti argille ed argille siltose e con spessore massimo di circa 10 m); b) litofacies sabbiosa, costituita da sabbie fini calcaree con frazione silicea più o meno abbondante; c) litofacies conglomeratica; d) litofacies calcarea, caratterizzata da calcari micritici, talora vacuolari. Quest’ultima litofacies giace direttamente sulle altre. Il passaggio verso l’alto dalla litofacies argillosa a quella calcarea è interpretato come passaggio da ambiente di sedimentazione palustre a ambiente lacustre, con sedimentazione di fanghi calcarei nelle aree più distali e profonde del bacino.

I sintemi fluvio-palustri sono rappresentati da terrazzi presenti sui versanti dei principali corsi d’acqua e sono formati da depositi di tipo terrigeno (silt, sabbie e ciottolami), che, in alcune aree, sono caratterizzati dalla presenza di litofacies calcaree. Lo spessore massimo è di circa 30 m. I depositi calcarei sono formati da alternanze di calcare concrezionario fitoclastico e fitoermale incrostato su corpi vegetali e livelli detritici granulari (*Capezzuoli & Sandrelli, 2004*). I depositi detritici sono costituiti da sabbie calcaree e terrigene e silt in genere malstratificati. Le sabbie calcaree derivano dal disfacimento delle litofacies calcaree; quelle terrigene da sabbie marine plioceniche.

Per quanto riguarda gli elementi strutturali rappresentati in cartografia è stato fatto riferimento al Database Geologico della Regione Toscana in cui è evidenziata la presenza all’interno dell’area di studio di alcune faglie non attive. In particolare una di esse è presente nell’area compresa tra Quartaia e Campiglia con cinematismo diretto e con direzione circa anti-appenninica; una seconda con direzione appenninica è segnalata in corrispondenza del fondovalle del Fiume Elsa, a nord di Gracciano, ancora con cinematismo diretto; una terza ai margini meridionali dell’area di studio, in corrispondenza delle prime propaggini della Montagnola senese.

Nel primo caso la presenza della faglia è corroborata dai dati dei pozzi e dei sondaggi, in quanto appare evidente la dislocazione del substrato, qui rappresentato dalla formazione del

Calccare cavernoso, subaffiorante nell’area di Quartaia e non individuato invece in corrispondenza del blocco di tetto (area tra Badia a Coneo e Pian di Fonterna, Boscona), dove solo alcune misure HVSR con picco in corrispondenza di una frequenza di 0.5 hz potrebbero dare indicazione della reale profondità del substrato lapideo.

Uno studio pubblicato nel 2006 di Capezzuoli & Sandrelli (“Neotectonics evidence in the quaternary continental carbonates from southern valdelsa basin (Tuscany)”), analizza attraverso osservazioni di campagna e analisi di facies sui carbonati continentali quaternari le evidenze di attività neotettonica. Questi sedimenti sono riconducibili ai sintemi sopra descritti e depositi a partire dal Pleistocene medio-inferiore. Ad esempio, un’area limitrofa a quella di studio denominata Podere Santa Giulia, a sud di Gracciano è caratterizzata dalla presenza di depositi terrazzati carbonatici. Tutti i sintemi si caratterizzano per un setting giaciturale immergente verso nord-est, ma con inclinazioni via via decrescenti e tendenti all’orizzontalità con la diminuzione dell’età del deposito.

Una faglia diretta è riportata anche nel presente lavoro di MS1 ed è compresa tra Gracciano e Colle Val d’Elsa, nell’area del Diborrato. Qui la valle incisa dal Fiume Elsa è profondamente incassata ed affiorano i depositi del Sintema di Campiglia dei Foci in sinistra idrografica con inclinazione di circa 15°. Gli stessi depositi affiorano in destra idrografica ad una quota di circa 40 metri superiore con giacitura sub-orizzontale. La faglia diretta responsabile del dislocamento dei depositi del Sintema di Campiglia non disloca invece i sintemi più recenti, del Pleistocene sup.-Olocene.

Un altro lineamento è presente al margine sud-orientale dell’area di studio in prossimità della località “Scarna”; non è definita la tipologia di cinematismo, ma le indagini effettuate non hanno permesso di identificare la profondità del substrato lapideo affiorante più a sud sul rilievo della Montagnola senese ad una distanza planimetrica di circa 2000 m, peraltro bordata da ulteriori faglie dirette in località Strove (al di fuori dell’area di studio).

Di seguito si riportano le formazioni di riferimento della cartografia geologica regionale per la realizzazione delle cartografie.

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 VILAFRANCHIANI

Travertini e calcari continentali (VILt) - RUSCINIANO - VILAFRANCHIANO

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

DEPOSITI MARINI PLIOCENICI

Sabbie e arenarie gialle (PLIs) - ZANCLEANO-PIACENZIANO

Calcareniti e calcilutiti bioclastiche (PLIc) - ZANCLEANO-PIACENZIANO

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.

6 – INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE PREGRESSE E REALIZZATE

Da un punto di vista geologico-geomorfologico sono stati analizzati gli elaborati cartografici di base del Piano Strutturale e la cartografia presente nel database geologico della Regione Toscana. Il presente studio di Microzonazione sismica di livello 1 ha comportato, in prima istanza, il reperimento e la raccolta dei dati relativi alle indagini del sottosuolo effettuate nell’area di interesse.

Tale raccolta ha comportato la consultazione di varie banche dati: la banca dati delle indagini geotematiche (BDIG) della Regione Toscana, che raccoglie i dati di base allegati agli strumenti urbanistici vigenti; la banca dati dei pozzi della Regione Toscana presente nella “Banca dati sottosuolo”; la banca dati delle indagini del sottosuolo presenti nel Portale del Servizio Geologico d’Italia dell’ISPRA; i dati presenti nell’Archivio dell’Ufficio Urbanistica del Comune di Colle di Val d’Elsa e nell’Archivio dell’Ufficio Tecnico del Genio Civile.

I dati archiviati sono di tipo sia puntuale che lineare e sono rappresentati da prove penetrometriche statiche con punta meccanica, prove penetrometriche statiche con piezocono, prove penetrometriche dinamiche, sondaggi a carotaggio continuo, sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni, prove sismiche in foro tipo Down-Hole, pozzi per acqua, indagini di rumore sismico ambientale HVSR, indagini sismiche a rifrazione, ESAC, MASW.

Le indagini realizzate *ad hoc* per il presente studio sono consistite in 35 misure di rumore sismico ambientale con metodologia a stazione singola HVSR, in 2 stendimenti sismici a rifrazione in onde P ed SH e in 4 stendimenti sismici di tipologia ESAC + MASW.

Nel complesso i dati di base a disposizione del presente studio sono stati i seguenti:

- n° 64 sondaggi a carotaggio continuo
- n° 12 sondaggi a carotaggio continuo con Down-Hole
- n° 38 prove penetrometriche dinamiche leggere o medie (DPL – DPM)
- n° 49 prove penetrometriche dinamiche pesanti o superpesanti (DPH – DPSH)
- n° 43 prove penetrometriche statiche
- n° 176 sondaggi a distruzione di nucleo per pozzi per acqua
- n° 22 indagini di sismica passiva tramite stazione singola (HVSR) + N°35 di nuova acquisizione
- n° 26 indagini sismiche MASW
- n° 7 indagini sismiche a rifrazione

Come sopra accennato, sono state effettuate delle misure a stazione singola per l’analisi dei microtremori ambientali (misure H/V). Lo scopo principale di tale tipologia d’indagine è quello di approfondire le conoscenze stratigrafiche ed in particolare di distinguere eventuali contrasti di impedenza sismica, tra materiali con velocità delle onde sismiche di taglio significativamente differenti. In particolare, sono state eseguite n°35 misure all’interno delle aree di studio.

I dati di base sono stati informatizzati secondo quanto previsto dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica”, versione 4.0.1:

- Ind_pu (feature class puntuale) contenente l’ubicazione delle prove puntuali;
- Ind_In (feature class lineare) contenente l’ubicazione delle prove lineari;
- Sito_Puntuale (tabella) contenente le informazioni relative al sito di indagine;
- Sito_Lineare (tabella) contenente le informazioni relative al sito di indagine;
- Indagini_Puntuali (tabella) contenente le informazioni relative alla tipologia di indagine puntuale effettuata;
- Indagini_Lineari (tabella) contenente le informazioni relative alla tipologia di indagine lineare effettuata;
- Parametri_Puntuali (tabella) contenete i parametri geotecnici e geofisici puntuali determinati, relativi alle varie unità geologico-tecniche;
- Parametri_Lineari (tabella) contenente i parametri geofisici lineari relativi alle varie unità geologico-tecniche;
- Curve (tabella) contenente i dati relativi a curve cumulative di prove di laboratorio.

7 – MODELLO DI SOTTOSUOLO: INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE NELLA SUA DEFINIZIONE

Le indagini sismiche effettuate e i dati di natura geologica, geotecnica, geofisica ed idrogeologica reperiti, hanno permesso di ottenere il seguente quadro sismo-lito-stratigrafico.

Il substrato geologico pre-neogenico è stato individuato solo nella porzione meridionale dell’area di studio MS1, nella parte di territorio compresa tra Fonterna, Quartaia e Lano.

Nell’area di Fonterna e Quartaia il substrato geologico è costituito dai calcari dolomitici e dolomie cariate della formazione del Calcere Cavernoso (Falda Toscana). Nella cartografia MOPS, non è mai stato indicato come direttamente affiorante, ma soggiacente ad un certo spessore di coperture. Nell’area compresa tra Fonterna e Coneo una dislocazione con orientamento circa est-ovest con cinematismo diretto ribassa il blocco a nord, rendendo non più rintracciabile la profondità del substrato, se non indirettamente attraverso misure HVSR in prossimità della località Boscona, che presentano un picco alla frequenza di circa 0.5 hz. Anche più ad est, in direzione della valle del Fiume Elsa, alcuni dati di pozzi indicano il non raggiungimento del substrato sino ad oltre 100 m di profondità.

Spostandosi verso sud in direzione di Lano il substrato geologico, la cui presenza e profondità è stata desunta da dati di pozzi in accordo con la presenza di affioramenti ancora più a meridione, al di fuori dell’area di studio, è costituito da formazione delle unità liguri, con le tipiche litologie dei flysch eocenico-cretacei quali calcari marnosi, marne e argilliti.

Le coperture presenti sono riferibili, da quelle di età più antica a quelle di età più recente, ai depositi marini pliocenici, con spessori decisamente rilevanti, a depositi di origine continentale di ambiente lacustre-palustre rusciniiani e villafranchiani con presenza oltre a sedimenti di origine terrigena anche di placche di travertino (Sintema di Campiglia), a depositi di ambiente fluvio-palustre con presenza di incrostazioni carbonatiche presenti sulla successione di terrazzi presenti sui versanti dei principali corsi fluviali dell’area e infine a depositi alluvionali di fondovalle.

Solo nella porzione meridionale i depositi continentali poggiano direttamente sul substrato geologico (i.e. sul Calcere Cavernoso nell’area di Quartaia); nel resto del territorio, nelle aree del capoluogo, di Gracciano, di Campiglia e nella porzione orientale del territorio (località Belvedere, Selvamaggio, Galignano) i depositi continentali sia lacustro-palustri che fluvio-palustri poggiano al di sopra della formazione pliocenica di origine marina delle Sabbie di San Vivaldo. Quest’ultima presenta varie facies comprese quelle con taglie granulometriche inferiori con presenza di sabbie

fini, limi sabbiosi e limi argillosi e facies più grossolane con presenza di livelli conglomeratici cementati.

I depositi lacustro-palustri sono disposti per la maggior parte in due placche sub-orizzontali in destra e in sinistra idrografica del fiume Elsa con spessori massimi che in questo studio sono stati individuati sino a circa 50 m. Litologicamente sono stati assimilati a alternanze di limi sabbiosi, argille, da poco a mediamente consistenti, ruditi in matrice limoso sabbiosa e livelli lapidei (travertino) decimetrici.

I depositi continentali più recenti (Pleistocene medio-Olocene) assieme a quelli di origine alluvionale sono stati assimilati a alternanze di limi argillosi, sabbie limose, da poco a mediamente consistenti, a sabbie ghiaiose e ruditi in matrice limoso sabbiosa con incrostazioni carbonatiche.

Dal punto di vista geotecnico i depositi continentali presentano una consistenza, perlomeno nei livelli superficiali, generalmente modesta, con presenza di alterazione diffusa delle placche di travertino, ove presenti, che mantengono spessori della porzione lapidea raramente superiore al metro.

Le sabbie plioceniche costituiscono il rilievo di Colle alta e nell’area di Colle bassa sono presenti a profondità comprese tra 20 e 30 metri circa; il loro stato di addensamento è di solito elevato.

Gli stendimenti sismici effettuati ad hoc per lo studio MS1 hanno permesso di giungere alle seguenti considerazioni:

- Il substrato lapideo costituito dalla formazione del Calcere Cavernoso è anche substrato sismico dato che i valori di V_s emersi nell’indagine sismica a rifrazione eseguita in loc. Quartaia superano il valore di 800 m/s. Nel sito di indagine i terreni di copertura presentano spessore di circa 5 m e V_s media di circa 300 m/s.
- Nella porzione orientale dell’area di studio (area industriale Belvedere) non è stato rinvenuto un substrato geologico, data la sua probabile elevata profondità, nonostante la contenuta distanza (<2 km) dai rilievi della Montagnola senese. Qui i valori massimi di V_s sono comunque molto elevati trattandosi di terreni di copertura (fino a circa 700 m/s), e attribuibili a facies conglomeratiche e/o cementate delle sabbie plioceniche. E infatti i depositi marini neogenici mostrano spesso velocità delle onde S_h già elevate (400-600

- m/s) a partire da pochi metri di profondità; occasionalmente per la presenza di lenti conglomeratiche tali velocità possono essere prossime a 700 m/s.
- Nell’area di Campiglia dove affiorano estesamente i depositi lacustro-palustri per spessori sino a circa 50 m, la Vs, oltre un primo livello “lento” di circa 10 m, con valori di circa 200 m/s si attesta su circa 450-500 m/s. Il dato è confermato da altre indagini sismiche di archivio reperite.
 - A ovest di Colle Val d’Elsa in località “Le Grazie” la situazione non è molto dissimile dalla precedente, con una inversione di velocità dovuta verosimilmente alla presenza di una placca di travertino di 4-5 metri in superficie e valori di Vs, a partire da 10 m di profondità dal p.c. prossimi a 450 m/s.
 - Un’altra inversione pare essere presente in prossimità di Gracciano dove al di sotto di uno strato superficiale di spessore di circa 5 metri con Vs prossime a 600 m/s (livello di travertino?), la Vs cala, sino a circa 30 m di profondità a valori compresi tra 300 e 400 m/s per poi risalire a 600 m/s, valore probabilmente attribuibile alla presenza delle sabbie plioceniche.
 - Non paiono invece esserci inversioni nell’area a nord dello Stadio Comunale, in destra idrografica del Fiume Elsa, dove le Vs salgono in modo piuttosto continuo e senza “salti” dai -3 m, sino a valori di circa 600 m/s a 30 m di profondità, valore, anche in questo caso attribuibile alla presenza delle sabbie plioceniche.

I risultati ottenuti dalle indagini HVSR effettuate mostrano una sostanziale assenza picchi in frequenza significativi in larga parte di territorio ad est del Fiume Elsa, dove le sabbie plioceniche al di sotto dei depositi continentali presentano uno spessore probabilmente maggiore di 200 m. La situazione litostratigrafica non può però considerarsi omogenea data la presenza di livelli più competenti (cementati e/o conglomeratici) in grado di produrre dei picchi in frequenza nel rapporto H/V, ad esempio in località Belvedere e più ad ovest verso Podere Querciola.

I picchi rinvenuti a Colle bassa portano a stimare una profondità del contrasto di impedenza a circa 15 m, attribuibile al passaggio dai depositi continentali fluvio-palustri poco consolidati e sabbie addensate sottostanti o comunque a livelli cementati in esse presenti.

In prossimità di Quartaia e più a nord i picchi in frequenza sono attribuibili alla presenza del substrato lapideo del Calcere cavernoso che verso est si immerge rapidamente al di sotto delle



coperture e a nord viene ribassato da una faglia diretta, tanto che non vi sono dati di pozzi che intercettano il substrato e le misure H/V in località Boscona indicano valori di f_0 molto bassi, di circa 0.5 hz, che indicherebbero una profondità del substrato molto elevata ($\gg 100$ m).

Le misure condotte secondo un ideale triangolo tra Campiglia, Le Grazie e Montecchio, indicano valori del picco in frequenza f_0 di poco superiori a 1 hz che possono dubitativamente far pensare ad un contrasto a profondità elevate, prossimo a 100 m.

8 – CLASSE DI QUALITÀ DELLA CARTA DI LIVELLO I

La raccolta delle indagini pregresse e l'effettuazione ex-novo di misure di rumore ambientale a stazione singola ha consentito di giungere all'ottenimento della classe di qualità A (85.1%).

Di seguito si riporta il foglio di calcolo per la valutazione della qualità della carta di livello 1.

FOGLIO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA DEL LIVELLO DI MICROZONAZIONE SISMICA SULLA BASE DELLE INDAGINI PREGRESSE E/O NUOVE					
a	Parametro	4			
Inserire il valore solo nelle celle colorate in viola					
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33
c	Sondaggi a distruzione	0.5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	0.33
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33
e	Indagini geofisiche	0.5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	0.33
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33
f	Prove geotecniche	0.25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	0.33
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33
g	Misure Frequenze	0.75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0.66	0.66
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33

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

* D. Albareto, C. Cesi, V. Enaffi, F. Guerin, E. Lanoldi, E. Panfili, D. Pizzig, L.M. Pazzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali	CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
b	0.99	24.8	A	³ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
c	0.50	12.4	B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
d	0.77	19.2	C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
e	0.38	9.6	D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana
f	0.19	4.8			
g	0.57	14.4			
Tot	85.1	85.1	Classe A		



9 – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI FINALI

Allo scopo di definire le caratteristiche fisiche, elastiche e geometriche del sottosuolo è stata eseguita, oltre ai 2 stendimenti sismici a rifrazione e ai 4 con metodologia ESAC-MASW, una campagna di n°35 misure di rumore sismico ambientale di tipo H/V.

Le ubicazioni e i risultati delle misure sono visibili nella cartografia prodotta “*Carta delle frequenze naturali dei depositi*” in scala 1:5000. Le misure sono state eseguite in punti disposti in modo da consentire una buona copertura areale e da analizzare zone dalle diverse e rappresentative caratteristiche geologico-stratigrafiche. Le misure hanno avuto ognuna una durata di almeno 20 minuti in modo da poter avere un numero di finestre statisticamente significativo su cui effettuare una media (considerando l’eliminazione di talune finestre per la presenza di disturbi) e di adeguata lunghezza (tra 20-30 s) per l’analisi di frequenze anche molto basse (fino circa a 0.2 Hz). La frequenza di campionamento in fase di acquisizione è stata di 300 campioni per secondo.

Gli spettri sperimentali, al fine di definirne l’affidabilità, sono stati confrontati con i criteri SESAME (2004) e con la classificazione delle misure proposta da Albarello et alii (2010). Si rimanda al relativo allegato per le schede delle singole misure effettuate.

Nell’ambito di questo lavoro le misure hanno avuto la finalità dell’individuazione di fenomeni di risonanza stratigrafica con l’indicazione delle frequenze in corrispondenza delle quali tale fenomeno si manifesta. E’ stato possibile così giungere ad una indicazione dello spessore delle coperture poste su un substrato rigido (ove presente) o in ogni caso della profondità di un contrasto di impedenza sismica significativo. La definizione dell’entità di tale contrasto è solo indicativa e l’ampiezza del rapporto H/V dato dal picco o dai picchi della curva non può essere messo in correlazione diretta con la reale amplificazione subita dalle onde sismiche che si potrà manifestare in occasione di terremoti.

Al fine di una corretta valutazione delle caratteristiche geologico-stratigrafiche la scelta del luogo di misura è stato preceduto da sopralluoghi e da uno studio di tutta la cartografia geologica, litotecnica e geomorfologica disponibile, in modo da poter avere più opzioni di posizionamento per una stessa unità formazionale o litologica in aree ritenute utili per lo studio di microzonazione sismica.

Gli spessori delle coperture poste su substrato o le profondità di contrasti di impedenza sismica significativi possono in prima approssimazione essere ricavati da un abaco; tali valori hanno però solo un valore indicativo e necessitano di confronto con prove indipendenti perché gli spessori siano definiti con maggiore precisione e accuratezza.

F0 (Hz)	h(m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Abaco per la stima dello spessore delle coperture conoscendo i valori delle frequenze di risonanza F0 date dalle misure H/V.

Tipo	Numero	fo	Ao	Classe
HVSR1	1	2.2	4.8	A1
HVSR2	2	2.9	2.0	A1
HVSR3	3	1.5	2.1	B1
HVSR4	4	1.1	3.7	A1
HVSR5	5	1.3	3.2	A1
HVSR6	6	nn	nn	A2
HVSR7	7	6.9	4.6	B1
HVSR8	8	nn	nn	A2
HVSR9	9	nn	nn	A2
HVSR10	10	1.3	2.3	A1
HVSR11	11	3.8	2.9	A1
HVSR12	12	3.5	2.8	A1
HVSR13	13	3.5	2.0	A1
HVSR14	14	3.8	3.8	A1
HVSR15	15	nn	nn	A2
HVSR16	16	nn	nn	A2
HVSR17	17	2.1	6.9	A1
HVSR18	18	nn	nn	A2
HVSR19	19	nn	nn	A2
HVSR20	20	nn	nn	A2
HVSR21	21	3.2	2.5	B1
HVSR22	22	nn	nn	A2
HVSR23	23	4.3	4.0	A1
HVSR24	24	11.6	2.5	A1
HVSR25	25	nn	nn	A2
HVSR26	26	nn	nn	A2
HVSR27	27	nn	nn	A2
HVSR28	28	nn	nn	A2
HVSR29	29	nn	nn	A2
HVSR30	30	4.8	2.6	A1
HVSR31	31	4.3	2.3	A1
HVSR32	32	1.2	5.1	B1
HVSR33	33	1.5	2.1	A1
HVSR34	34	nn	nn	A2
HVSR35	35	1.7	2.9	A1

Risultati delle misure di microtremore a stazione singola H/V

Le indagini HVSR in cui è presente “nn” non hanno evidenziato picchi in frequenza significativi.



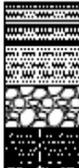
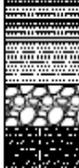
10 – ELABORATI CARTOGRAFICI

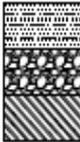
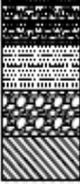
Gli elaborati cartografici prodotti sono i seguenti:

- Carta delle indagini in scala 1:5000
- Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica in scala 1:5000
- Carta delle frequenze naturali dei depositi in scala 1:5000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) in scala 1:5000
- Sezioni geologico-tecniche in scala 1: 1:5000

11 – DESCRIZIONE DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

11.1 - ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

2001 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)
2002 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)
2003 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)
2004 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)
2005 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: breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) Substrato geologico: calcari dolomitici e dolomie brecciate
2006 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: breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) Substrato geologico: calcari dolomitici e dolomie brecciate
2007 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: breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m) Substrato geologico: calcari dolomitici e dolomie brecciate
2008 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: breccie 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: breccie 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: breccie 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: breccie e conglomerati in matrice limoso-argillosa (3-10 m)
Substrato geologico: argilliti e calcilutiti

11.2 - ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ

All’interno dell’area di studio sono presenti numerose aree mappate come zone di attenzione per instabilità di versante. In particolare alcune di esse sono considerate in stato di attività e sono situate in prossimità dei centri abitati. In particolare sono state mappate aree caratterizzate da franosità diffusa in corrispondenza dell’alveo incassato del Fiume Elsa, che dà luogo a scarpate molto acclivi e alcune aree in stato di attività di limitata estensione all’interno di un’ampia fascia di aree instabili in stato di quiescenza sui versanti che bordano l’abitato di Colle alta sino ad est di Podere La Poggiola.

11.3 - DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Le microzone individuate hanno portato alla definizione delle aree a pericolosità sismica locale:

- Aree a “Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4): zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici
- Aree a “Pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri ”
- Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non rientranti tra i criteri previsti per la Classe “Pericolosità sismica locale elevata (S.3)” vengono inserite all’interno della Classe “Pericolosità sismica locale media (S.2)”.
- Zone stabili non sono state cartografate, motivo per il quale non vi sono aree inserite all’interno della Classe “Pericolosità sismica locale bassa (S.1)”.

12 – DESCRIZIONE DELLA CARTA GEOLOGICO TECNICA

Nella carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica vengono rappresentate le informazioni riguardanti i litotipi affioranti, distinti in primis tra terreni di copertura e substrato; nel caso del presente lavoro sono state distinte 2 tipologie di substrato.

Le correlazioni tra unità geologiche e unità Geologico – Tecniche sono di seguito illustrate:

- substrato geologico lapideo (rappresentato geologicamente da calcari dolomitici e dolomie grigie con struttura a cellette e dolomie cariate (Calcere cavernoso) Triassico Superiore. Nella Carta Geologico-Tecnica non è rappresentato in affioramento, mentre è visibile in sezione nella tavola delle “Sezioni Geologico – Tecniche” con il simbolo “**LP**”.

La pozione superficiale di questa unità geologico-tecnica, considerata fratturata o alterata è rappresentata nelle sezioni geologico-tecniche come “**SFLP**”.

- substrato geologico lapideo stratificato (rappresentato geologicamente dall’ Unità di Monte Gottero - Argilliti grigie e calcilutiti (Argille a Palombini) Cretacico inferiore. Nella Carta Geologico-Tecnica non è rappresentato in affioramento, mentre è visibile in sezione nella tavola delle “Sezioni Geologico – Tecniche” con il simbolo “**LPS**”.

La pozione superficiale di questa unità geologico-tecnica, considerata fratturata o alterata è rappresentata nelle sezioni geologico-tecniche come “**SFLPS**”.

- Sabbie e sabbie fini da debolmente limose a limose con lenti conglomeratiche da ben addensate a cementate, limi sabbioso argillosi consistenti, argille sabbiose: geologicamente corrispondenti alle formazioni plioceniche delle “Sabbie e arenarie gialle (PLIs) - ZANCLEANO-PIACENZIANO e dei “Conglomerati marini poligenici (PLIb) - ZANCLEANO-PIACENZIANO” sono rappresentate nella “Carta Geologico – Tecnica dal simbolo “**SMtm**” (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di terrazzo marino).
- Alternanze di limi sabbiosi, argille, da poco a mediamente consistenti, ruditi in matrice limoso sabbiosa e livelli lapidei (travertino) decimetrici: geologicamente corrispondenti alle formazioni VILt e VILb (Depositi continentali rusciniani e villafranchiani) sono rappresentate nella “Carta Geologico – Tecnica dal simbolo “**CLpa**” (Argille inorganiche di medio bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di ambiente palustre).

- Alternanze di limi argillosi, sabbie limose, da poco a mediamente consistenti, sabbie ghiaiose, ruditi in matrice limoso sabbiosa con incrostazioni carbonatiche: corrispondenti ai depositi alluvionali recenti ed attuali e ai depositi di origine fluvio-palustre sono rappresentati in “Carta Geologica – Tecnica dalla sigla “**MLtj**” (Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di terrazzo fluviale).

Lo spessore minimo delle coperture rappresentate è di 3 metri; la litologia dei terreni è stata descritta tramite sistema di classificazione *Unified Soil Classification System* (leggermente modificato, ASTM, 1985). Inoltre è stata aggiunta una sigla che descrive l’ambiente deposizionale del litotipo.

Vengono altresì rappresentati i seguenti elementi geologici ed idrogeologici:

- giaciture degli strati;
- l’ubicazione di sondaggi che hanno raggiunto il substrato (con indicazione della profondità ove il substrato è stato rinvenuto) e l’ubicazione di sondaggi che non hanno raggiunto il substrato (con indicazione della massima profondità raggiunta dalla perforazione).

13 – CONSIDERAZIONI SULLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

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

- 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;
- Depositii sabbiosi recenti (*Olocenici*).

Per valutare il potenziale di liquefazione sulla base dei dati disponibili è stata utilizzata l’analisi qualitativa, basata sulle osservazioni delle caratteristiche sismiche, geologiche e geotecniche dei siti interessati o potenzialmente interessati dal fenomeno della liquefazione.

Tale analisi ha portato ad evidenziare la presenza di depositi costituiti da materiali con ampia distribuzione granulometrica, con percentuali elevate di materiali con componente coesiva (<

0.062 mm) e con presenza non trascurabile di granulometrie ruditiche, motivo per il quale i terreni analizzati presentano una scarsa suscettibilità alla liquefazione.

Nel contesto del presente lavoro, la valutazione relativa alla suscettibilità alla liquefazione è puramente qualitativa ed in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi dovrà comunque essere verificata la stabilità nei confronti della liquefazione secondo il paragrafo 7.11.3.4 delle NTC/18.

Arezzo, novembre 2018

ProGeo Engineering

Dott. Geol. *Massimiliano Rossi*

Dott. Geol. *Fabio Poggi*

Collaboratori:

Dott. Geol. *Luca Berlingozzi*