



# Comune di Campi Bisenzio

## Città Metropolitana di Firenze

SINDACO  
Emiliano Fossi

ASSESSORE ALL'URBANISTICA  
Giovanni Di Fedè

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Domenico Ennio Maria Passaniti

GARANTE DELL'INFORMAZIONE E  
DELLA PARTECIPAZIONE  
Simonetta Cappelli

# piano strutturale

## studi geologici

**relazione tecnica a supporto dello studio di  
MS1**

PROGETTO URBANISTICO  
coordinatore  
Riccardo Luca Breschi  
con  
Andrea Girardi  
Luca Agostini

responsabile ufficio urbanistica  
Letizia Nieri

ufficio di piano  
Stefano Carmannini  
Paolo Canepari  
Luigi Maggio  
Christian Ciampi

STUDI IDROLOGICI E IDRAULICI  
A4-Ingegneria  
David Malossi

STUDI GEOLOGICI  
IdroGeo Srl  
Simone Fiaschi  
Alessandro Murratzu  
Alessio Calvetti

STUDI ECOLOGICI E BIODIVERSITA'  
Carlo Scozzianti

STUDI MOBILITA'  
Meta  
Andrea Debernardi  
Politecnico di Milano  
Paolo Beria

STUDI SOCIODEMOGRAFICI  
Irpel  
Chiara Agnoletti  
Leonardo Piccini

VAS E VINCA  
Terre.it Srl  
Fabrizio Cinquini  
Michela Biagi  
Paolo Perna  
Valeria Dini



Agosto 2019

**INDICE**

1. INTRODUZIONE .....	1
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....	3
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....	9
.....	10
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI (Tav.1) .....	13
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO .....	15
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	17
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI .....	21
8. ELABORATI CARTOGRAFICI .....	27
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	34
10. PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO1 .....	34

## 1. INTRODUZIONE

A seguito dell'incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Campi Bisenzio (Provincia di Firenze), con Determinazione n.323 del 18/05/2017 sono state condotte le indagini geologiche a supporto dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 ai sensi dell'O.c.D.P.C. 344/2016, art.2, comma 1, lett. A).

Le indagini geologiche, compresa la presente relazione illustrativa sono state realizzate in conformità agli standard di rappresentazione e archiviazione informativa e agli indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (Versione 4.0b) come definite dall'O.P.C.M. n.3907 del 13 Novembre 2010 e ai sensi L.R.n.58 del 16/10/2009 "*Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico*". Per quanto riguarda l'elaborazione della carta della pericolosità sismica locale definita sulla base dei risultati del presente studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, il riferimento normativa è il D.P.G.R. 53/R/2011.

Il livello 1 di Microzonazione Sismica costituisce un livello propedeutico caratterizzato essenzialmente da una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e di ulteriori informazioni, finalizzata alla suddivisione del territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

La presente relazione tecnica illustrativa descrive nel dettaglio tutti gli elementi caratterizzanti gli elaborati che costituiscono lo studio di microzonazione, indicandone le problematiche, le metodologie di indagine, le procedure di analisi ed elaborazione utilizzate ed infine i risultati prodotti.

I suddetti studi, come da normativa vigente, non coinvolgono l'intero territorio comunale, ma solo i centri urbani maggiormente significativi, definiti dall'amministrazione comunale coinvolta dagli studi.

In particolare, il Comune di Campi Bisenzio ha definito la seguente lista dei centri urbani maggiormente significativi (fig.1):

- **Campi Bisenzio (capoluogo comunale);**
- **La Villa – Capalle;**
- **Confini;**
- **San Cresci-San Giusto;**
- **Le Piaggiole - S.Giorno a Colonica;**
- **San Piero a Ponti;**
- **Sant'Angelo a Lecore;**
- **San Donnino.**

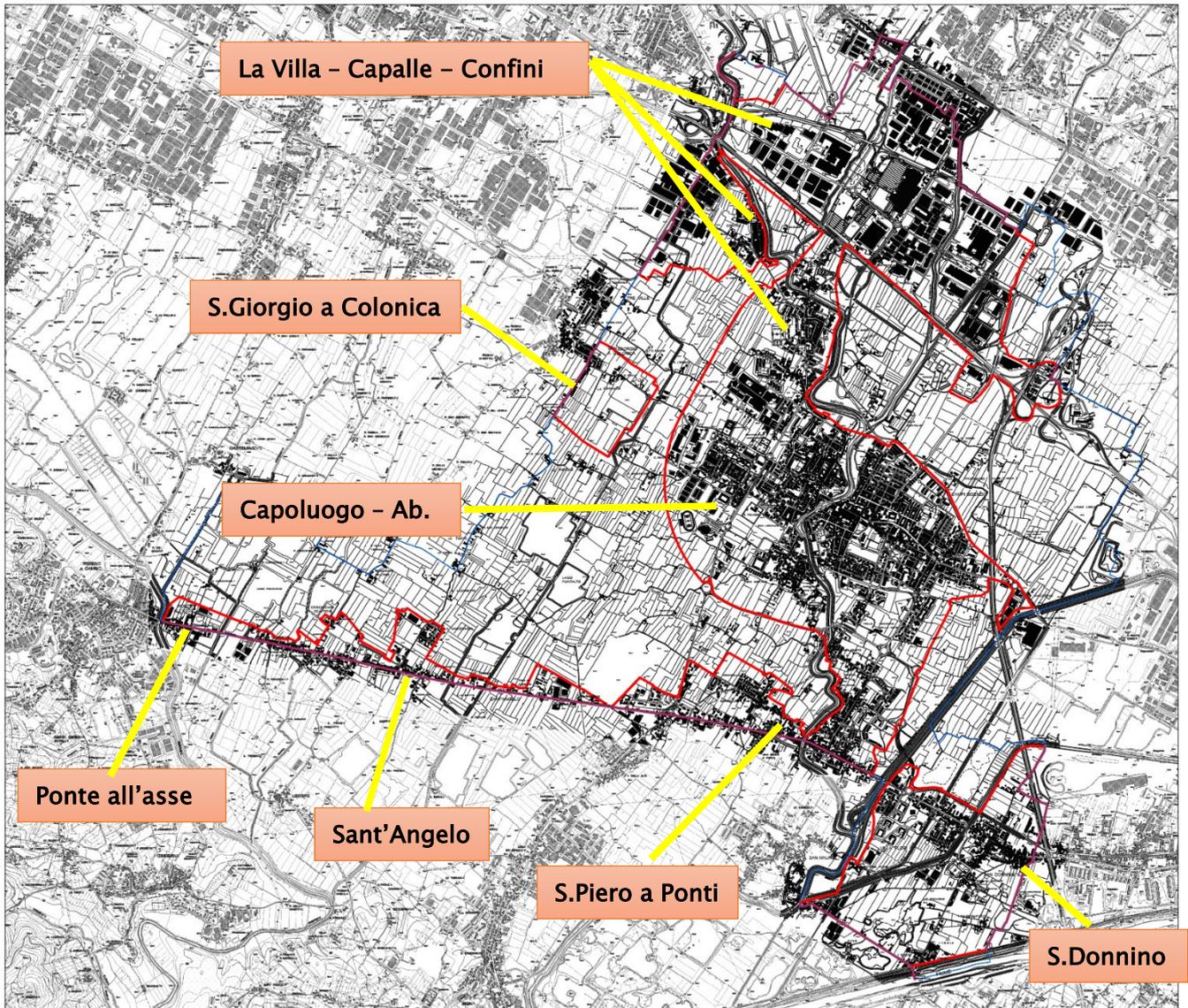


Fig. 1 – Ubicazione dei centri urbani maggiormente significativi (limite rosso).

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

Gli effetti locali prodotti da eventi sismici assumono una diversa rilevanza in funzione della sismicità di base del territorio comunale e della relativa accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

La Regione Toscana con Deliberazione G.R.T. n.421 del 26/05/2014 ha approvato la vigente classificazione sismica del territorio regionale. Tale classificazione, suddivide il territorio regionale in 4 classi in base all'accelerazione massima del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tab. 1).

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

Tab. 1– Ubicazione dei centri urbani maggiormente significativi (limite rosso). In blu limite comunale

Il Comune di Campi Bisenzio, secondo i modelli di calcolo dell'I.N.G.V., ricade in una porzione territoriale caratterizzata da un'accelerazione sismica compresa fra 0,125g e 0,150g (Fig. 2), quindi in classe di pericolosità sismica 3 (Fig. 3). Il calcolo dell'accelerazione sismica sito specifica è basato su una modellazione matematica a livello nazionale basato a sua volta sulle tipologie di sorgente sismogenetica presenti nelle vicinanze, sulle distanze fra le sorgenti sismogenetiche e i siti specifici di riferimento, e sui dati storici degli eventi sismici occorsi in corrispondenza delle sorgenti sismogenetiche ed in corrispondenza dei vari siti specifici di interesse.

Il Comune di Campi Bisenzio è stato interessato da vari eventi sismici nel corso della storia. Consultando il catalogo parametrico dei terremoti italiani dal 1000 al 2014 (CPT15) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.) sono stati registrati 17 eventi sismici (direttamente o indirettamente interessanti il territorio comunale di Campi Bisenzio) dal 1887 al 1995 (Tab. 2 e Fig. 4). Sempre consultando i database dell'Istituto I.N.G.V., per gli eventi sismici a partire dal 2014 ad oggi, è stato possibile mettere in evidenza ulteriori 25 terremoti accaduti in un raggio di 30 km dal centro del comune di Campi Bisenzio, con magnitudo superiore a 3.

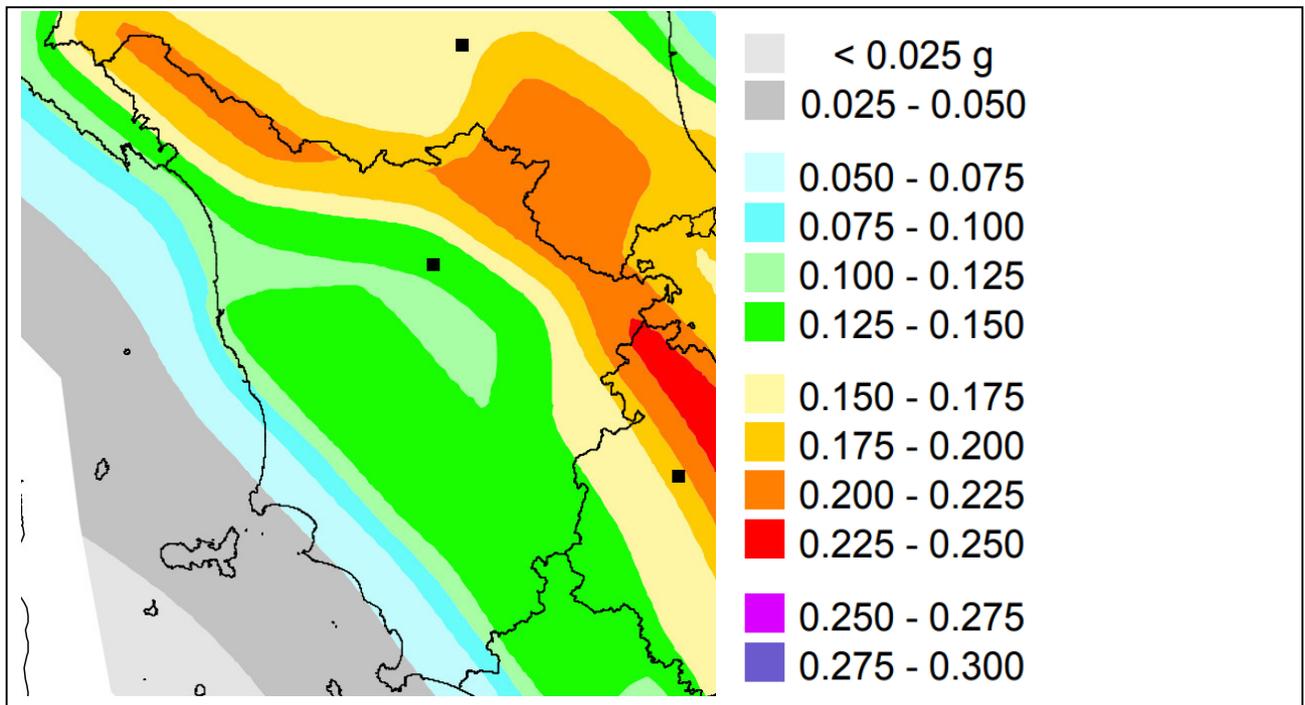
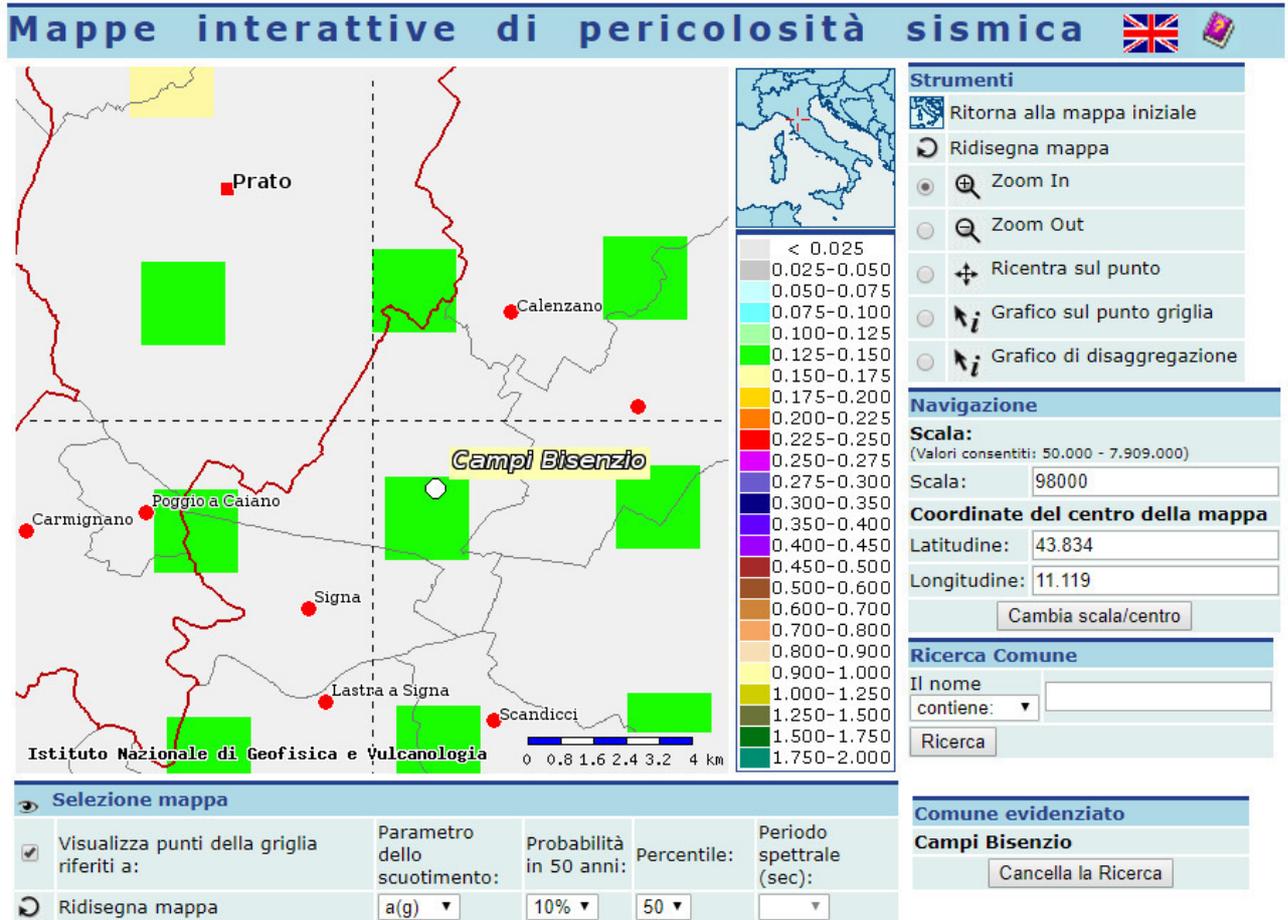


Fig. 2– Mappa di pericolosità sismica (fonte INGV). In basso classificazione con dettaglio regionale, in alto classificazione con dettaglio comunale

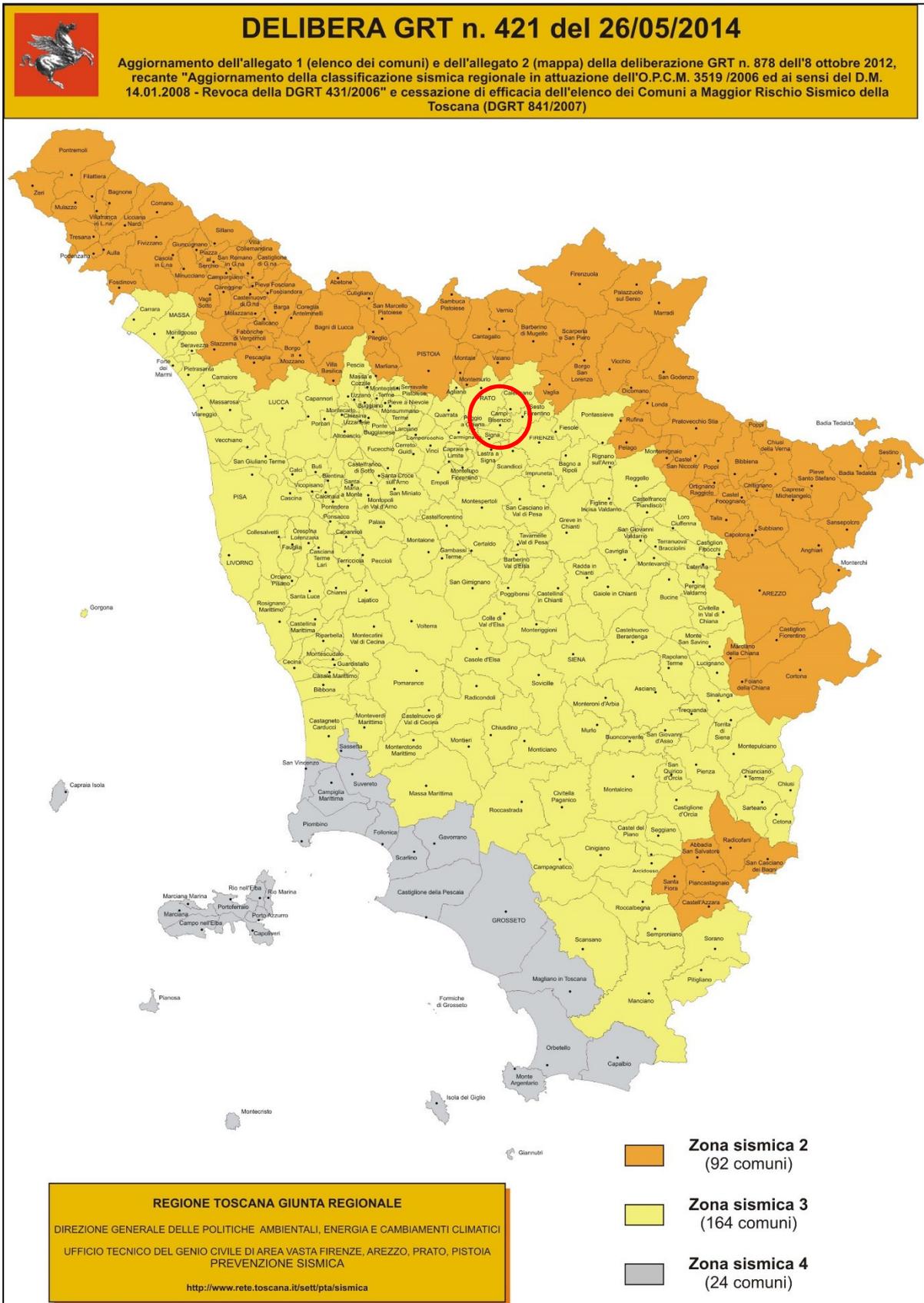


Fig. 3– Carta della classificazione sismica della Toscana. Nel cerchio rosso il comune di Campi Bisenzio

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	<a href="#">🔗</a>	1887	11	14	05	48	0 Fiorentino	101	6	4.47
6	<a href="#">🔗</a>	1895	05	18	19	55	1 Fiorentino	401	8	5.50
NF	<a href="#">🔗</a>	1897	07	27	09	02	1 Valdarno inferiore	33	5-6	4.27
5	<a href="#">🔗</a>	1899	06	26	23	17	2 Valle del Bisenzio	138	7	5.02
NF	<a href="#">🔗</a>	1899	07	08	22	56	5 Bagno di Romagna	37	4	4.02
NF	<a href="#">🔗</a>	1903	07	27	03	46	Lunigiana	79	7-8	5.19
5	<a href="#">🔗</a>	1904	11	17	05	02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	<a href="#">🔗</a>	1906	04	21	06	35	Valdelsa	45	5-6	4.30
NF	<a href="#">🔗</a>	1907	12	20	10	29	1 Chianti	35	6	4.44
4	<a href="#">🔗</a>	1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	<a href="#">🔗</a>	1909	08	25	00	22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	<a href="#">🔗</a>	1913	02	13	16	39	Corno alle Scale	26	5	4.18
5	<a href="#">🔗</a>	1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
6	<a href="#">🔗</a>	1919	06	29	15	06	1 Mugello	565	10	6.38
5	<a href="#">🔗</a>	1920	09	07	05	55	4 Garfagnana	750	10	6.53
3	<a href="#">🔗</a>	1939	02	11	11	17	Mugello	31	7	5.01
2-3	<a href="#">🔗</a>	1995	10	10	06	54	2 Lunigiana	341	7	4.82

Tab. 2– Elenco degli eventi sismici registrati a Campi Bisenzio dal 1000 al 2014. Int. (intensità registrata a Campi Bisenzio), Anno Me Gi Ho Mi Se (anno, mese, giorno, ora, minuti e secondi dell'evento sismico), Area epicentrale (zona dove ricade l'epicentro), NMDP (numero di dati puntuali macrosismici), Io (intensità all'epicentro), Mw (magnitudo all'epicentro).

Nel complesso il comune di Campi Bisenzio è stato interessato da eventi sismici (diretti o indiretti) con intensità media inferiore a 5 (ad eccezione di alcuni eventi che hanno raggiunto intensità 6). Dato confermato dal grafico di disaggregazione sul nodo di Campi Bisenzio del modello matematico elaborato dall'INGV che riporta, per il comune di interesse, una magnitudo media di 4,93 ricadente a circa 12,6 Km dal nodo di riferimento (Fig. 2) come contributo principale all'accelerazione sismica del comune (Fig. 5).

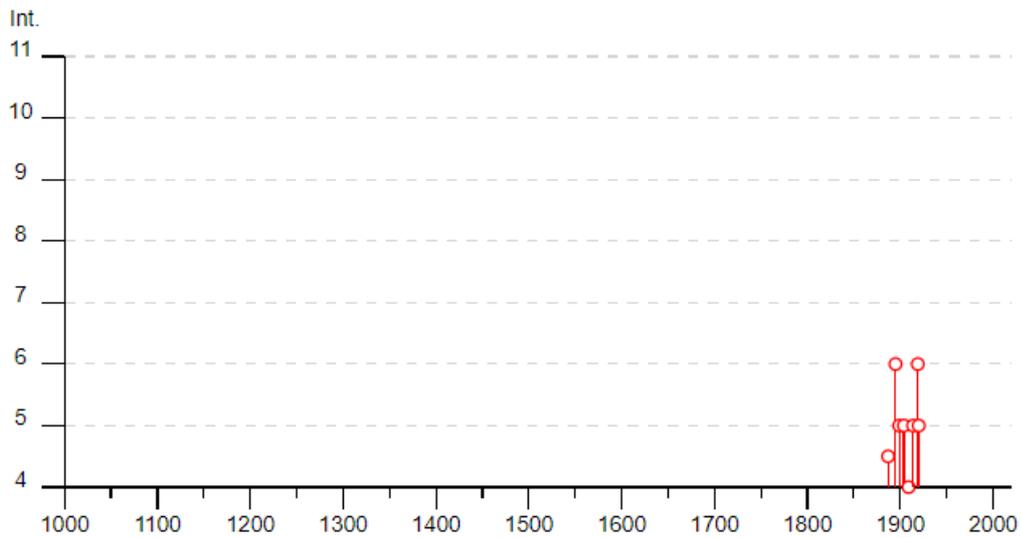
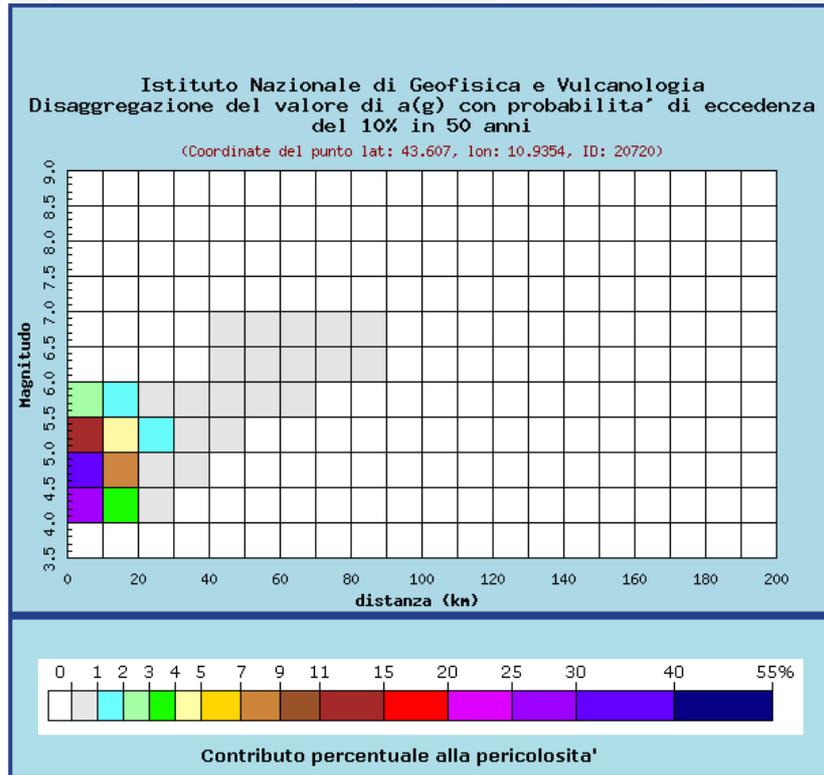


Fig. 4– Grafico di distribuzione degli eventi sismici dal 1000 al 2014 (fonte INGV)

Data e Ora (Italia) 📅	Magnitudo 📊	Zona 📍	Profondità 📏	Latitudine	Longitudine
2017-06-02 12:04:56	ML 3.0	4 km N Tavarnelle Val di Pesa (FI)	8	43.60	11.17
2016-11-01 11:47:33	ML 3.2	2 km E Castelfiorentino (FI)	8	43.61	10.99
2016-10-25 18:53:00	Mw 3.9	2 km E Castelfiorentino (FI)	10	43.61	11.00
2015-09-13 03:04:34	ML 3.8	7 km NE Tavarnelle Val di Pesa (FI)	9	43.61	11.23
2015-07-22 01:07:25	ML 3.1	7 km SW Sambuca Pistoiese (PT)	56	44.04	10.97
2015-03-27 13:44:40	ML 3.0	6 km SE San Casciano in Val di Pesa (FI)	8	43.62	11.24
2015-03-04 01:00:04	Mw 3.7	5 km N Tavarnelle Val di Pesa (FI)	9	43.60	11.18
2015-03-04 00:51:54	ML 3.3	4 km N Tavarnelle Val di Pesa (FI)	9	43.59	11.16
2014-12-21 18:02:41	ML 3.0	6 km SE San Casciano in Val di Pesa (FI)	8	43.61	11.23
2014-12-20 05:56:40	ML 3.1	6 km W Greve in Chianti (FI)	9	43.60	11.24
2014-12-20 05:35:20	ML 3.0	5 km NE Tavarnelle Val di Pesa (FI)	9	43.60	11.20
2014-12-20 05:09:02	ML 3.0	7 km W Greve in Chianti (FI)	7	43.61	11.25
2014-12-20 05:07:04	ML 3.5	6 km NE Tavarnelle Val di Pesa (FI)	7	43.60	11.24
2014-12-20 00:29:36	ML 3.1	5 km W Greve in Chianti (FI)	8	43.60	11.26
2014-12-19 23:38:06	ML 3.0	5 km SE San Casciano in Val di Pesa (FI)	7	43.62	11.23
2014-12-19 19:37:01	ML 3.5	5 km S San Casciano in Val di Pesa (FI)	8	43.61	11.20
2014-12-19 18:27:16	ML 3.6	5 km SE San Casciano in Val di Pesa (FI)	7	43.62	11.23
2014-12-19 14:21:49	ML 3.0	6 km SE San Casciano in Val di Pesa (FI)	7	43.62	11.25
2014-12-19 13:09:56	ML 3.2	7 km SE San Casciano in Val di Pesa (FI)	7	43.62	11.25
2014-12-19 12:34:26	ML 3.4	6 km W Greve in Chianti (FI)	8	43.60	11.24
<b>2014-12-19 11:36:30</b>	<b>Mw 4.1</b>	<b>7 km W Greve in Chianti (FI)</b>	9	43.61	11.24
2014-12-19 11:33:14	ML 3.0	7 km SE San Casciano in Val di Pesa (FI)	8	43.61	11.24
2014-12-19 10:39:41	Mw 3.8	7 km W Greve in Chianti (FI)	9	43.60	11.24
2014-12-19 01:09:05	ML 3.3	6 km NE Tavarnelle Val di Pesa (FI)	9	43.60	11.23
2014-06-23 11:12:24	ML 3.1	3 km NE Borgo San Lorenzo (FI)	7	43.97	11.42

Tab. 3– Elenco degli eventi sismici registrati in un arco di 30 km dal centro del Comune di Campi Bisenzio, dal 2014 ad oggi (magnitudo superiore a 3 – fonte INGV).



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.8112, lon: 11.1346, ID: 19835)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	21.100	26.300	8.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.850	9.760	5.840	1.100	0.699	0.095	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.262	2.760	4.590	3.850	2.860	0.439	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.061	1.190	1.920	1.810	0.323	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.203	0.735	0.531	0.109	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.008	0.204	0.188	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.070	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.930	12.600	1.130

Fig. 5– Grafico (sopra) e tabella (sotto) di disaggregazione del Comune di Campi Bisenzio (fonte INGV)

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

Il comune di Campi Bisenzio ha un'estensione complessiva di circa 28,7 km<sup>2</sup> ed è sito nella porzione medio-orientale della piana villafranchiana fluvio-lacustre denominata "Firenze-Prato-Pistoia" a sua volta facente parte del settore centrale della pianura del medio Valdarno (Fig. 6).

Tale depressione è limitata a Nord dai rilievi dei Monti della Calvana – Monte Morello e a Sud dal Monte Albano. Recenti studi segnalano la probabile presenza sul margine Nord della piana Firenze-Prato-Pistoia di una faglia normale capace (Database ITHACA - Fig. 7).

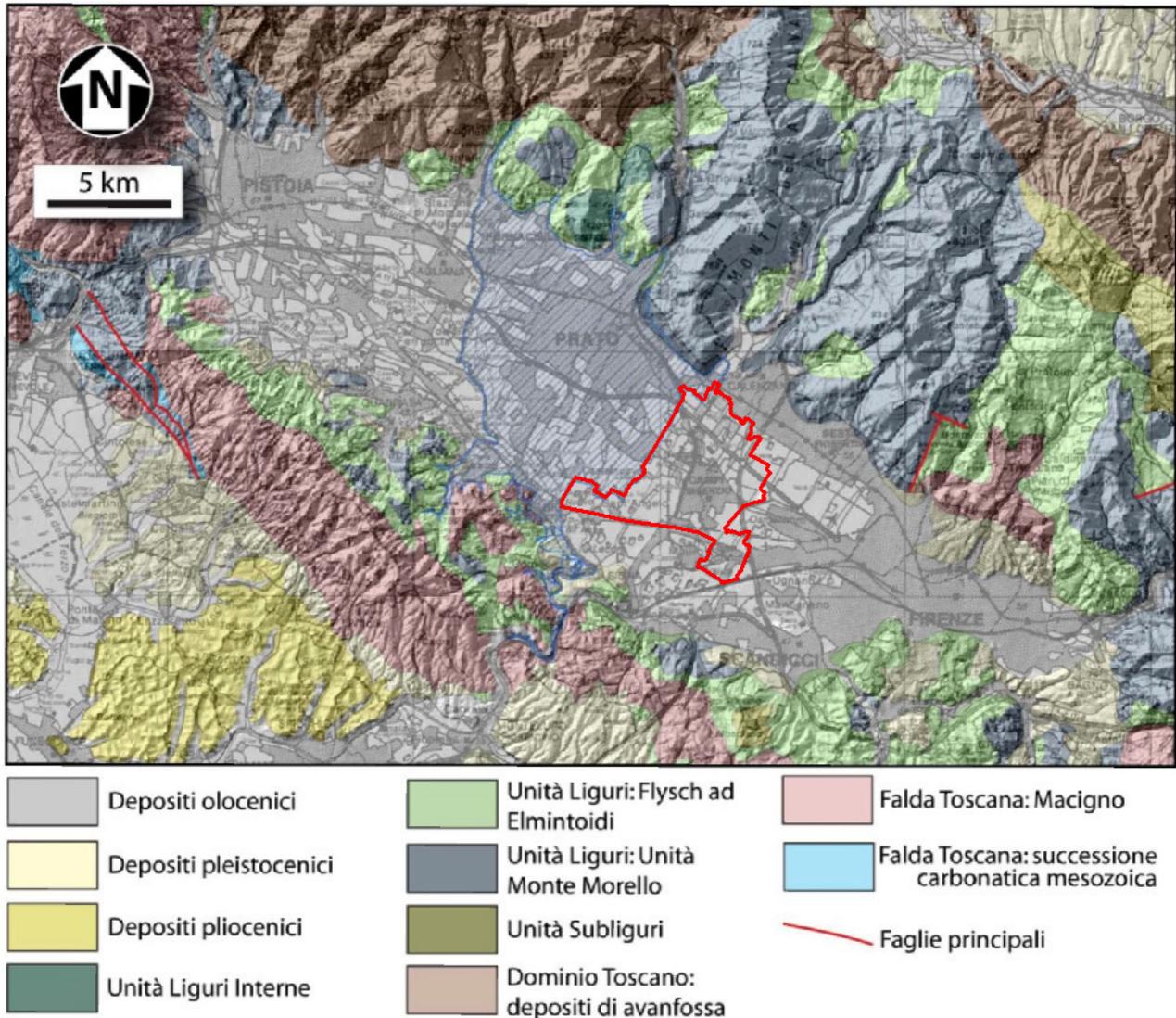


Fig. 6– Schema geologico semplificato del Sistema della Piana Firenze-Prato-Pistoia (S. Angelini, G. Cannata, C. Lubello, M. Doveri, M. Menichini, 2016). In rosso il comune di Campi Bisenzio



Fig. 7– Estratto mappa delle faglie capaci (progetto ITHACA).

La suddetta piana, da un punto di vista geologico rappresenta una depressione lacustre villafranchiana, il cui paleo invaso, impostato su di un substrato roccioso con formazioni appartenenti al Dominio Ligure s.l. e alla Falda Toscana, è stata colmata da depositi fluvio-lacustri. In particolare essa è delimitata da due alti strutturali: a Nord la dorsale Pistoia-Montale-Calvana-M.Morello-Fiesole-Settignano dove affiorano prevalentemente le unità liguri; a sud la dorsale M.Albano-Pian dei Cerri-Impruneta dove invece affiorano prevalentemente le unità della falda toscana. Come indicato nella Fig. 7 la piana è delimitata sul bordo settentrionale dalla faglia normale Prato-S.Domenico di Fiesole in Coli con un rigetto totale di oltre 1000 m (Pandeli E., 2008). Ad essa si associano altre faglie ad andamento anti-appenninico che suddividono il bacino in blocchi variamente ribassati (tipo faglia Castello-Scandicci e Maiano-Bagno a Ripoli).

Dagli studi eseguiti nel corso degli anni sulle profondità del substrato basate in gran parte su dati da sondaggio e prove geofisiche, è stato notato che il bacino fluvio-lacustre presenta una geometria nettamente asimmetrica con un massimo di profondità del substrato di oltre 600 m nel sottosuolo dell'area a SE di Prato, Campi Bisenzio e Calenzano (Pandeli E., 2008).

La sedimentazione nel bacino ha inizio con depositi fluviali per lo più grossolani e lacustropalustri antichi a partire dal Pliocene inferiore. A partire dal Villafranchiano inferiore inizia a generarsi la conca valliva Firenze-Prato-Pistoia ed cominciano a depositarsi i sedimenti lacustri del Sistema Firenze-Pistoia prevalentemente coesivi (argille) con episodi più o meno sabbiosi. Tali depositi passano lateralmente a sedimenti prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi in corrispondenza delle aree di influenza delle conoidi alluvionali dei fiumi che discendono dalle aree collinari poste a Nord della piana (paleo-Bisenzio, paleo-Mugnone...). Durante il Villafranchiano sup. (Pleistocene inf.) avviene la riattivazione delle faglie anti-appenniniche che portano al sollevamento del blocco di Firenze e, conseguentemente alla successiva fase di stasi sismica, al colmamento definitivo della piana con sedimenti fluvio-lacustri. Nella parte superiore della successione sedimentaria pleistocenica vi è il passaggio da un ambiente fluvio-lacustre ad un ambiente decisamente più fluviale (depositi alluvionali antichi a depositi alluvionali recenti - Fig. 8).

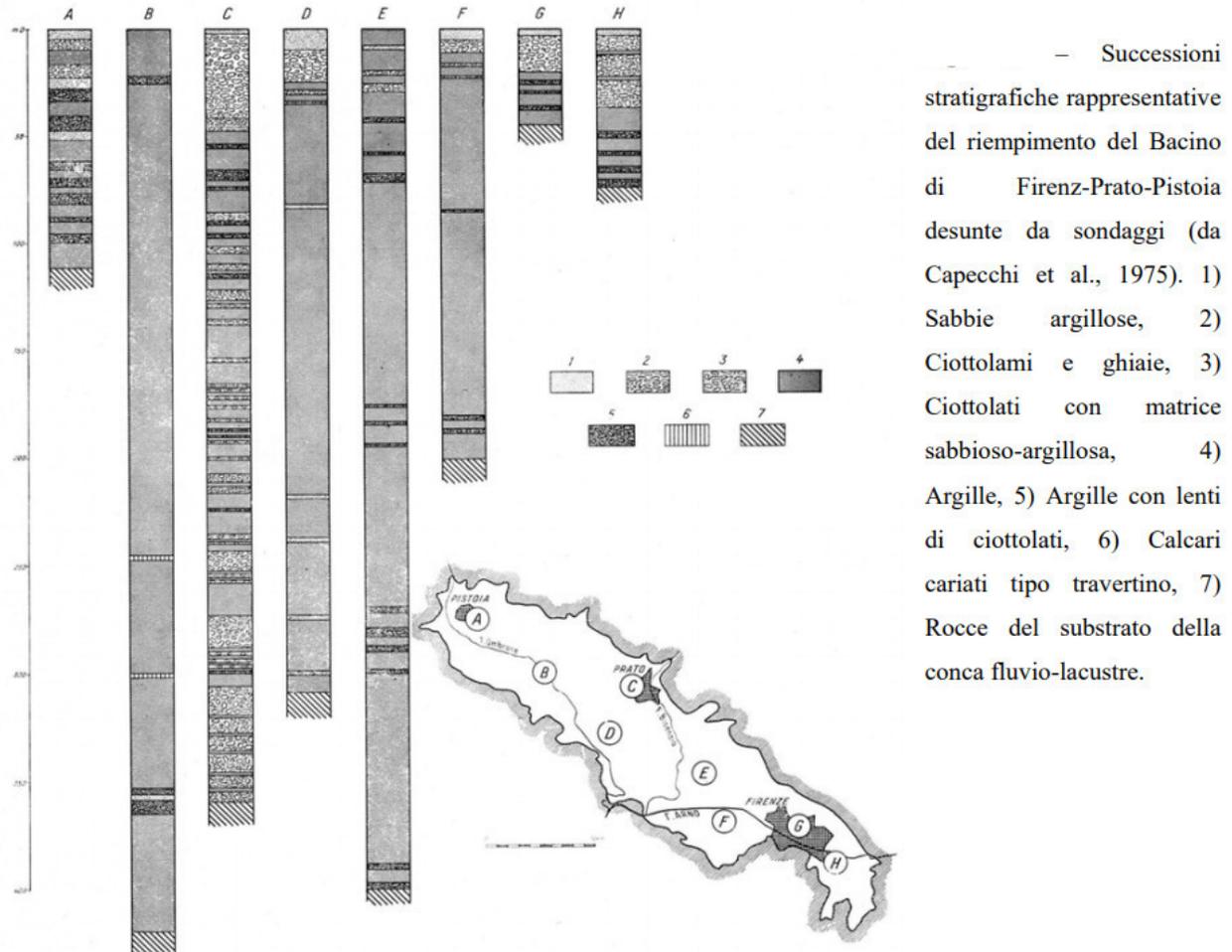


Fig. 8– Successioni stratigrafiche rappresentative del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia. L'area di Campi Bisenzio è associabile alla stratigrafia "E" (Pandeli E., 2008).

Il comune di Campi Bisenzio è caratterizzato da depositi prevalentemente coesivi (limi argillosi, argille limose) intervallati da orizzonti di materiale prevalentemente sabbioso e subordinatamente ghiaioso. Uniche eccezioni sono rappresentate dalle aree a Nord e Sud del territorio comunale dove prevalgono i depositi granulari (sabbie e ghiaie) associati, nel primo caso (area Nord) alla presenza della conoide alluvionale del torrente Marina e nel secondo caso (area Sud) all'attività fluviale del fiume Arno. Per i dettagli litotecnici si rimanda al § 7 del presente elaborato.

Da un punto di vista geomorfologico, la porzione di piana facente capo al comune di Campi Bisenzio è caratterizzato unicamente da forme fluviali e da forme antropiche. Per quanto riguarda le prime, prevalgono su tutti i depositi alluvionali recenti ed attuali che caratterizzano l'intera piana.

Associati ad essi è opportuno evidenziare la presenza della conoide alluvionale del torrente Marina (area a nord del territorio comunale) e le tracce dei paleo-alvei del fiume Bisenzio, del torrente Marina e del fiume Arno. Per quanto riguardano le forme antropiche rivestono un ruolo preminente le ampie aree industriali poste nella porzione settentrionale del territorio comunale e le aree urbane dei principali centri abitati fra i quali spicca, per estensione, l'abitato del capoluogo comunale.

#### 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI (TAV.1)

Ai fini della ricostruzione dettagliata del Modello geologico di sottosuolo e della stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), è stata realizzata una approfondita ricerca bibliografica ed in rete dei dati geotecnici e geofisici presenti negli areali oggetto di studio:

In particolare sono stati consultati:

- Archivi comunali ed Indagini geologico-tecniche di supporto agli strumenti urbanistici vigenti;
- Portale del Servizio Geologico d'Italia (ISPRA), in particolare l'archivio 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);
- Consultazione degli archivi della Regione Toscana, in particolare della Banca Dati del sottosuolo e della Banca Dati Geotermia (LaMMA), della Banca Dati indagini geotematiche (BDIG) e della Banca Dati stratigrafica della Toscana (SIRA);

In totale sono stati raccolti i dati relativi a **n.339** indagini geognostiche.

Le indagini geognostiche sono costituite variamente da sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche, sia statiche che dinamiche che con punta elettrica, analisi e prove geotecniche di laboratorio, indagini geofisiche con varie metodologie e pozzi per acqua.

Le indagini interessano le aree oggetto del presente studio, maggiormente in corrispondenza dei centri abitati.

Le indagini specifiche per la Microzonazione Sismica sono state invece svolte in corrispondenza dei principali centri urbani, individuati dal Comune di Campi Bisenzio di concerto con l'autorità competente, secondo le specifiche tecniche di cui al §1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL e secondo i criteri definiti al §3.4.2 degli I.C.M.S.

In particolare queste si compongono di:

- n. **56** misure di sismica passiva con tecnica a 'stazione singola' (HVSr);
- n. **2** misure di sismica passiva acquisite con *array* bidimensionali elaborati in modalità ESAC;
- n. **4** misure di sismica attiva acquisite con *array* monodimensionale e tecnica MASW;

Per le metodologie di indagine ed i risultati completi relativi alle indagini geofisiche si rimanda per completezza all'allegato 1 del presente elaborato (*cf. All. 1: Certificati delle indagini ex-novo*).

Oltre al reperimento dei dati di base all'interno del territorio comunale sono state effettuate correlazioni con indagini in zone di territorio adiacenti.

La raccolta organica e ragionata dei dati ha permesso, oltre alla loro catalogazione, di effettuare opportune correlazioni al fine di individuare caratteristiche comuni da mettere in evidenza nella stesura delle MOPS.

Nel complesso sono state raccolte/effettuate **n.401** indagini geognostiche (Fig. 9).

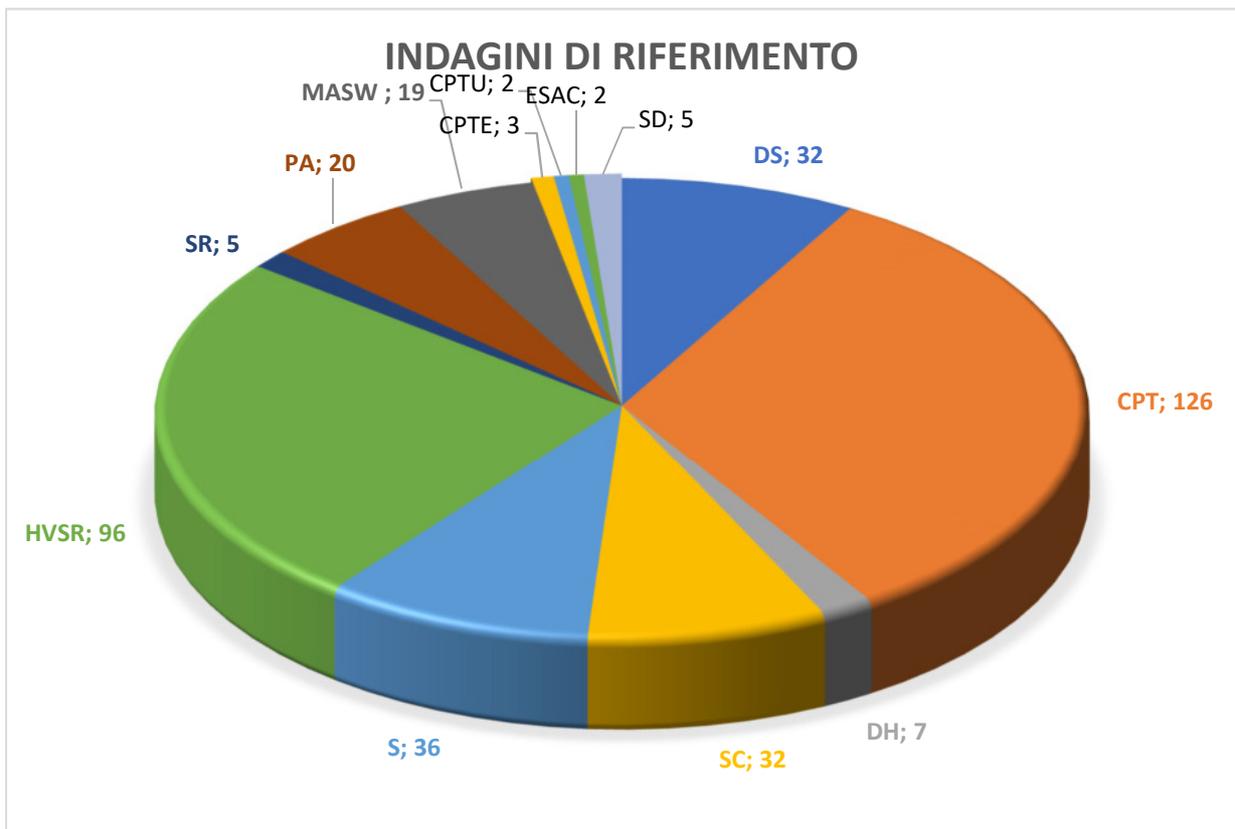


Fig. 9 – Indagini geognostiche raccolte/effettuate nelle porzioni territoriali di interesse nel Campi Bisenzio

Le ubicazioni delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nella *Tav.01, (Carta delle indagini)*, realizzate in formato digitale (GIS) in scala 1:10.000.

I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia, utilizzando la legenda e le simbologie previste dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (Versione 4.0b, Ottobre 2015).

La carta delle indagini è stata inoltre utilizzata per la verifica di qualità prevista dalla procedura semiquantitativa di cui all'Appendice 3 delle specifiche tecniche regionali per la microzonazione sismica (vedi §.10 del presente elaborato).

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il modello del sottosuolo per l'area comunale di Campi Bisenzio è stato ricostruito sulla base dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche visionate o realizzate ex-novo a supporto del presente studio. Ad essi si sono aggiunti i risultati di altri studi eseguiti a livello di area vasta (piana Firenze-Prato-Pistoia) che hanno permesso di avere un inquadramento complessivo del contesto geologico del bacino fluvio-lacustre in cui è inserito il comune oggetto di studio.

Nel complesso nell'area comunale di Campi Bisenzio è presente un dominio geologico fluvio-lacustre poggiante su un substrato pre-neogenico caratterizzato da litotipi facenti parte delle unità liguri/falda toscana. Il deposito sedimentario fluvio-lacustre ha iniziato a deporsi dal Villafranchiano. A partire dal pleistocene sup. la porzione fluviale dei sedimentati ha assunto un valore predominante fino allo stato attuale caratterizzato dalla presenza di soli processi sedimentari di carattere fluviale.

Osservando i risultati di una perforazione esplorativa realizzata nel '54, nell'area pratese (area a NW del territorio comunale in studio), per la ricerca di idrocarburi, all'assetto litologico sopra descritto è possibile associare i seguenti spessori (Fig. 10):

- Depositi fluvio-lacustri recenti/villafranchiani
  - Da 0 m da p.c. a -192 m da p.c.
- Liguridi
  - Da -192 m da p.c. a 545 m da p.c. (massima profondità indagata)

Il pozzo è stato realizzato in prossimità del margine di piana (margine sud-occidentale).

**SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA DEL POZZO (LITSTR)**

NOME DEL POZZO CAFAGGIO 1 CHIAVE P.T. 3

PROFONDITÀ (\*) riferite a:  p.c.  T.R.  
 da (m) a (m)

0.00 a 15.00 LITOLOGIA (DLIT) DESCRIZIONE LITOLOGICA GHIAIE IN MATRICE LIMOSA

UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA (ULITST) RANGO:  Gruppo  Formazione  Membro  
 NOME ALLUVIONI

UNITÀ STRUTTURALE (USTRUT) POSIZIONE:  Autoctono  Neoautoctono  Parautoctono  Alloctono  
 NOME \_\_\_\_\_

ETÀ RELATIVA (ETAREL) ETÀ: da (\*) QUATERNARIO a \_\_\_\_\_

ETÀ ASSOLUTA (ETASS) ETÀ: da (\*) \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ INCERTA:  sì  no  
 METODO DATAZ. \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ INCERTA:  sì  no

da (m) a (m)  
15.00 a 192.00 LITOLOGIA (DLIT) DESCRIZIONE LITOLOGICA ARGILLE GRIGIE CON INTERCALAZIONI DI CIOTTOLI E SABBIE

UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA (ULITST) RANGO:  Gruppo  Formazione  Membro  
 NOME VILLAFRANCHIANO LACUSTRE

UNITÀ STRUTTURALE (USTRUT) POSIZIONE:  Autoctono  Neoautoctono  Parautoctono  Alloctono  
 NOME \_\_\_\_\_

ETÀ RELATIVA (ETAREL) ETÀ: da (\*) VILLAFRANCHIANO a \_\_\_\_\_

ETÀ ASSOLUTA (ETASS) ETÀ: da (\*) \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ INCERTA:  sì  no  
 METODO DATAZ. \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ INCERTA:  sì  no

Misurata sul percorso del pozzo. (\*) Usare solo il campo ("da") se l'età è l'unica per tutto l'intervallo, altrimenti indicare le due età estreme a partire dalla più recente.

**SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA DEL POZZO (LITSTR)**

NOME DEL POZZO CAFAGGIO 1 CHIAVE P.T. 3

PROFONDITÀ (\*) riferite a:  p.c.  T.R.  
 da (m) a (m)

192.00 a 545.00 LITOLOGIA (DLIT) DESCRIZIONE LITOLOGICA ARGILLITI GRIGIE E ROSSE CON INTER. CALCAREE ED ARENACEE

UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA (ULITST) RANGO:  Gruppo  Formazione  Membro  
 NOME LIGURIDI L.S.

UNITÀ STRUTTURALE (USTRUT) POSIZIONE:  Autoctono  Neoautoctono  Parautoctono  Alloctono  
 NOME \_\_\_\_\_

ETÀ RELATIVA (ETAREL) ETÀ: da (\*) \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

ETÀ ASSOLUTA (ETASS) ETÀ: da (\*) \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ INCERTA:  sì  no  
 METODO DATAZ. \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ INCERTA:  sì  no

da (m) a (m)

LITOLOGIA (DLIT) DESCRIZIONE LITOLOGICA \_\_\_\_\_

UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA (ULITST) RANGO:  Gruppo  Formazione  Membro  
 NOME \_\_\_\_\_

UNITÀ STRUTTURALE (USTRUT) POSIZIONE:  Autoctono  Neoautoctono  Parautoctono  Alloctono  
 NOME \_\_\_\_\_

ETÀ RELATIVA (ETAREL) ETÀ: da (\*) \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

ETÀ ASSOLUTA (ETASS) ETÀ: da (\*) \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ INCERTA:  sì  no  
 METODO DATAZ. \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ INCERTA:  sì  no

Misurata sul percorso del pozzo. (\*) Usare solo il campo ("da") se l'età è l'unica per tutto l'intervallo, altrimenti indicare le due età estreme a partire dalla più recente.

Fig. 10 - Scheda del pozzo Cafaggio 1

Naturalmente, come suddetto, lo spessore dei depositi fluvio-lacustri varia all'interno della piana Firenze-Prato-Pistoia in funzione della sua marcata asimmetria (valori massimi di spessore di 600 m nell'area a SE di Prato, Campi Bisenzio e Calenzano - Pandeli E., 2008) sia in funzione della distanza del punto di indagine rispetto al margine della piana (valori di spessore che diminuiscono con l'avvicinarsi delle zone di margine).

Interpretando i risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'area di Campi Bisenzio, sembra che il passaggio fra depositi fluvio-lacustro e substrato pre-neogenico, in termini di profondità sia confermato a profondità di qualche centinaio di metri (stima 300-500 m da p.c.) in corrispondenza nell'area centrale della porzione di piana studiata per poi passare a valori di poco superiore ai 100 m da p.c. per le aree di margine del territorio comunale.

Per i dettagli sui risultati delle indagini geofisiche si rimanda al § 6 del presente elaborato.

Per quanto riguarda i depositi fluvio-lacustri, le indagini visionate, realizzate sia all'interno delle porzioni territoriali oggetto di studio sia nelle aree limitrofe, mostrano per la porzione di piana facente capo al comune di Campi Bisenzio, la presenza di depositi sedimentari prevalentemente coesivi (principalmente limi argillosi con orizzonti sabbiosi/ghiaiosi e subordinatamente argille limose con orizzonti sabbiosi/ghiaiosi) da mediamente consistenti a consistenti. I suddetti depositi passano lateralmente a depositi prevalentemente sabbiosi/ghiaiosi da mediamente addensati ad addensati in corrispondenza della conoide alluvionale del torrente Marina (porzione settentrionale del territorio comunale) o in prossimità del fiume Arno in loc. San Donnino (porzione meridionale del territorio comunale)

## **6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE**

La definizione del modello del sottosuolo, descritto nel capitolo precedente, deriva dal combinato disposto dei seguenti dati:

- Analisi della geologia di area vasta del contesto comunale e intercomunale in esame;
- Analisi dei report delle indagini dirette o indirette eseguite nel territorio comunale di interesse nel corso degli anni o a supporto del presente studio (indagini ex-novo);
- Analisi degli studi precedenti realizzati, nel contesto regionale oggetto di studio, da altri autori e a supporto di altri lavori.

Tali dati hanno permesso di definire il modello del sottosuolo nell'area di studio e differenziare le coperture presenti nel contesto in esame in base alle loro caratteristiche litotecniche.

In merito al passaggio fra depositi fluvio-lacustri e substrato pre-neogenico le uniche indagini a nostra disposizione a fini interpretativi sono rappresentati dalle indagini geofisiche di tipo HVSR in quanto le indagini geognostiche realizzate all'interno del territorio comunale di Campi Bisenzio non hanno raggiunto il substrato geologico/sismico. Unico dato a disposizione diretto in merito alla profondità del substrato è rappresentato dal pozzo Cafaggio 1 descritto nel capitolo precedente realizzato nell'area pratese in prossimità del margine di piana.

Nel contesto territoriale di Campi Bisenzio la profondità del substrato è stata stimata oscillare da valori di circa 150 m da p.c. in corrispondenza del margine settentrionale e sud-occidentale del territorio comunale (valori di frequenza di picco intorno a circa 1 Hz con valori di Vs caratteristici di circa 600 m/sec – Fig. 11) a valori di qualche centinaio di metri nella parte centrale della piana (valori di frequenza di picco intorno a circa 0,3 Hz – profondità stimata 300-500 m da p.c. - Fig. 12).

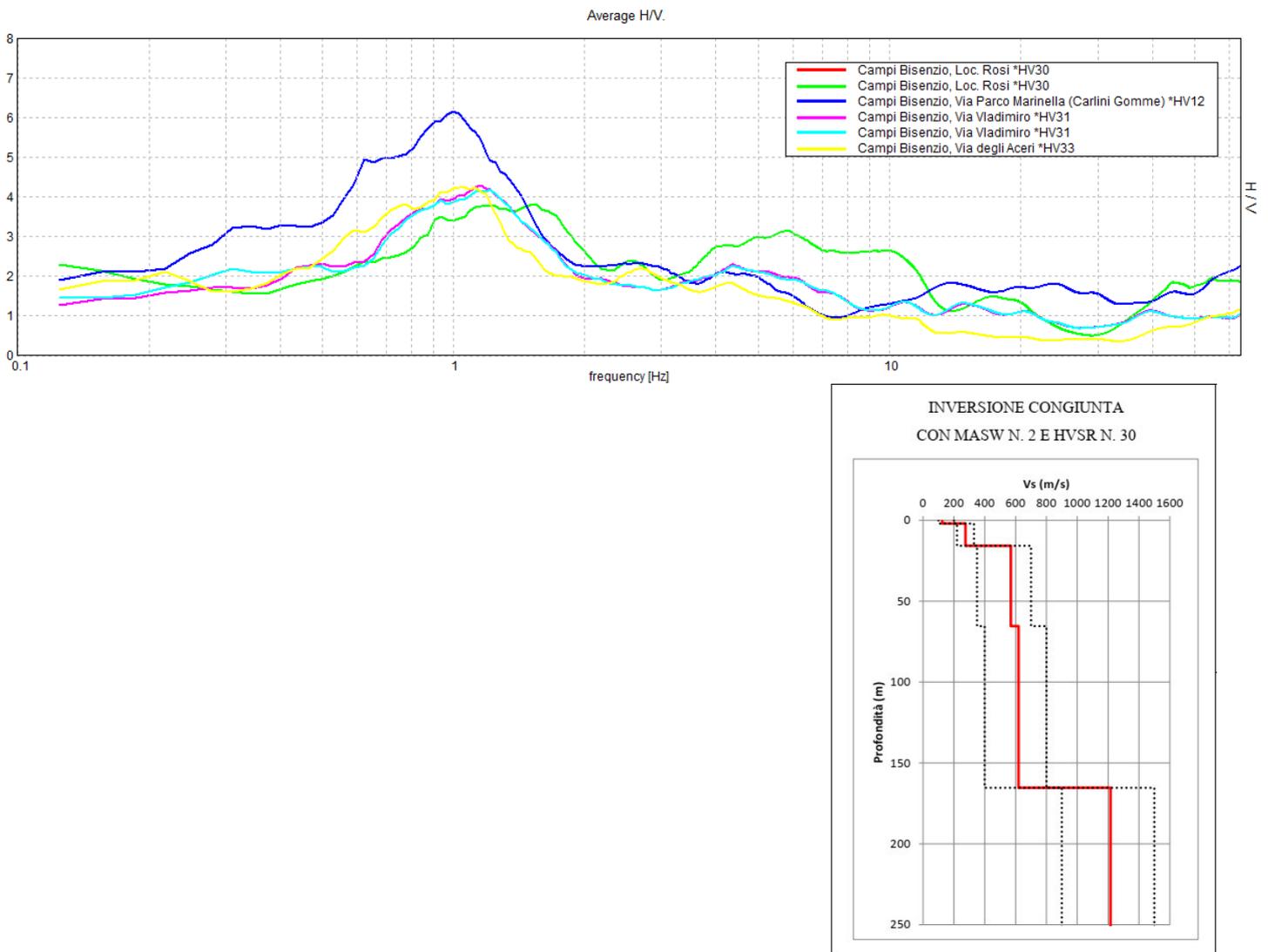


Fig. 11 – In alto spettro di confronto fra misure HVSR eseguite nell'area settentrionale del territorio comunale. In basso modello dell'andamento della velocità delle onde S con la profondità sulla base dei risultati congiunti di MASW e HVSR.

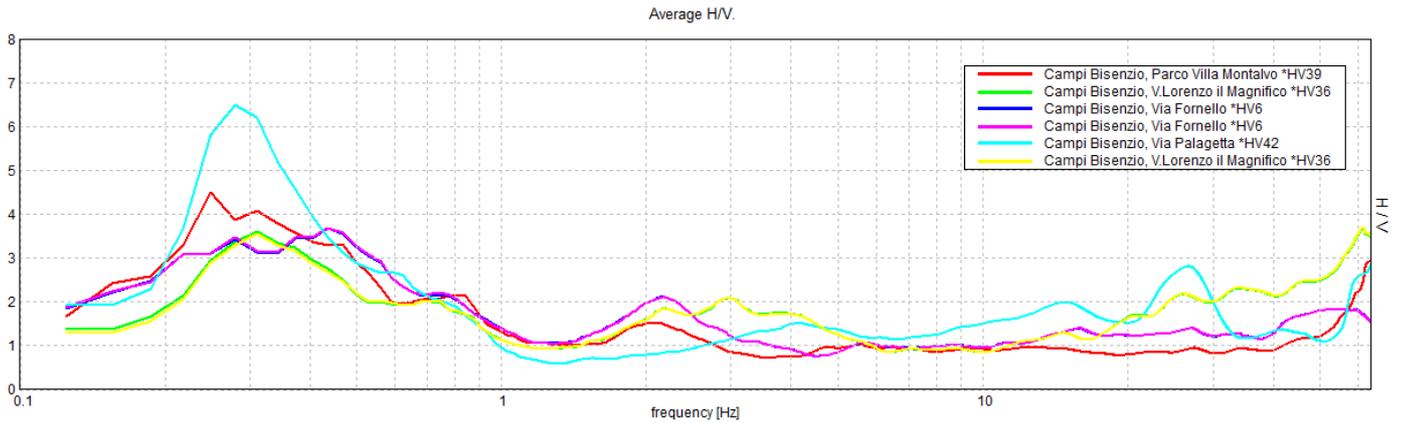


Fig. 12 – Spettro di confronto fra misure HVSR eseguite nella porzione centrale del territorio comunale.

Per quanto riguarda le caratteristiche litotecniche dei depositi di copertura essi hanno mostrato caratteristiche geotecniche da medio a buone in tutta la porzione di piana in studio con valori medi di punta che oscillano da circa 30/40 Kg/cm<sup>2</sup> per depositi coesivi a circa 100/200 Kg/cm<sup>2</sup> per i depositi granulari (Fig. 13).

Come descritto nel capitolo precedente il contesto geologico in studio mostra una distribuzione areale delle diverse coperture così strutturata: nella porzione settentrionale fino alla periferia nord dell'abitato del capoluogo comunale, è presente una prevalenza di depositi granulari intervallati da orizzonti coesivi associati alla presenza della conoide alluvionale del torrente Marina. La porzione centrale della piana è caratterizzata da una prevalenza di depositi coesivi che passano gradualmente da terreni limoso argillosi a terreni argilloso limosi fino a terreni argillosi spostandosi dal margine occidentale al margine orientale del territorio comunale. In corrispondenza della località di San Donnino il dominio coesivo lascia spazio ad un dominio granulare prevalentemente ghiaioso associato al contesto fluviale del fiume Arno.

La presenza della conoide alluvionale nella porzione settentrionale del territorio comunale è osservabile, oltre che dai risultati delle indagini geognostiche realizzate (sondaggi a carotaggio continuo), anche dai risultati delle indagini HVSR che per quell'area hanno mostrato un piccolo contrasto di impedenza a frequenze dell'ordine di circa 3 Hz che associato ad una velocità media delle onde S dell'ordine di circa 300 m/sec porta ad una stima del passaggio dal contesto di conoide alluvionale al contesto alluvionale di piana sottostante ad una profondità di circa 25/30 m da p.c.

prof.(a)	Lectture di campagna			Rp	RL	Rp/RL	Rt		prof.(a)	Lectture di campagna			Rp	RL	Rp/RL
	punta	later.	totale							kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-			
0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	5.40	44.0	79.0	-	44	2.33	19
0.40	-	-	-	-	1.07	-	-	-	5.60	46.0	81.0	-	46	2.87	16
0.60	43.0	59.0	-	43	1.00	43	-	-	5.80	36.0	79.0	-	36	2.40	15
0.80	90.0	105.0	-	90	0.87	104	-	-	6.00	37.0	73.0	-	37	2.33	16
1.00	64.0	77.0	-	64	2.47	26	-	-	6.20	35.0	70.0	-	35	1.80	19
1.20	127.0	164.0	-	127	6.20	20	-	-	6.40	38.0	65.0	-	38	2.07	18
1.40	87.0	180.0	-	87	5.67	15	-	-	6.60	39.0	70.0	-	39	1.93	20
1.60	73.0	158.0	-	73	3.73	20	-	-	6.80	47.0	76.0	-	47	2.33	20
1.80	68.0	124.0	-	68	4.00	17	-	-	7.00	43.0	78.0	-	43	2.40	18
2.00	62.0	122.0	-	62	3.73	17	-	-	7.20	45.0	81.0	-	45	2.67	17
2.20	45.0	101.0	-	45	4.00	11	-	-	7.40	47.0	87.0	-	47	2.87	16
2.40	38.0	98.0	-	38	3.40	11	-	-	7.60	46.0	89.0	-	46	2.80	16
2.60	25.0	76.0	-	25	2.53	10	-	-	7.80	55.0	97.0	-	55	3.07	18
2.80	20.0	58.0	-	20	1.00	20	-	-	8.00	43.0	89.0	-	43	1.87	23
3.00	17.0	32.0	-	17	0.60	28	-	-	8.20	47.0	75.0	-	47	1.93	24
3.20	21.0	30.0	-	21	0.93	23	-	-	8.40	45.0	74.0	-	45	2.27	20
3.40	26.0	40.0	-	26	1.20	22	-	-	8.60	46.0	80.0	-	46	2.80	16
3.60	30.0	48.0	-	30	1.60	19	-	-	8.80	40.0	82.0	-	40	2.40	17
3.80	31.0	55.0	-	31	1.53	20	-	-	9.00	36.0	72.0	-	36	2.47	15
4.00	37.0	60.0	-	37	1.53	24	-	-	9.20	35.0	72.0	-	35	2.53	14
4.20	40.0	63.0	-	40	1.60	25	-	-	9.40	30.0	68.0	-	30	1.93	16
4.40	44.0	68.0	-	44	2.07	21	-	-	9.60	35.0	64.0	-	35	2.13	16
4.60	39.0	70.0	-	39	1.73	23	-	-	9.80	36.0	68.0	-	36	2.20	16
4.80	38.0	64.0	-	38	1.93	20	-	-	10.00	29.0	62.0	-	29	1.93	15
5.00	46.0	75.0	-	46	2.73	17	-	-	10.20	34.0	63.0	-	34	-	-
5.20	47.0	88.0	-	47	2.33	20	-	-							

z	qc	fs	rf	Qt	Dr	fi'	Cu	Mv	
640	116.0	1.27	1.09	140.0	52.7	37.0	0.00	0.003	SABBIA GHIAIOSA
660	186.0	1.47	0.79	212.0	55.5	41.0	0.00	0.002	GHIAIA SABBIOSA
680	128.0	1.67	1.30	290.0	57.9	35.9	0.00	0.003	SABBIA
700	185.0	2.00	1.08	250.0	61.3	38.6	0.00	0.002	SABBIA GHIAIOSA
720	97.0	0.80	0.82	240.0	44.2	38.6	0.00	0.003	GHIAIA SABBIOSA
740	159.0	0.67	0.42	203.0	40.8	44.8	0.00	0.002	GHIAIA
760	195.0	1.93	0.99	239.0	60.6	39.4	0.00	0.002	SABBIA GHIAIOSA
780	100.0	0.67	0.67	240.0	40.8	40.2	0.00	0.003	GHIAIA SABBIOSA
800	117.0	1.40	1.20	159.0	54.6	36.3	0.00	0.003	SABBIA GHIAIOSA
820	17.0	0.53	3.14	108.0	36.6	26.4	0.00	0.020	SABBIA LIMOSA
840	18.0	1.60	8.89	128.0	0.0	0.0	1.09	0.028	ARGILLA
860	71.0	2.07	2.91	136.0	61.9	28.9	0.00	0.005	SABBIA LIMOSA
880	63.0	1.40	2.22	154.0	54.6	30.8	0.00	0.005	SABBIA LIMOSA
900	44.0	2.20	5.00	161.0	0.0	0.0	1.50	0.008	LIMO ARGILLOSO

Fig. 13 – In alto esempio di prova penetrometrica statica su terreni coesivi della porzione centrale di piana alluvionale. In basso esempio di prova penetrometrica statica su terreni granulari della porzione meridionale della piana alluvionale (valori espressi in Kg/cm<sup>2</sup>)

Il contesto in esame da un punto di vista litotecnica non ha mostrato grandi incertezze in quanto il volume di indagini geognostiche di tipo CPT o S ricadenti nel comparto di studio è ampiamente sufficiente a caratterizzare il contesto litotecnico in esame soprattutto considerando che il suddetto contesto non presenta variabilità laterali e verticali rilevanti. Il massimo di incertezza si riscontra in primis nella definizione corretta della profondità di passaggio fra depositi fluvio-lacustri e substrato pre-neogenico in quanto nessuna indagine profonda diretta eseguita nel contesto in esame ha raggiunto il substrato. Stessa incertezza si riscontra nella definizione del passaggio fra depositi fluviali di conoide e depositi fluvio-lacustri di piana sempre a causa della mancanza di un dato diretto da associare alla stima indiretta derivante dalle indagini geofisiche. Tuttavia, entrambi i contrasti di impedenza non presentano rilevanza da un punto di vista della pericolosità sismica locale del contesto in esame in quanto nel primo caso (passaggio fra copertura e substrato) il contrasto si rinviene a profondità dell'ordine delle centinaia di metri (stima 300-500 m da p.c.) e quindi con effetti non rilevanti a livello superficiale. Nel secondo caso (passaggio fra conoide alluvionale e depositi fluvio-lacustri di piana) il contrasto di impedenza pur essendo superficiale (profondità stimata di circa mostra un salto di velocità delle onde non rilevante in merito agli effetti di superficie.

## 7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

A supporto del presente studio è stata eseguita una campagna di indagine geotecnica e geofisica ex-novo e sono stati raccolti tutti i certificati di indagine presenti negli archivi del Comune di Campi Bisenzio e ricadenti nelle porzioni territoriali di interesse.

Per quanto riguarda le indagini ex-novo, come espresso nel § 4, del presente elaborato, sono state eseguite un totale di n.62 prove così differenziate:

- n. **56** misure di sismica passiva con tecnica a 'stazione singola' (HVSR);
- n. **2** misure di sismica passiva acquisite con *array* bidimensionali elaborati in modalità ESAC;
- n. **4** misure di sismica attiva acquisite con *array* monodimensionale e tecnica MASW;

Con le misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola (HVSR) è possibile individuare quali frequenze di vibrazione del terreno potrebbero essere oggetto di amplificazione (frequenze di risonanza). D'altro canto, il valore di queste frequenze è determinato dal rapporto fra la velocità media delle onde S nelle coperture e lo spessore di queste ultime. Per questo motivo, i risultati di queste misure possono essere utilizzati per vincolare il modello geologico e, una volta note le velocità delle onde di taglio nelle coperture, definire la morfologia sepolta del basamento

sismico o comunque delle unità litostratigrafiche più competenti.

La configurazione dei punti di misura è stata condizionata dalla necessità d'indagare le più importanti unità litostratigrafiche e morfologiche oltre che garantire la copertura dei principali centri abitati.

Le misure eseguite su terreno libero, sono caratterizzate da una durata di 20 minuti ciascuna, con frequenza d'acquisizione di 128 Hz, con l'eccezione di alcune misure di durata superiore (30 o 40 minuti) realizzate per verificare, mediante confronto, che la durata dell'acquisizione non condizionasse la presenza o meno di picchi significati a frequenze molto inferiori a 1 Hz.

Tutte le acquisizioni sono state analizzate secondo il protocollo formulato da Picozzi et al. (2005). In particolare, il segnale della singola traccia è stato diviso in finestre non sovrapposte di 20 secondi, su ciascuna delle quali è stata rimossa la deriva lineare eventualmente presente (detrending) ed applicato un tapering coseno per una frazione del 5% della durata totale della finestra. Gli spettri ricavati sulle diverse componenti sono stati lisciati con una finestra mobile triangolare d'estensione pari al 10% della frequenza centrale. Si è quindi costruita, in ogni finestra, una curva HVSR, combinando le due componenti spettrali orizzontali in media geometrica. Rimosse manualmente le finestre affette da marcati fenomeni transienti, tali curve sono state combinate, ottenendo una curva HVSR media, con il relativo intervallo di confidenza al 95%.

Le indagini effettuate a supporto di questo studio e quelle eseguite in precedenza a supporto di pratiche edilizie comunali hanno mostrato nel loro complesso un doppio scenario: dominio di centro-piana e dominio di margine di piana.

Le indagini di centro piana hanno mostrato un solo e prevalente contrasto di impedenza a frequenze dell'ordine di 0,3 Hz probabilmente associabile al passaggio fra depositi fluvio-lacustri di copertura e substrato pre-neogenico. Come descritto nel capitolo precedente, nel contesto di centro-piana tale passaggio dovrebbe essere stimato intorno a qualche centinaio di metri (stima 300-500 m da p.c. - Fig. 12). Spostandosi dal contesto di centro piana al contesto di margine di piana si osserva un progressivo innalzamento delle frequenze di contrasto di impedenza con valori che vanno progressivamente da circa 0,3 Hz a circa 1 Hz. Tale innalzamento è associabile ad un innalzamento della profondità del substrato, che per le aree di margine indagate, dovrebbe essere stimata intorno a -150 m da p.c. (Fig. 11 - tale valore di profondità è ricavabile utilizzando come velocità media delle onde S un valore di circa 600 m/sec).

Sempre nell'ambito delle indagini di sismica passiva (HVSR) esse hanno mostrato un secondo contrasto di impedenza, seppur appena accennato alle frequenze di circa 3Hz. Tale contrasto si rilevano nelle aree interessate dalla conoide alluvionale del torrente Marina. Per il suddetto motivo tale contrasto è probabilmente associabile al passaggio fra depositi di conoide e depositi di piana (profondità stimata circa -25 m da p.c. considerando una velocità media delle onde S di 300 m/sec).

Le misure di sismica passiva tramite modalità ESAC consiste nel valutare i tempi di arrivo delle diverse onde sismiche a un insieme di sensori (geofoni) posti alla superficie del terreno. Questi sensori possono essere distribuiti secondo geometrie variabili fino a coprire distanze dell'ordine delle decine di metri (antenna sismica). Il segnale registrato, dovuto alle Vibrazioni Ambientali, risulta un insieme articolato di fasi sismiche dove tuttavia le onde superficiali (Sw) rappresentano la fase energeticamente prevalente e dunque più facilmente analizzabile. Oggetto di studio di tali metodi sono proprio le Sw, dunque, ed in particolare la loro caratteristica propagazione dispersiva in mezzi stratificati. In termini qualitativi, la dispersione delle onde Sw può essere spiegata come segue. Onde superficiali di diversa frequenza ( $f$ ) si propagano interessando volumi di terreno fino ad una profondità circa pari alla loro lunghezza d'onda ( $\lambda$ ). La velocità di propagazione ( $v$ ) sarà strettamente dipendente dalle proprietà fisiche degli strati coinvolti. Giacché  $f$  e  $\lambda$  sono correlate da una semplice relazione, si ha che onde Sw ad alta frequenza avranno tendenzialmente una minore lunghezza d'onda e si propagheranno nei livelli di terreno più superficiali, viceversa onde a bassa frequenza interesseranno strati più profondi. Ne deriva anche che differenti componenti armoniche delle onde superficiali avranno diverse velocità di propagazione.

La funzione che associa la velocità di propagazione alla frequenza è detta curva di dispersione; essa è univocamente correlata alla struttura meccanicostratigrafica del sito e può essere ricavata attraverso differenti metodologie di elaborazione dei dati acquisiti in campagna.

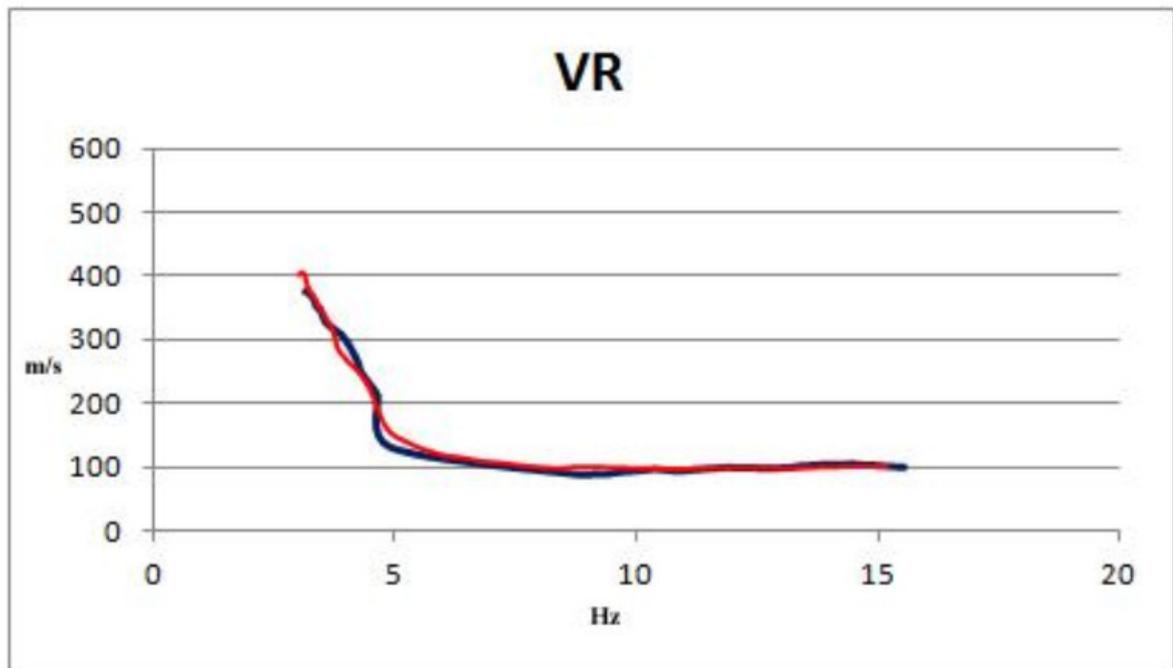


Fig. 14 – Nel grafico un match tra la curva sperimentale (blu) e la curva teorica (rossa) ricavata con il processo di inversione

Considerando che le onde superficiali sono essenzialmente un prodotto delle onde di volume ed in particolar modo delle onde trasversali (S), attraverso opportune procedure numeriche, definite di inversione, è possibile infine risalire al profilo di velocità  $V_s$  nel sottosuolo partendo dalla curva di dispersione ricavata dai dati acquisiti in campagna. Le indagini ESAC sono state eseguite nella porzione centro-settentrionale del territorio comunale. Tali indagini hanno mostrato un primo scatto di velocità delle onde S intorno a 20/30 m (velocità che passano da circa 300 m/sec a circa 600 m/sec) ed un secondo scatto di velocità delle onde S intorno a circa 150/170 m (velocità che passano da circa 600 m/sec ad oltre 1000 m/sec). Il primo scatto di velocità è probabilmente associabile al passaggio fra depositi di conoide e depositi alluvionali di piana, il secondo scatto è invece probabilmente associabile al passaggio fra depositi di copertura fluvio-lacustre e substrato pre-neogenico (Fig. 15).

Profilo di  $V_s$  ESAC 1 – M.S. Campi Bisenzio

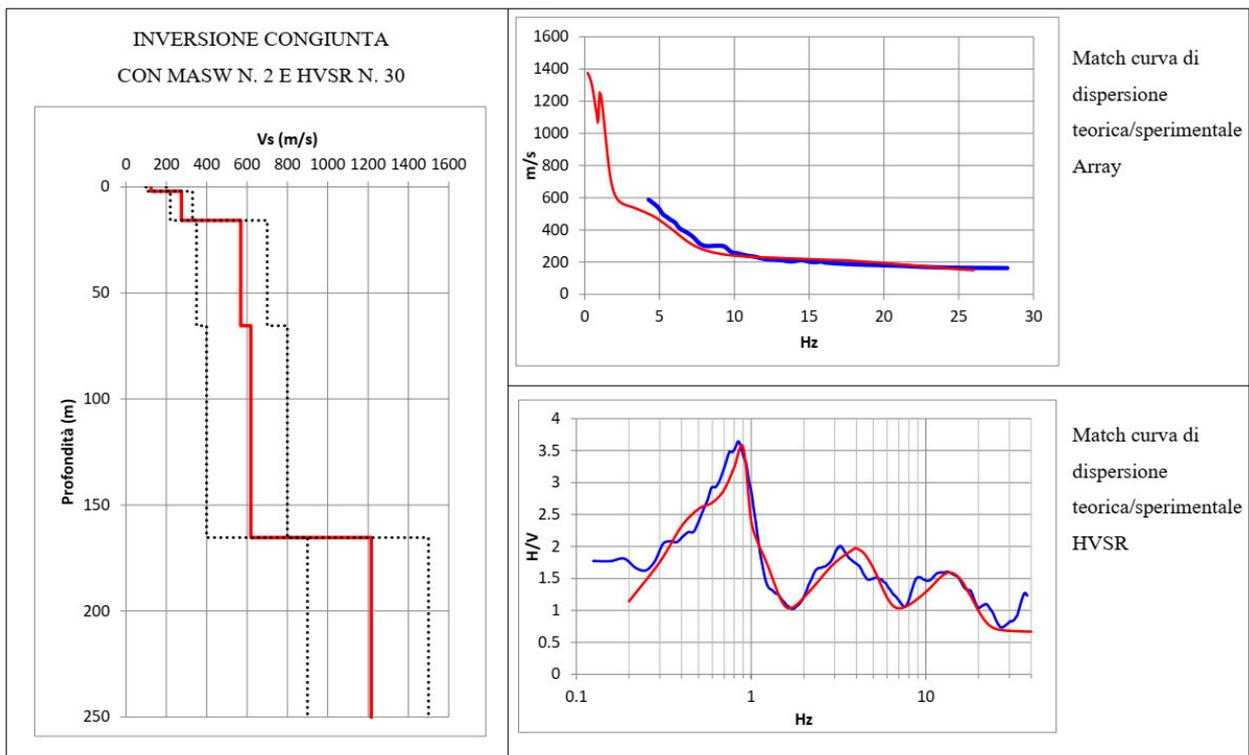


Fig. 15 – Profilo di  $V_s$  ESAC eseguito nella porzione settentrionale del territorio comunale

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo.

La metodologia di acquisizione si sviluppa in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;
- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  e il parametro  $V_{s30}$ .

Nel caso di Campi Bisenzio le indagini tipo MASW sono state distribuite su tutto il territorio comunale. Tali indagini hanno mostrato un gradiente delle velocità delle onde S concordo con quanto descritto precedentemente. Nel contesto di piana alluvionale le velocità delle onde S crescono progressivamente con la profondità fino a valori di circa 300/400 m/sec alle massime profondità indagate (Fig. 16).

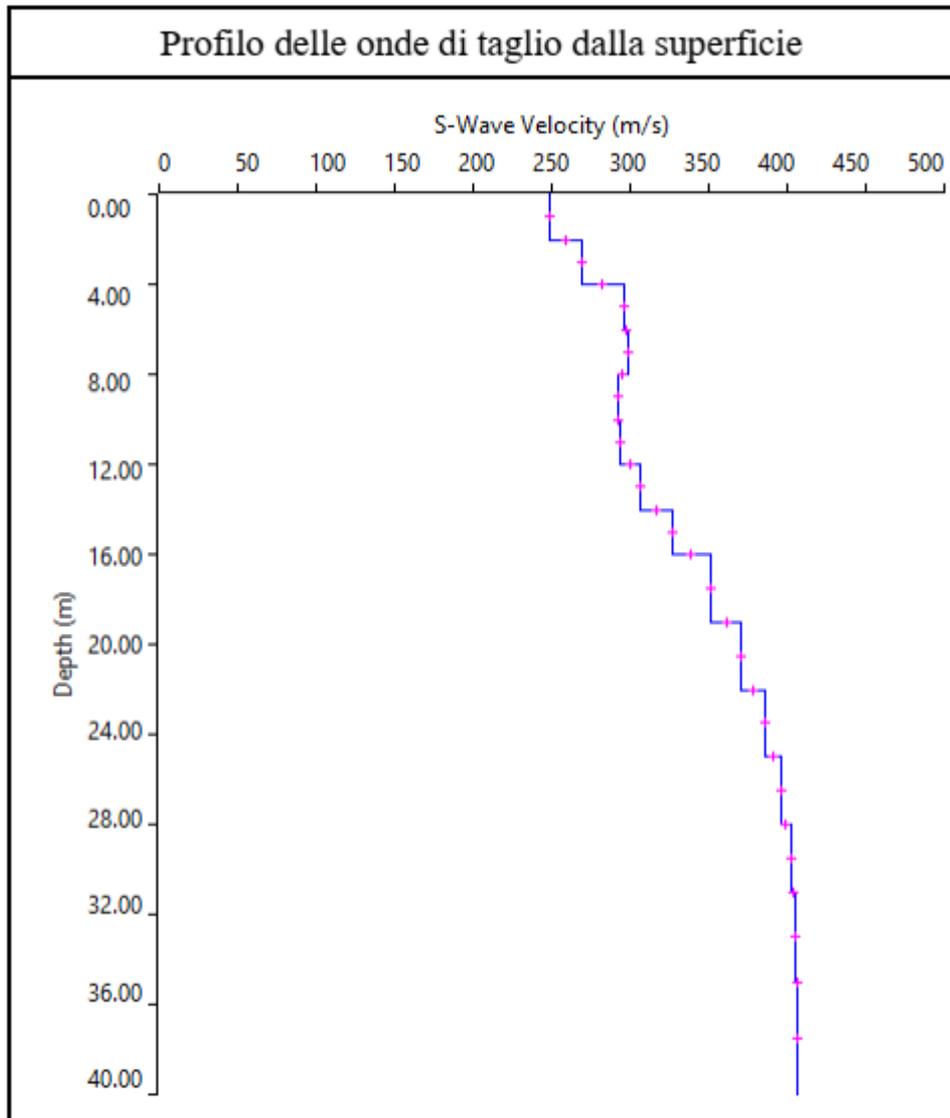


Fig. 16 –Gradiente della velocità delle onde S con la profondità – Risultato indagine MASW nella porzione centrale della piana in studio.

## 8. ELABORATI CARTOGRAFICI

La ricostruzione del modello del sottosuolo (basato a sua volta sull'analisi delle informazioni geologiche e strutturali presenti in letteratura e sulla raccolta dei dati di base esistenti o realizzati ex-novo – vedi § 5), unita allo studio geomorfologico dell'area (vedi § 3), ha permesso, sulla base degli standard di rappresentazione e archiviazione informatica approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Versione 4.0b - Ottobre 2015), di classificare le porzioni di territorio comunale di interesse in Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.). La suddetta classificazione rappresenta il risultato finale dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 e svolge, a sua volta, la funzione di base cartografica per la classificazione delle porzioni territoriali, oggetto di studio, in classi di pericolosità sismica locale ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011.

Quindi riassumendo, sulla base della convenzione firmata con il Comune di Campi Bisenzio (Determina n.323 del 18/05/2017) e sulla base degli standard di rappresentazione e archiviazione informatica approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Versione 4.0b - Ottobre 2015), ai fini del presente studio sono stati realizzati i seguenti elaborati cartografici:

- **Carta dei dati di base;**
- **Carta geologico-tecnica;**
- **Carta delle sezioni rappresentative;**
- **Carta delle frequenze assolute;**
- **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.);**

Tutta la suddetta cartografia, facendo parte di uno studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, è stata incentrata sui centri urbani maggiormente significativi ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011 (vedi § 1 del presente elaborato).

Per i dettagli sulla carta dei dati di base si rimanda al § 4.

## 8.1. Carta geologico-tecnica (Tav.2)

Sulla base di una accurata revisione a scala di dettaglio delle cartografie già redatte, in particolare di quelle geologiche e geomorfologiche unitamente all'elaborazione dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, è stata elaborata e redatta la Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000, quale carta di sintesi ed elaborato propedeutico alla stesura della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.).

La carta geologico-tecnica è stata realizzata utilizzando la simbologia prevista dagli standard di rappresentazione e archiviazione Informatica' redatti dal DPC (Versione 4.0b, Ottobre 2015).

Nell'ambito di tale revisione è stata posta particolare attenzione alla mappatura dei depositi alluvionali suddivisi sulla base della litologia prevalente. Sono stati inoltre messi in evidenza, le aree urbane con particolare attenzione alle zone di riporto antropico rilevanti e all'area di conoide alluvionale.

Per quanto riguarda l'assetto geologico-tecnico, il territorio di Campi Bisenzio presenta, sia in affioramento che nel sottosuolo (vedi modello del sottosuolo descritto nel § 5), depositi fluvio-lacustri da villafranchiani a recenti. Tali depositi, anche se differenziati a livello geologico nelle varie classi granulometriche (da argille a ghiaie) e differenziati a livello geotecnico in base al grado di consistenza (da mediamente consistenti/addensati a consistenti/addensati) presentano nel loro complesso un comportamento sismico omogeneo tale per cui sono classificabili, tutti, come "coper-tura". Naturalmente all'interno di essa possiamo differenziare 4 macroclassi in base alla litologia prevalente:

- **Classe CL:** Argille inorganiche di medio bassa plasticità, argille ghiaiose, argille limose, argille magre. Tale unità affiora prevalentemente nella porzione orientale del territorio comunale ad Est dell'autostrada A1 e a Nord dell'abitato di San Donnino;
- **Classe ML:** Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità: Tale unità affiora prevalentemente nella porzione centrale ed occidentale del territorio comunale;
- **Classe SW:** Sabbie pulite ben assortite, sabbie ghiaiose. Tale unità affiora nella porzione settentrionale del territorio comunale
- **Classe GC:** Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e limo. Tale unità affiora nella porzione meridionale del territorio comunale.

La suddetta classificazione, basata su aspetti litotecnici è stata ulteriormente raffinata suddividendo le coperture sulla base della genesi di deposizione. Nell'ambito di studio sono presenti due principali contesti genetici: contesto di conoide alluvionale che va ad interessare la porzione settentrionale del territorio comunale e il contesto di piana alluvionale che interessa tutte le restanti porzioni territoriali.

Al suddetto contesto litotecnico naturale si aggiunge il contesto litotecnico antropico caratterizzato dalla presenza di riporti, rilevati ed argini distribuiti su tutto il territorio comunale. Particolare rilevanza rivestono i depositi antropici dell'area della "Fornace" e dell'ex area estrattiva a sud della loc. di San Donnino.

## **8.2. Carta delle frequenze caratteristiche (Tav. 3)**

La carta delle frequenze caratteristiche è una carta che riassume, in termini di frequenza e ampiezza, la distribuzione dei contrasti di impedenza rilevati dalle indagini HVSR eseguite a supporto del presente studio.

La campagna di misure strumentali è stata realizzata in corrispondenza dei centri abitati significativi individuati (vedi cap.4 del presente elaborato) e distribuita in maniera uniforme, tenendo conto della distribuzione delle altre indagini pregresse disponibili e delle condizioni litostratigrafiche del sito.

La rappresentazione grafica scelta è stata quella semplificata con l'ubicazione dei punti di misura distinti con dei cerchi di colore variabile in funzione della frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza, secondo la legenda tipo riportata nell'Appendice 3 dell'Allegato A della Deliberazione 25 novembre 2013 n. 971 L.R. 58/2009 – OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A – Studi di microzonazione sismica. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica; ad uno stesso punto di misura sono stati talvolta associati più cerchi a seconda del numero di picchi fondamentali individuati.

Lo scopo di tale indagine è stato quello di individuare qualitativamente zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti di impedenza.

Inoltre, l'elaborazione dei risultati ottenuti ha fornito indicazioni e conferme ai fini della ricostruzione del Modello geologico di sottosuolo per la stesura delle M.O.P.S., con particolare riferimento al confronto tra lo spessore delle coperture stimate e le frequenze fondamentali.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali di vibrazione di un deposito.

Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione denominata frequenza fondamentale di risonanza, che dipende dallo spessore H della copertura e dalla velocità media delle Vs della stessa secondo la relazione:

$$v = \frac{V_s}{4H}$$

L'interpretazione delle misure eseguite consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza fra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e le variazioni litologiche presenti nel sottosuolo.

L'interpretazione delle misure H/V deve essere sempre tarata sulla base di indagini dirette, che consentano una correlazione con la stratigrafia di sottosuolo.

Come emerge dai risultati ottenuti le misure sismiche HVSR realizzate, rispecchiano in generale l'assetto geologico di sottosuolo descritto nel §5.

Le porzioni comunali, prese a riferimento per il presente studio, hanno mostrato un contrasto di impedenza rilevante a frequenze che passano da circa 0,3 Hz a circa 1 Hz spostandosi dal centro della piana alluvionale verso i margini della stessa. Tale contrasto associabile ad una profondità variabile stimata da circa 150 m da p.c. ad alcune centinaia di metri da p.c. (stima 300-500 m da p.c.) è probabilmente dovuto al passaggio fra i depositi di copertura fluvio-lacustri e il substrato pre-neogenico. Al suddetto contrasto di impedenza si associa un secondo contrasto molto più lieve alla frequenza di circa 3 Hz associabile al passaggio fra depositi alluvionali di conoide e depositi fluvio-lacustri di piana. Tale assunto è stato ipotizzando considerando la presenza del suddetto contrasto solo nelle indagini di sismica passiva ricadenti all'interno della conoide alluvionale del torrente Marina.

Lo studio delle frequenze fondamentali dei depositi può fornire anche indicazioni di supporto ingegneristico per la progettazione e la salvaguardia dell'edificato.

Infatti, la frequenza caratteristica di risonanza del sito rappresenta un parametro fondamentale per un corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale; confrontando infatti la frequenza naturale del terreno con la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio è possibile capire se, in caso di sisma, la struttura possa essere a rischio o meno.

Qualora venga riscontrata la condizione per cui la frequenza di risonanza di un edificio sia pari o analoga alla frequenza naturale del terreno sottostante, può verificarsi una situazione potenzialmente pericolosa, conosciuta come fenomeno della 'doppia risonanza', per il quale si ha la massima amplificazione in caso di sisma, con aumento considerevole delle sollecitazioni sull'edificio.

Da un punto di vista empirico la frequenza di risonanza di un edificio dipende principalmente

dalla sua altezza e può essere quindi approssimativamente calcolata con la formula (cfr. es. Pratt):

$$\text{frequenza di risonanza edificio} = 10\text{Hz} / \text{Numero di piani}$$

La misurazione diretta HVSR fornisce dati precisi ed attendibili sulle frequenze di vibrazione.

Ai sensi della normativa vigente (§7.3.3.2) delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), si riportano valutazioni in merito, nel caso di un'analisi lineare statica, ovvero una analisi lineare dinamica semplificata in cui non si effettua l'analisi dinamica della costruzione per determinare i modi di vibrare 'naturali' della stessa, e si ipotizza un modo di vibrare principale caratterizzato da un periodo T1 calcolato in maniera approssimata e da spostamenti linearmente crescenti con l'altezza dal piano di fondazione, ai quali corrisponde la distribuzione di forze statiche da applicare alla costruzione.

Per costruzioni civili e industriali che non superino 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza, T1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, con la formula seguente:

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4}$$

dove H è l'altezza della costruzione in metri dal piano di fondazione e C1 è un coefficiente funzione al tipo di struttura.

### **8.3. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S. – Tav.4)**

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) individua, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dell'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici, le microzone ove possono verificarsi diverse tipologie di effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica.

In particolare, nella valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico è stata posta particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- ricostruzione del Modello geologico-tecnico dell'area;
- individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido, accompagnata da una stima approssimativa della profondità ed una stima del contrasto di impedenza sismica atteso;
- individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte;
- presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
- contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
- terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
- terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

L'elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) è stata realizzata solo sui centri urbani maggiormente significativi, individuati dal Comune di Campi Bisenzio di concerto con i tecnici della Regione Toscana.

La cartografia e il relativo geodatabase, sono stati realizzati tenendo conto delle indicazioni fornite negli Indirizzi e criteri di microzonazione sismica, nelle specifiche tecniche regionali e nel rispetto degli 'standard di rappresentazione e archiviazione Informatica' redatti dal DPC (Versione 4.0b, Ottobre 2015).

Nello specifico la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) individua e caratterizza:

1. Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio.
2. Zone di attenzione per cedimenti differenziali: zone associate alla presenza di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti che possono generare cedimenti differenziali pericolosi per le strutture sovrastanti (riporti antropici)
3. Zone di attenzione per liquefazione: zone caratterizzate da terreni prevalentemente granulari sotto falda e quindi suscettibili di fenomeni di liquefazione in caso di sisma.

### ***Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali***

All'interno di questa classe sono state raggruppate tutte le zone caratterizzate prevalentemente dalla presenza di depositi fluvio-lacustri, suddivisi in base alle differenze litologico-tecniche prevalenti ed agli spessori, ai fini di un possibile effetto di amplificazione sismica locale

Per ogni zona è stata redatta una colonna stratigrafica e sono descritte in legenda le litologie prevalenti. In presenza di lenti ed intercalazioni litologiche si è riportato nella colonna stratigrafica lo spessore indicativo desunto dalle indagini (Fig. 17).

Nel dettaglio, la zona **2001** è la zona di centro-piana caratterizzata dalla presenza in prevalenza di terreni limosi argillosi intervallati da orizzonti sabbiosi e/o ghiaiosi di spessore da circa 1 m fino a circa 10 m.

La zona **2002** rappresenta la porzione territoriale prossimale al fiume Arno caratterizzata un primo orizzonte prevalentemente granulare ghiaioso/sabbioso intervallato da piccoli orizzonti coesivi limosi argillosi dello spessore da circa 1 m ad un massimo di 5 m poggiante su un substrato prevalentemente argillosi a partire da circa -15/20 m da p.c.

La zona **2003** è molto simile alla zona 2001. Essa mostra depositi fluvio-lacustri prevalentemente argillosi intervallati da orizzonti sabbiosi e/o ghiaiosi di spessore da circa 1 m fino a circa 10 m. Tale zona si riscontra nella porzione orientale del territorio comunale.

La zona **2004** rappresenta la porzione settentrionale del territorio comunale (area di conoide alluvionale) caratterizzata da un dominio superficiale dello spessore stimato di circa 30 m caratterizzato da una prevalenza di depositi alluvionali sabbiosi con piccoli orizzonti limoso argillosi di spessore variabile da un metro a circa 3 m. Al di sotto sono presenti depositi fluvio-lacustri di litologia incerta ma con ogni probabilità, visto il contesto generale geologico-tecnico prevalentemente coesivi.

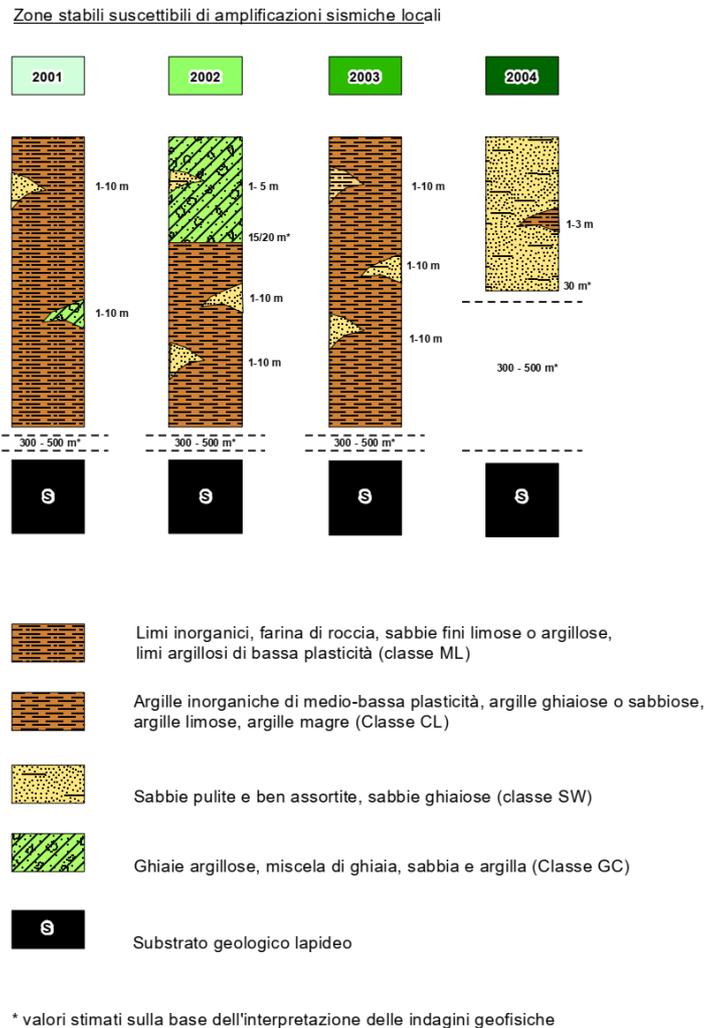


Fig. 17 – Legenda carta delle M.O.P.S. Estratto delle aree stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

Per quanto riguarda il bedrock sismico, come spiegato nei capitoli precedenti, esso corrisponde probabilmente al passaggio fra copertura fluvio-lacustre e substrato pre-neogenico. Tale passaggio si troverebbe posizionato ad una profondità variabile da valori stimati che di circa 150 m nelle aree di margine ben oltre 200 m nelle aree di centro-piana (stima 300 – 500 m da p.c.).

### ***Zone di Attenzione per cedimenti differenziali***

Le aree suscettibili di cedimenti differenziali sono associate, nel contesto in esame, alle aree di rilevante riporto antropico. In particolare, esse si rinvencono nell'ex area estrattiva di San Donnino, nell'area industriale della "Fornace" e nell'area urbana del Palagio.

L'attenzione in questo caso è associata al fatto che tali terreni, avendo caratteristiche geotecniche scadenti, possono, in caso di sisma (come anche in condizioni statiche), subire cedimenti differenziali che possono avere effetti negativi sulle strutture sovrastanti in caso di presenza di opere fondali non adeguate.

### ***Zone di Attenzione per liquefazione***

Le aree suscettibili di liquefazione sono associabili a terreni prevalentemente granulari sotto falda. Tali terreni si rinvencono, per il territorio in oggetto, nelle porzioni settentrionale e meridionale associata alla presente di classi litotecniche di tipo "SW" e "GC".

## **9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI**

Allo stato attuale delle conoscenze, gli unici danni alle strutture abitative, industriali e/o religiose, registrate ed associate ad eventi sismici passati risalgono al 1919 quando fra il 29 Giugno e il 1 Luglio avvenne una sequenza sismica nel Mugello con massima magnitudo all'epicentro di 6,38 (magnitudo a Campi Bisenzio – 6). Come indicato dal sito [www.firenzemeteo.it](http://www.firenzemeteo.it) (<http://www.firenzemeteo.it/terremoti/terremoti-piu-forti-di-sempre-in-toscana.php>), il suddetto evento sismico portò alla lesione di alcuni edifici e al danneggiamento di un'antica torre medioevale che dovette essere poi abbattuta.

## **10. PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO 1**

La procedura con cui si è valutato, in via semiquantitativa, la qualità della Carta di sintesi M.O.P.S. ottenuta è quella indicata dagli I.C.M.S., mediante il foglio di calcolo messo a disposizione on-line dal servizio sismico della regione.

1. La procedura ha previsto 4 fasi:
2. E' stato costruito un reticolato di celle quadrate orientate N-S e E-W, con lato di 250 m, sulle aree indagate;

3. E' stata compilata la tabella che prevede 6 parametri ai quali viene assegnato un peso;
4. Si è applicata la formula (sommatoria) indicata per determinare il Fattore di qualità FQ;
5. Si è associata al Fattore di qualità la corrispondente Classe di qualità.

Di seguito si riporta la scheda di valutazione. Il risultato finale è pari a circa 62,5%, corrispondente ad una qualità B, ovvero una classe dove “sarebbe auspicabile migliorare almeno uno dei parametri” (Fig. 18).

Il punteggio ottenuto risente del fatto che le indagini sono fortemente concentrate in poche celle della griglia di riferimento (area urbana del capoluogo comunale ed aree industriali limitrofe) per cui il punteggio associato alla percentuale di celle occupate è sempre inferiore al 33% (valutazione indicatore bassa).

La carta delle MOPS di livello 1 è risultata comunque di qualità buona in quanto sono state utilizzate molte indagini, ben differenziate in geotecniche e geofisiche. Al fine di migliorare la qualità del prodotto è necessario, alla luce della suddetta analisi, disperdere maggiormente, da un punto di vista areale, le nuove indagini che verranno realizzate nei livelli successivi di studio.

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				
<b>Inserire il valore solo nelle celle colorate in viola</b>						
b	Carta Geologica tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala	
	Punteggi indicatori	1	1	1	0.33	
	Pesi indicatori	0.33	0.33	0.33	0.33	
c	Sondaggi a distruzione	0.5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock	
	Punteggi indicatori	0.33	0.33	0.33	0.33	
	Pesi indicatori	0.33	0.33	0.33	0.33	
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock	
	Punteggi indicatori	1	0.33	0.33	0.33	
	Pesi indicatori	0.33	0.33	0.33	0.33	
e	Indagini geofisiche	0.5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock	
	Punteggi indicatori	1	0.33	0.33	1	
	Pesi indicatori	0.33	0.33	0.33	0.33	
f	Prove geotecniche	0.25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock	
	Punteggi indicatori	1	0.33	0.33	0.33	
	Pesi indicatori	0.33	0.33	0.33	0.33	
g	Misure Frequenze	0.75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità	
	Punteggi indicatori	1	0.33	0.33	0.66	
	Pesi indicatori	0.33	0.33	0.33	0.33	

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Validazione indicatori (punteggi)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologica-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	2000-11.000	> 11.000
		Progetto	No data	Allegato piano urbanistico	Ad hoc	
		Scala rilevamento	No data	50.000-20.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da indagini geofisiche	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da prove geotecniche	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Classe di affidabilità misure (Albaricello et alii)	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

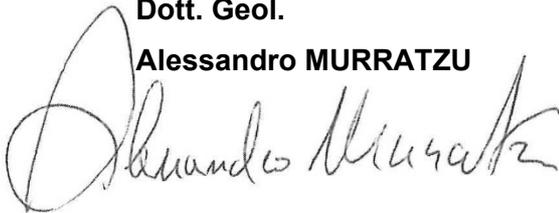
a	25	punteggi parziali	CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
b	0.78	19.4	A	75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
c	0.16	4.1	B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
d	0.55	13.7	C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
e	0.38	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	0.14	3.4			
g	0.49	12.3			
Tot	62.5	62.5	Classe B		

Fig. 18 – Tavola di valutazione della qualità della Carta del livello di Microzonazione sismica sulla base delle indagini pregresse e/o nuove

Certaldo, Novembre 2018

**IdroGeo Service S.r.l.**  
**Engineering and Consulting**

Direttore Tecnico  
**Dott. Geol.**  
**Alessandro MURRATZU**



**TECNICO RESPONSABILE**  
**Dott. Geol.**  
**Simone FIASCHI**



Collaboratore Tecnico  
**Dott. Geol.**

**Alessio CALVETTI**

