



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 Arezzo



Regione Toscana

Soggetto realizzatore
ProGeo Engineering Srl

referente e coordinatore delle attività
geol. MASSIMILIANO ROSSI

geol. FABIO POGGI

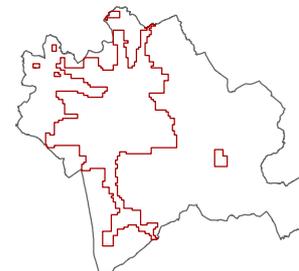
MOPS

geol. LUCA BERLINGOZZI

responsabile del procedimento:
Ing. Alessandro Farnè

Data

Maggio 2019



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/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (“MOPS”).

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

- n° 105 misure di frequenze naturali dei terreni H/V
- n° 19 stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e SH
- n°3 stendimenti di sismica con metodologie ESAC-MASW.

Le carte MOPS delle aree indagate, prodotte con il presente studio, sostituiscono integralmente le Carte delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL), allegate al Piano Strutturale che erano state redatte in adempimento a quanto era previsto dal D.P.G.R. n. 26/R del 27/04/2007.

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.532 del 12/07/2018, (facente riferimento alle precedenti “Ordinanza DPC n. 3907/2010”, “n.4007/2012”, Ordinanze “CDPC n.52/2013”, “CDPC n.171/2014”, “CDPC n.293/2015”, “CDPC n.344/2016”) 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 (Edizione 6): Allegato A alla DGRT n.1162/2018, Appendici 1-6;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC) – Conferenza delle Regioni e Provincia Autonome – Presidenza Consiglio dei Ministri (DPC) - Versione 1.0 – Giugno 2015
- Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ) – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 1.0 – Marzo 2017
- Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR) – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 2.1 – Gennaio 2018
- 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 4.1 – Ottobre 2017.

3 - SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

Il territorio comunale di Arezzo 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 Arezzo è classificato in Zona Sismica 2.



Fig.1: Estratto della mappa di Classificazione sismica della Toscana

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, coprendo e integrando parzialmente le aree interessate dalla cartografia regionale scala 1:2000.

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 Arezzo vengono evidenziati 62 eventi a partire dal 1005 e con relativa Magnitudo di Momento (Mw) dell'epicentro della scossa.

Storia sismica di Arezzo [43.463, 11.879]

Numero di eventi: 62

Effetti In occasione del terremoto del:

I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
7-8	1005	AREZZO	4	6-7	4.93 ±0.34
7-8	1352 12 25	MONTERCHI	7	9	6.44 ±0.54
NC	1542 06 13 02:15	Mugello	46	9	5.94 ±0.21
5	1751 07 27 01:00	Appennino umbro-marchigiano	68	10	6.25 ±0.22
5	1774 01 31	Acquitrina	3	5-6	4.51 ±0.34
6	1781 06 03	CAGLIESE	157	10	6.42 ±0.13
6	1796 02 05 02:00	ARETINO	10	7	5.02 ±0.59
4	1798 05 26	SIENA	15	6	4.74 ±0.68
3	1854 02 12 05:00	Valle del Topino	21	8	5.55 ±0.44
F	1865 09 21 20:50	Umbria settentrionale	5	7	5.14 ±0.55
F	1869 02 07 04:52	Senese	5	5-6	4.51 ±0.34
F	1869 02 07 05:00	Senese	6	6-7	4.86 ±0.67
4	1873 03 12 20:04	Marche meridionali	196	8	5.95 ±0.10
3-4	1875 03 17 23:51	Romagna sud-orientale	144		5.93 ±0.16

Effetti In occasione del terremoto del:

I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
3	1881 09 28	CESENA	24	6-7	4.82 ±0.27
2	1887 11 14 05:48	Fiorentino	101	6	4.54 ±0.13
NF	1889 12 08	APRICENA	122	7	5.69 ±0.13
F	1892 11 21	CITTA' DI CASTELLO	22	5-6	4.49 ±0.26
2	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8	6.23 ±0.08
3	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08
2-3	1895 06 06 00:35	Fiorentino	29		
5-6	1897 12 18 07:24	Appennino umbro-marchigiano	132	7	5.13 ±0.14
4-5	1902 06 27 16:48	Casentino	21	6	4.63 ±0.46
3	1907 12 20 10:29	Radda in Chianti	35	6	4.63 ±0.54
4	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
5	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37 ±0.10
4	1911 02 19 07:18	Romagna meridionale	181	7	5.28 ±0.11
2	1911 03 26 20:20	Eremo di Camaldoli	8	6	4.71 ±0.46
4-5	1911 09 13 22:29	Chianti	115	7	5.19 ±0.14
2	1913 07 21 22:35	VALLE DEL LAMONE	43	5-6	4.78 ±0.19
3	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
3-4	1916 05 17 12:49	Alto Adriatico	132		5.95 ±0.14
6	1917 04 26 09:35	Valtiberina	134	9-10	5.89 ±0.11
3	1917 12 02 17:39	GALEATA	32	6-7	5.09 ±0.20
4	1918 11 10 15:12	Appennino romagnolo	187	9	5.88 ±0.11
3	1919 02 13 02:20	LAGO TRASIMENO	20	6	4.70 ±0.39
5	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
NF	1919 09 10 16:57	PIANCASTAGNAIO	67	7-8	5.32 ±0.18
5	1919 10 25 13:51	MONTERCHI	30	6	5.02 ±0.24
3	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
3	1930 10 30 07:13	SENIGALLIA	263	8	5.81 ±0.09
3	1940 10 16 13:17	RADICOFANI	106	7-8	5.26 ±0.14
5	1948 06 13 06:33	Valtiberina	142	7	5.05 ±0.14
3	1951 09 01 06:56	SARNANO	81	7	5.34 ±0.20
NF	1959 03 24 10:24	FIorentINO	28	7	4.84 ±0.40
3	1960 10 29 00:08	Mugello	69	7	4.97 ±0.15
3	1969 08 11 13:55	TRASIMENO	46	7	4.94 ±0.18
5	1979 09 19 21:35	Valnerina	694	8-9	5.86 ±0.09
2-3	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
3	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
4-5	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09

Effetti In occasione del terremoto del:

I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
NF	1987 07 05 13:12	VALMARECCHIA	90	6	4.47 ±0.09
2	1991 01 14 07:38	ARETINO	62	5	4.47 ±0.15
NF	1993 06 05 19:16	GUALDO TADINO	326	6	4.74 ±0.09
4	1997 09 26 00:33	Appennino umbro-marchigiano	760		5.70 ±0.09
4-5	1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	6.01 ±0.09
3	1997 10 02 19:38	ALTA VAL TIBERINA	55	5-6	4.45 ±0.09
3-4	1997 10 14 15:23	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8	5.65 ±0.09
3	1998 04 05 15:52	Appennino umbro-marchigiano	395	6	4.81 ±0.09
5	2001 11 26 00:56	Casentino	213	5-6	4.72 ±0.09
4	2003 01 26 20:15	Forlivese	72		4.56 ±0.09
3	2003 12 07 10:20	Zona Forlì	172	5	4.22 ±0.09

Il Database Macrosismico è utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2015. CPTI11, la versione 2015 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>)

Dal catalogo ASMI (Archivio Storico Macrosismico Italiano) sono stati evidenziati i terremoti avvenuti a partire dall'anno 1000 d.C. entro un raggio di 50 km da Arezzo (fig.2, 154 terremoti, in violetto quelli con Mw > 5).

Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Lat	Lon	Io	Mw
1005						Arezzo	4	43.464	11.882	6-7	4.86
1269						Alta Valtiberina	2				
1320	12	16				Siena	1	43.318	11.332	7	5.10
1352	12	25				Alta Valtiberina	7	43.469	12.127	9	6.31
1358						Alta Valtiberina	1	43.570	12.141	6-7	4.86
1361	12	27				Siena	1	43.318	11.332	6-7	4.86
1389	10	18				Alta Valtiberina	9	43.527	12.299	9	6.03
1420						Siena	1	43.318	11.332	5-6	4.40
1429	06	26				Siena	1	43.318	11.332	5	4.16
1430	08	13	00	40		Siena	1	43.318	11.332	5	4.16
1436	03					Siena	1	43.318	11.332	6-7	4.86
1449	10	15	20	45		Crete Senesi	2	43.234	11.560	6	4.63
1456	12	09				Sansepolcro	1	43.570	12.141	5-6	4.40
1458	04	26	12	15		Alta Valtiberina	5	43.463	12.236	8-9	5.80
1458	05	01	00	35		Alta Valtiberina	2	43.457	12.239	6	4.63

1467 08 22 20 20	Siena	1	43.318 11.332	5-6	4.40
1467 09 03	Siena	1	43.318 11.332	6-7	4.86
1484	Sansepolcro	1	43.570 12.141	7	5.10
1486 09 30	Siena	1	43.318 11.332	5-6	4.40
1489	Sansepolcro	1	43.570 12.141	7	5.10
1496 06 04 08 30	Siena	1	43.318 11.332	7	5.10
1496 06 04	Siena	1	43.318 11.332	5	4.16
1498 04 11 08 50	Senese	2	43.197 11.506	5-6	4.40
1504 11 01	Casentino	2	43.697 11.816	7	5.10
1520 01 09 17 30	Alta Valtiberina	1	43.541 12.054	6-7	4.86
1530 11 11 16 30	Senese	3	43.207 11.559	5-6	4.40
1545 11 27 02	Val d'Orcia	6	43.067 11.643	7-8	5.33
1545 11 28	Val d'Orcia	1	43.076 11.679	5	4.16
1545 11 29	Val d'Orcia	1	43.076 11.679	5	4.16
1558 02 08 18 15	Alta Valtiberina	5	43.457 12.239	7	5.10
1558 04 13 09	Valdarno superiore	29	43.456 11.564	9	5.97
1559 04 11 20	Alta Valtiberina	3	43.620 12.091	6-7	4.86
1575 06 14 16	Siena	1	43.318 11.332	6-7	4.86
1584 09 10 20 30	Appennino forlivese	17	43.862 11.992	9	5.97
1593 04 23	Bacino di Gubbio	7	43.310 12.421	7-8	5.33
1599 11 16	Casentino	2	43.774 11.716	7	5.10
1603 01 25	Siena	1	43.318 11.332	5-6	4.40
1638 04	Siena	1	43.318 11.332	5-6	4.40
1668 08 22	Alta Valtiberina	2	43.514 12.190	5	4.16
1679 03 24 11 30	Val d'Orcia	4	43.136 11.665	6-7	4.86
1689	Montefeltro	1	43.664 12.411	7	5.10
1690 03 22 21 50	Alta Valtiberina	1	43.457 12.239	6-7	4.86
1693 02 22 08 30	Alta Valtiberina	2	43.442 12.436	5	4.16
1694 04 08	Alta Valtiberina	6	43.620 12.091	7-8	5.40
1697 09 20 15 50	Siena	2	43.318 11.332	5-6	4.40
1697 09 20 16 50	Siena	2	43.318 11.332	6-7	4.86
1697 09 30 12 15	Siena	2	43.318 11.332	6-7	4.86
1697 10 01	Siena	2	43.318 11.332	6	4.63
1697 10 28 01	Siena	2	43.318 11.332	6	4.63
1697 12 20 19 45	Siena	2	43.318 11.332	6	4.63
1705 04 14 19 20	Senese	2	43.318 11.332	4	3.70
1725 04 17 13	Appennino umbro-marchigiano	8	43.564 12.487	5-6	4.80
1725 04 18 13	Appennino umbro-marchigiano	1	43.457 12.239	5	4.16
1726 04 19 22	Crete Senesi	5	43.242 11.510	7-8	5.33
1729 06 23	Casentino	7	43.773 11.486	6	4.63
1731 03 29	Alta Valtiberina	9	43.670 12.041	6	4.76

1741 10 01	Siena	1	43.318 11.332 7	5.10
1752 08	Appennino umbro-marchigiano	1	43.457 12.239 4	3.70
1761 06 20 22	Appennino forlivese	2	43.834 11.960 6	4.63
1770 12 27 04	Valdarno superiore	5	43.701 11.409 6-7	4.86
1772 10 12	Alta Valtiberina	1	43.570 12.141 6	4.63
1774 01 31 19 30	Alta Valtiberina	3	43.610 12.128 6	4.63
1778 08 03	Alta Valtiberina	1	43.570 12.141 6	4.63
1779 06 26 12	Siena	2	43.318 11.332 5	4.16
1781 01 03 02 30	Crete Senesi	22	43.171 11.537 7-8	5.19
1781 01 06 15	Crete Senesi	1	43.058 11.606 5	4.16
1781 01 11	Crete Senesi	4	43.287 11.746 6-7	4.86
1783 06 29	Casentino	4	43.774 11.716 5-6	4.40
1787 10 20 13 30	Siena	1	43.318 11.332 4	3.70
1787 10 21 12 30	Siena	1	43.318 11.332 5	4.16
1787 10 21 23	Siena	1	43.318 11.332 5	4.16
1787 10 23 05	Siena	1	43.318 11.332 5	4.16
1787 12 26	Casentino	6	43.723 11.767 5-6	4.40
1787 12 26 15 10	Casentino	2		
1789 09 30 10	Alta Valtiberina	73	43.510 12.217 9	5.89
1795 02 14 19 15	Siena	2	43.318 11.332 4	3.70
1796 02 05 02	Aretino	9	43.534 11.873 7	4.96
1798 05 26	Senese	15	43.343 11.417 6-7	4.85
1798 09 08 16 45	Val d'Orcia	6	43.077 11.651 6-7	4.86
1802 10 30 18 30	Val d'Orcia	17	43.085 11.535 7	5.15
1804 10 06 10 30	Valdelsa	2	43.318 11.332 4	3.70
1810 09 30	Valle del Metauro	2	43.608 12.239 4-5	3.93
1824 08 12 07	Appennino forlivese	2	43.867 12.010 6	4.63
1828 04 11 22 25	Appennino umbro-marchigiano	22	43.326 12.410 5-6	4.93
1848 05 12	Senese	6	43.322 11.331 6-7	5.05
1853 05 17 15 17	Siena	1	43.318 11.332 4-5	3.93
1854 12 04 01	Senese	3	43.318 11.332 4	3.70
1856 06 05	Alta Valtiberina	2	43.670 12.041 5-6	4.40
1859 01 30	Crete Senesi	4	43.182 11.529 5-6	4.40
1859 04 12 03 28	Senese	24	43.326 11.306 6	4.46
1859 04 12 13 03	Senese	16	43.331 11.349 6-7	4.83
1865 09 21 20 50	Alta Valtiberina	5	43.285 12.314 7	5.10
1867 11 01 16 15	Siena	1	43.318 11.332 5	4.16
1869 02 07 04 52	Senese	5	43.336 11.333 5-6	4.40
1869 02 07	Senese	8	43.342 11.350 6-7	4.81
1871 10 22 13	Chianti	2	43.421 11.349 6	4.63
1891 12 08	Alta Valtiberina	24	43.391 12.147 5	4.34

1892 11 21	Alta Valtiberina	22	43.480 12.273 5-6	4.25
1897 11 15 23 52	Val d'Orcia	26	43.085 11.597 5	4.10
1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	132	43.498 12.382 7	5.09
1898 11 22 23 10	Borgo Pace	5	43.653 12.316 4-5	3.93
1900 08 28 16 38	Chianti	3	43.469 11.287 4	3.70
1902 06 27 16 48	Casentino	13	43.643 11.832 6	4.46
1907 12 15 13 06 55.00	Chianti	20	43.402 11.353 5	4.19
1907 12 20 10 29 15.00	Chianti	35	43.486 11.374 6	4.44
1908 06 26 13 15	Senese	9	43.322 11.450 5	4.36
1908 11 07 15 23	Val di Chiana	17	43.273 11.682 5	4.25
1911 03 26 20 20 50.00	Casentino	8	43.811 11.816 6	4.54
1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	43.436 11.344 7	5.08
1913 07 29 22 24	Casentino	16	43.814 11.890 5-6	4.54
1913 08 09 01 45	Pietralunga	12	43.442 12.436 4-5	3.93
1914 05 15 13 06	Chianti	6	43.453 11.361 5	4.16
1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	134	43.467 12.129 9-10	5.99
1918 03 22 04 43 20.00	Alta Valtiberina	7	43.335 12.254 4	4.13
1918 11 10 15 12 28.00	Appennino forlivese	187	43.917 11.933 9	5.96
1919 10 25 13 51	Alta Valtiberina	30	43.571 12.132 6	5.03
1920 11 24 04 20	Senese	15	43.366 11.538 4-5	4.07
1927 11 30 02 58 24.00	Bacino di Gubbio	18	43.451 12.453 5	4.29
1927 12 01 09 55 37.00	Bacino di Gubbio	13	43.417 12.417 5-6	4.56
1940 01 31 11	Siena	30	43.360 11.389 5-6	4.23
1940 10 10 16 44	Sestino	1	43.708 12.297 5-6	4.40
1947 12 24	Crete Senesi	26	43.095 11.625 6	4.46
1948 06 13 06 33 36.00	Alta Valtiberina	142	43.598 12.127 7	5.04
1957 04 17 08 40 37.00	Appennino forlivese		43.900 11.833	4.72
1957 04 30 06 05 08.00	Alta Valtiberina	57	43.733 12.013 5	4.23
1960 04 15 02 45 11.00	Montefeltro	30	43.708 12.297 5-6	4.45
1962 08 30 06 27 07.00	Montefeltro	23	43.877 12.144 6-7	4.76
1962 09 16 14 49 45.00	Chianti	19	43.545 11.350 6	4.54
1963 02 03 10 05	Pietralunga	3	43.442 12.436 4	3.70
1965 08 04 11 49 53.00	Alta Valtiberina	44	43.695 12.112 5	4.48
1969 08 09 09 20 57.00	Appennino tosco-romagnolo	33	43.760 11.962 5	4.20
1973 04 19 17 41 35.00	Pietralunga	22	43.436 12.449 7	4.61
1985 11 24 06 54 04.08	Appennino forlivese	29	43.844 12.017 5-6	4.29
1987 07 05 13 12 37.46	Montefeltro	90	43.758 12.208 6	4.44
1987 07 08 04 29 15.91	Montefeltro	15	43.779 12.245 4-5	3.70
1989 07 09 03 54 37.25	Montefeltro	48	43.670 12.209 5	4.09
1990 05 08 22 33 15.91	Alta Valtiberina	64	43.576 12.180 5	3.77
1990 05 08 22 37 24.26	Alta Valtiberina	1	43.637 12.145 5-6	3.24

1991 01 14 07 38 36.65 Casentino	62	43.781 11.853	5	4.26
1993 01 17 10 51 23.39 Alta Valtiberina	76	43.614 12.210	5	4.26
1996 07 10 10 25 16.64 Alta Valtiberina		43.382 12.338		4.82
1997 09 26 04 44 32.95 Perugino		43.225 12.411		4.16
1997 10 02 19 38 02.29 Alta Valtiberina	55	43.627 12.172		4.42
1997 10 02 21 38 42.65 Alta Valtiberina		43.611 12.150		4.34
2000 06 22 12 16 35.58 Bacino di Gubbio	107	43.345 12.433	5	4.47
2001 11 26 00 56 55.46 Casentino	211	43.600 12.108	5-6	4.63
2002 02 21 14 36 Casentino	43	43.760 12.033	5	4.09
2003 01 26 19 57 03.21 Appennino forlivese	35	43.883 11.960	6	4.66
2003 01 26 20 01 15.42 Appennino forlivese		43.887 11.950		4.19
2003 01 26 20 15 03.07 Appennino forlivese	63	43.875 11.959	5-6	4.50
2003 01 29 23 50 16.38 Appennino forlivese	71	43.898 11.926	4-5	4.06
2010 04 15 01 47 36.45 Alta Valtiberina		43.468 12.425		4.02
2011 05 24 22 03 51.98 Appennino forlivese		43.867 12.033		4.15
2013 07 11 04 32 20.94 Appennino forlivese		43.816 12.055		4.21

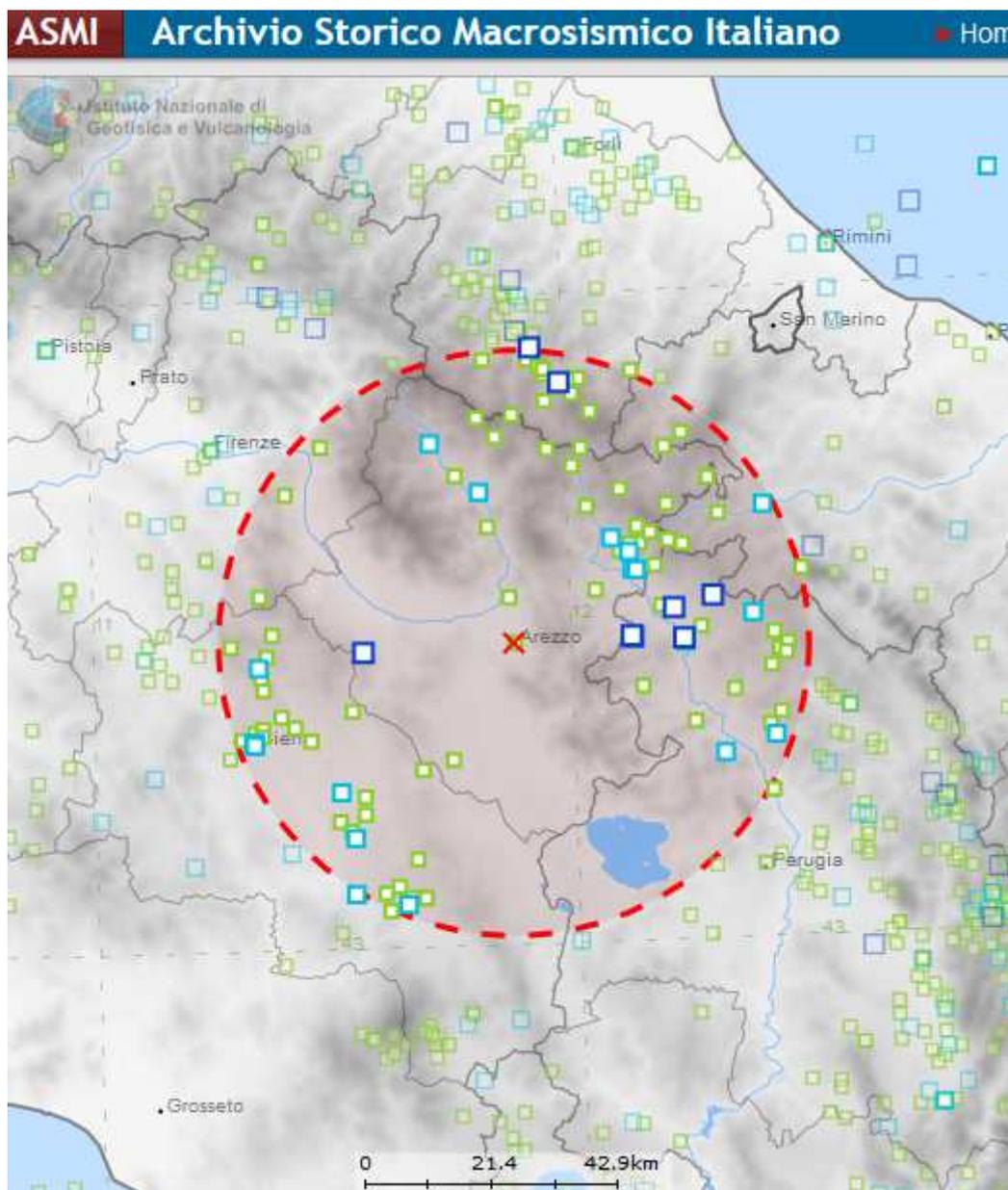


Fig.2: Ubicazione dell'epicentro dei terremoti entro un raggio di 50 km da Arezzo (catalogo ASMI)

Il territorio del Comune di Arezzo è compreso all'interno della zona 920 come definita all'interno della "Zonazione Sismogenetica ZS9 (Meletti C., Valensise G., 2004); tale zona, assieme alla 916 coincide con il settore in distensione tirrenica definito dal modello sismo-tettonico di Meletti et al.(2000). Tali zone sono caratterizzate da una sismicità di bassa energia, che sporadicamente può raggiungere valori di magnitudo relativamente elevati; la zona 920 è distinta dalla zona 916 per la maggior frequenza di questi eventi (Meletti C., Valensise G., 2004). Mentre le adiacenti zone a est della 920 (915, 919, 923) racchiudono faglie e sistemi di faglie

legati all'estensione appenninica, la zona 916 assieme alla zona 920 rappresenta una transizione alla distensione peritirrenica.

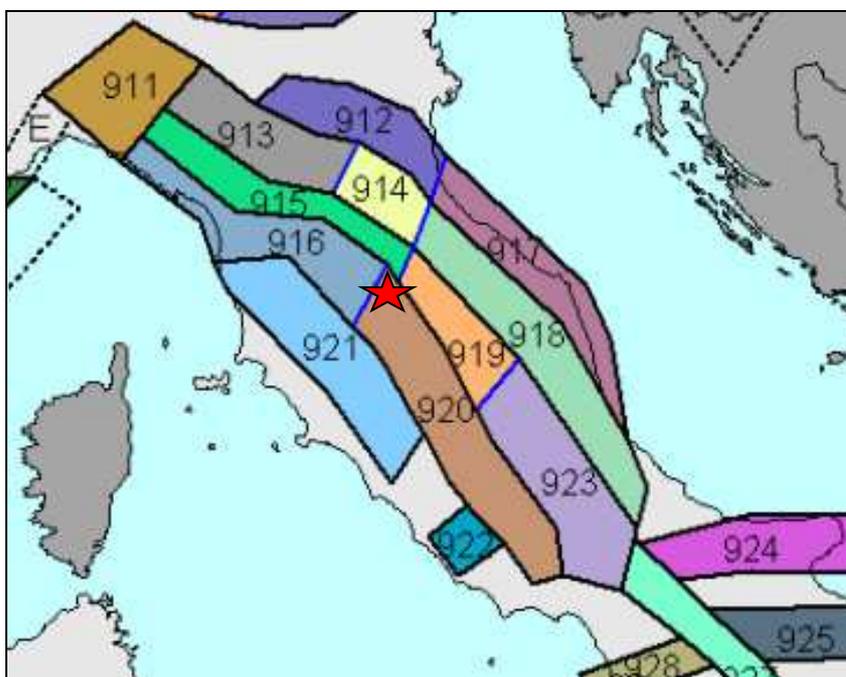


Fig.3: Zonazione sismogenetica ZS9

Nella tabella seguente vengono riassunte le principali caratteristiche della zona 920

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)
920	296	201	39	4,6	5-8	6

5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La conca in cui sorge il capoluogo comunale è delimitata da una cornice di rilievi: ad ovest le colline che fanno da spartiacque tra la Val di Chiana e la Val d’Ambra, a nord-ovest i primi contrafforti del Pratomagno, a nord-est quelli dell’Alpe di Catenaia, a est l’Alpe di Poti, a sud il Monte Lignano, il cui crinale si allunga in direzione sud-est sino a Castiglion Fiorentino. La pianura intramontana in cui si distende gran parte del capoluogo si trova ad una quota compresa tra 245 e 265 metri s.l.m. circa e a nord si apre sul Casentino; l’Arno, piegando poi il suo corso verso ovest, disegna il limite nord della piana; l’ingresso in Valdarno è relativamente stretto sino alla piana di Laterina e inciso ove ora si trova l’invaso artificiale della Penna; a sud-ovest si accede alla Val di Chiana o tramite la soglia di Olmo o costeggiando da Ponte a Chiani il Canale creato con le attività di bonifica portate avanti a partire dal Medioevo; a est lo spartiacque con la valle del Tevere, qui costituito dal crinale del Monte Talamone, valico dello Scopetone, valico del Torrino, Monte Camurcina.

Le aree indagate includono la parte nord-orientale del bacino della Valdichiana ed il bacino fluvio-lacustre di Arezzo, che comprende la pianura di Quarata ed i terrazzi fluviali dell’Arno. L’evoluzione strutturale che ha portato all’attuale assetto della Valdichiana ha avuto inizio circa alla fine del Pliocene, a partire dal quale l’evoluzione del bacino è riconducibile ad un modello ad horst e graben; la deposizione cominciò con formazioni di origine marina e transizionale legati alla trasgressione pliocenica (non presenti però all’interno del territorio comunale di Arezzo, ma solo nella Valdichiana senese). Il paleo-Arno scorreva, durante il Pleistocene medio, nell’attuale Valdichiana (verso sud, quindi) in condizioni di equilibrio; allo stesso periodo è riconducibile l’innalzamento di una soglia in corrispondenza dell’attuale vaso della Penna, con la formazione di un bacino con acque verosimilmente molto calme dove si deposero le Argille di Quarata. Successivamente, probabilmente in seguito a mutamenti climatici e a fenomeni tettonici, si depose materiale sedimentario di taglia granulometrica superiore; l’innalzamento della porzione meridionale del bacino di Arezzo portò poi l’Arno, a seguito dell’incisione della soglia di Ponte Buriano-Levane, verso l’attuale Valdarno superiore. Durante l’Olocene avvenne il colmamento delle principali depressioni vallive da parte dei depositi recenti.

In Valdichiana alcune evidenze, come l’età dei sedimenti che sembra inferiore spostandosi da ovest verso est, unitamente alla presenza di importanti accumuli sedimentari in forma di conoide, alla base del versante NE del bacino (alla base quindi dei rilievi di Monte Lignano-Monte

Camurcina), sembra indicare la presenza di significativi fenomeni dislocativi con prevalente componente distensiva in epoche non remote. In epoca storica, il fiume Clanis, fino ad allora tributario del Tevere ha subito progressivi fenomeni di impaludamento e solo importanti operazioni di bonifica hanno consentito di assicurare un drenaggio efficace alle acque della valle, oggi quasi completamente tributarie dell'Arno. La stratigrafia di questi depositi è ben schematizzabile tramite la suddivisione in *unità stratigrafiche a limite inconformi* (UBSU): del Sintema della Valdichiana fa parte il *Subsintema di Cantarino*.

Il bacino di Arezzo, che ha avuto origine successivamente a quello della Valdichiana (circa 1 Ma b.p.), in un contesto geodinamico a carattere distensivo, si apre con la deposizione di argille con la presenza di letti di lignite, in ambiente lacustre. La successiva fase fluviale è caratterizzata dalla deposizione di materiale in cui sono preponderanti ghiaie, ciottolami e sabbie (Ciottoli del Maspino, Pleistocene sup.) che raggiungono spessori massimi di 20-25 metri. La successione continentale termina con i depositi di chiusura dei bacini fluvio-lacustri, aventi granulometrie generalmente limoso-sabbiose; in corrispondenza dei maggiori corsi d'acqua nelle ultime decine di migliaia di anni vi è stata una nuova incisione con successiva rideposizione di materiale alluvionale con la formazione di vari ordini (6, ove identificabili) di terrazzi fluviali.

5.1 – SUBSTRATO CENOZOICO

Nella parte nord delle aree indagate dallo studio, all'imbocco della vallata casentinese, affiorano sui rilievi collinari litofacies appartenenti al “Membro di Montalto” della Formazione delle “Arenarie del Monte Falterona” facente parte dell'Unità tettonica Cervarola-Falterona (Dominio Toscano), da qui in avanti abbreviato con la sigla “FAL3”. Nell'alveo del fiume Arno sono presenti affioramenti riconducibili al membro stratigraficamente sottostante, denominato “Membro di Camaldoli”, FAL2. FAL3 è costituito da arenarie, marne, siltiti ed argilliti con rapporto arenaria/pelite compreso tra 1/4 e 2 ed è caratterizzato anche dalla presenza di livelli calcarenitici da medi a spessi; FAL2 è costituito da arenarie prevalenti sulle peliti con un rapporto A/P variabile da 2 a 10; le arenarie sono sempre grossolane, disposte in pacchi di 8-10 metri con assenza di peliti, alternate a livelli con peliti e marne prevalenti dello spessore di 3-4 metri. L'età è Chattiano-Aquitania (22-30 Ma BP). Nell'area della frazione di Giovi il substrato è costituito da FAL2, come è visibile direttamente dagli affioramenti presenti lungo il corso dell'Arno e del torrente Chiassa; spostandosi verso le frazioni di Ponte alla Chiassa e Chiassa Superiore, gli

affioramenti presenti sulle colline circostanti indicano la probabile presenza di un substrato costituito da FAL3 anche nelle aree di fondovalle; le stesse considerazioni valgono scendendo verso sud, verso la frazione di Tregozzano; su alture collinari sorgono le frazioni di Puglia, Stroppiello, Ceciliano: gli affioramenti presenti, benché generalmente modesti e senza notevoli esposizioni testimoniano che il substrato è rappresentato da FAL3; la stratificazione è in genere immergente verso est, con inclinazioni modeste, generalmente comprese tra 5° e 20° e che raramente superano i 40°. In corrispondenza della frazione di Antria sono presenti affioramenti di FAL3, ma, spostandosi verso sud in direzione della frazione di San Polo compaiono affioramenti della Formazione di Sillano-Santa Fiora, formazione appartenente all'Unità tettonica Morello (Dominio Ligure Esterno). Essa è qui costituita da argilliti e siltiti con colori variabili dal grigio scuro, al rosso vinaccia, al verde scuro, da marne e da calcari marnosi fini con colorazione bianco-giallastra e virante all'ocra se maggiormente alterati; la stratificazione è generalmente sottile; rara è la possibilità di osservazione di esposizioni chiare e regolari, dato l'assetto scompaginato verosimilmente dato dalla notevole entità di trasporto tettonico subito da questa formazione; il sovrascorrimento tra questa formazione e le Arenarie di M.Falterona autoctone, può essere individuato poco a valle della Pieve di San Polo. Il contatto prosegue in direzione della località San Fabiano ed è individuabile sino quasi alla base della collina su cui sorge la fortezza medicea di Arezzo. La costituzione prevalentemente argillitica e calcareo-marnosa dà al paesaggio un aspetto dolcemente ondulato, privo di rotture di pendenza significative. Sui versanti dell'Alpe di Poti ad est della città di Arezzo, da cui scendono i torrenti Castro e Bicchieraia, affiora FAL3, con immersione degli strati per la maggior parte verso est e verso sud e con inclinazioni che raramente superano valori di 30°. Un'analoga considerazione vale per il Poggio di Castelsecco con immersione degli strati verso i quadranti orientali e valori di inclinazione degli strati fino a 40°, ma solitamente compresi tra 10° e 25°. La collina su cui è situata la frazione di Santa Firmina è l'ultima porzione in rilievo di un contrafforte che origina dal Monte Lignano; i valori di direzione di immersione e di inclinazione degli strati misurati dalla zona di Olmo, di S.Andrea a Pigli, di Policiano e ubiquitariamente sui versanti del Monte Lignano sino a Monte Camurcina testimoniano un assetto pressoché monoclinale verso nord-ovest di circa 20°-30°. Ne consegue che procedendo verso la frazione di Rigutino e quindi discendendo stratigraficamente, non essendo presenti dislocazioni significative, nella porzione basale della collina, affiora FAL2; e sempre FAL2 affiora con assetto rovesciato sulla piccola altura denominata

“Il Monticello” in corrispondenza della frazione di Vitiano. Passando alla porzione occidentale dell’area studiata, si osserva come nella frazione di Battifolle, situata alla base della monoclinale inclinata verso est-sud-est di Monte San Zio, gli affioramenti presenti siano appartenenti a FAL3; una dislocazione con cinematica diretta disposta in direzione NW-SE lungo la valle del torrente Vingone ribassa il blocco di NE, facendo sì che in corrispondenza delle frazioni di Ruscello, Poggiola e Chiani affiori un membro della Formazione di M.Falterona stratigraficamente sovrastante denominato “Membro di Lonnano” (FAL4) caratterizzato dalla presenza di argilliti, siltiti e marne prevalenti con rapporto A/P non superiore ad 1/4; non mancano però livelli arenacei di spessore anche superiore al metro. Lo stesso tipo di litologie si trova sulle colline immediatamente a sud-ovest della frazione di Indicatore, mentre a poche centinaia di metri ad est della frazione di Pratantico lungo le sponde del Canale Maestro della Chiana affiorano terreni liguri (di origine alloctona): essi sono rappresentati da calcari, calcari marnosi, marne e arenarie calcaree; sono solitamente intensamente tettonizzati e in affioramento gli strati non mostrano una elevata continuità laterale. Spostandosi verso la frazione di San Leo e quindi ancora più ad est, in corrispondenza della frazione di Montione affiora nuovamente FAL3. Spostandosi verso l’area più occidentale tra quelle di indagine, in corrispondenza della frazione di Rondine, affiorano FAL4 e un litotipo costituito da calcari marnosi, argilliti avana o grigie fortemente tettonizzate: è da considerarsi un olistostroma presente all’interno delle Arenarie di M.Falterona, con caratteristiche molto simili a quelle delle formazioni delle unità liguri. Alla base del versante su cui è posta la frazione di Monte sopra Rondine, in sinistra idrografica dell’Arno, sono visibili affioramenti di FAL4; così come in destra idrografica, in prossimità della frazione di Ponte Buriano e poco a monte della frazione di Meliciano, posta alle prime propaggini del Pratomagno.

Il nucleo storico della città di Arezzo è sorto in corrispondenza dei rilievi collinari del colle di San Donato, al culmine del quale si trovano la Cattedrale e la Fortezza Medicea e del colle del Pionta, sede del Duomo vecchio, di cui oggi sono visibili solo parte delle fondamenta; tra queste due colline si trova anche il colle di Poggio del Sole, ove vi sono testimonianze di una necropoli etrusca. Data l’intensa antropizzazione non vi sono affioramenti significativi, ma, grazie anche ai dati disponibili che riguardano il sottosuolo, si può affermare che il substrato roccioso è costituito da FAL3, con valori di inclinazione degli strati non superiori a 30°.

5.2 – DEPOSITI PLIOCENICI E QUATERNARI

Buona parte delle aree edificate presenti nelle aree di studio poggiano le loro fondamenta su depositi di origine alluvio-colluviale; in particolare, quasi tutta la parte della città di Arezzo costruita durante il '900, si trova su depositi di origine sedimentaria aventi uno spessore che generalmente non va oltre qualche decina di metri e che non supera mai il centinaio (fatta eccezione per un'area in prossimità di Quarata). La successione sedimentaria del bacino di Arezzo comincia con le Argille di Quarata, depostesi direttamente al di sopra del substrato roccioso; tale formazione è costituita in massima parte da argille limose, più raramente argille sabbiose, con livelli lignitiferi; questi sono ad esempio visibili lungo il Canale Maestro della Chiana in località Borro Doccia, con assetto molto piegato e deformato. Al tetto, come in località Acqua Acidula sono presenti livelli con clasti di composizione calcareo-marnosa, appiattiti e con un discreto grado di embriciamento, che preludono alla deposizione dei Ciottoli del Maspino (Malcapi, 1995). L'età è riferibile al Pleistocene medio, in virtù delle analisi paleomagnetiche effettuate (Malcapi, 1995). Alle Argille di Quarata segue infatti, con limite stratigrafico contraddistinto da discordanza angolare, la Formazione dei “Ciottoli di Maspino” rappresentata da ciottoli e ghiaie in matrice sabbioso-limosa con clasti di materiale “ligure” (in tal caso i clasti sono spesso arrotondati ed appiattiti) e clasti con composizione arenacea (i clasti sono spesso poco appiattiti e sub-angolosi). I clasti calcarei e calcareo-marnosi e più raramente basaltici provengono da formazioni dei domini ligure e sub-ligure; quelli arenacei dalla formazione di Monte Falterona. Il contatto tra le (sottostanti) Argille di Quarata e i Ciottoli del Maspino è caratterizzato da una *angular unconformity*. Lo spessore massimo di questa formazione, visibile anche all'interno delle aree scavate per la sua coltivazione è di circa 20 metri. Al di sopra dei depositi di origine fluviale dei “Ciottoli di Maspino”, poggiano, senza evidenze di discordanze angolari i depositi fluvio-lacustri di chiusura del bacino di Arezzo, rappresentati da limi, sabbie e argille con lenti e banchi di materiale prevalentemente sabbioso. In aree di fondovalle, prevalentemente tra le frazioni di Venere e la zona industriale di Quarata in sinistra idrografica dell'Arno, e nelle aree di Ponte Buriano, Cincelli, in destra idrografica sono presenti depositi di età olocenica aventi granulometrie generalmente comprese tra ghiaie e limi, corrispondenti a terrazzi fluviali disposti in vari ordini; le “Alluvioni recenti”, di età olocenica, rappresentano il sesto ed ultimo terrazzo fluviale e sono generalmente costituite da ciottoli calcarei in matrice argilloso-sabbiosa; lo spessore massimo è di circa tre metri.

5.3 – CENNI GEOMORFOLOGICI

La morfologia dei rilievi presenti nelle aree di indagine è il risultato dei processi che hanno agito e continuano tuttora ad agire sui corpi rocciosi eterogenei; all'interno del limite studiato, l'energia del rilievo non è generalmente molto elevata, tanto che le aree che presentano una pendenza maggiore di 15° presentano una estensione limitata. Il substrato roccioso è costituito per la maggior parte del territorio dalle Arenarie di M.Falterona in facies prevalentemente siltitico-argillitiche; i livelli arenacei di spessore superiore a 1 m non sono molto frequenti, fatto che spiega le dolci morfologie e la quasi totale assenza di pareti rocciose subverticali. A maggior ragione, in corrispondenza degli affioramenti di terreni appartenenti alle Unità Liguri e Sub-Liguri le forme del rilievo sono blande.

Le principali forme deposizionali sono costituite dai bacini intramontani, sebbene nelle aree in esame non raggiungano spessori particolarmente significativi (quasi ovunque <100 m); essi risultano terrazzati, con un numero di ordini fino a 6.

I principali processi di erosione sono da ricondursi all'attività delle acque selvagge lungo i pendii, che portano a delimitare le aree caratterizzate da erosione profonda, da erosione superficiale, da erosione superficiale di limitata estensione e da erosione concentrata di fondo che portano all'approfondimento del corso d'acqua e all'erosione laterale di sponda. Ed è quest'ultimo processo che ha portato allo sviluppo in tempi relativamente recenti di fenomeni gravitativi di un certo rilievo sulle sponde del tratto terminale del Canale Maestro della Chiana; la causa è da ricercarsi nelle operazioni di bonifica effettuate negli ultimi secoli, che hanno portato, arretrando di molti km la linea di spartiacque, a fenomeni di erosione retrogressiva significativi sino al ponte di Pratantico e ancora più a monte, prima della costruzione del sistema di briglie sino alla Chiusa dei Monaci.

DEPOSITI ATTUALI O RECENTI

Frane

Depositi antropici

Depositi eluvio-colluviali

Depositi alluvionali

Depositi alluvionali terrazzati

DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI PLIO-PLEISTOCENICI

SINTEMA DELLA VAL DI CHIANA

SUB-SINTEMA DI CANTARINO

Sabbie e limi di Sodi: Sabbie quarzose da fini a medie e silt, di colore avana-giallastro, ocrarancio o ruggine, con frequenti livelli argillosi ocraceo turchini e sottili intercalazioni di sabbie grossolane. Talora sono presenti anche livelli decimetrici di ghiaie arrossate a composizione diasprina o arenacea.

Ghiaie di Podere dell’Olmo: Ciottolami con clasti da sub-arrotondati a sub-spigolosi con composizione prevalentemente arenacea e, subordinatamente, calcarea e diasprina. La matrice può essere da argilloso/siltosa a sabbiosa. Il colore prevalente è bruno-rossastro o, risalendo verso il contatto con le Sabbie e limi di Sodi, giallo ocraceo.

SUB-SINTEMA DI QUARATA

Argille di Quarata: Argille torbose, limose o, più raramente, sabbiose. Turchine al taglio fresco, all’alterazione assumono una colorazione grigio-chiara, tendente all’avana se la frazione limoso-sabbioso è abbondante. Nella parte inferiore della successione affiorante sono presenti intercalazioni da centimetriche a metriche di lignite, mentre al tetto sono comuni lenti di ciottolami ad elementi prevalentemente calcarei ben embriciati (simili ai ciottolami di Laterina).

SINTEMA DEL VALDARNO SUPERIORE

SUB-SINTEMA DI MONTICELLO-CIUFFENNA

Limi di Latereto, Limi di Pian di Tegna, Limi di Campoluci: Limi sabbiosi o sabbioso-argillosi, bruno-giallastri e rossastri, di regola pedogenizzati, con intercalazioni di sabbie e sabbie-limose e di ciottolami ad elementi arenacei. *Pleistocene medio*

Ciottolami di Maspino, Ciottolami di Laterina: Ciottolami ad elementi prevalentemente calcarei, subordinatamente arenacei e, in piccole percentuali silicei e basaltici, generalmente arrotondati e bene embriciati, in matrice sabbiosa o sabbioso-limoso; frequenti le intercalazioni di lenti di sabbie, limi e argille. *Pleistocene medio*

DOMINIO LIGURE ESTERNO

UNITA' TETTONICA MORELLO

Formazione di Sillano: Argilliti e siltiti fogliettate, di colore grigio scuro, nerastro, marrone, ocra o verdastro, talora rossastro, intercalate a calcari, spesso silicei, e calcari marnosi a grana fine e finissima, in strati da sottili a molto spessi, di colore nocciola, giallastri o verdini in superficie alterata, grigio chiari in superficie fresca. I livelli calcarei si presentano talora con fratturazione ad incudine. Sono frequenti anche strati gradati calcarenitici, da sottili a spessi, di colore grigio scuro e marrone all'alterazione. Rapporto argilliti/calcare >1 o $\gg 1$. Tutti i litotipi presenti sono intensamente deformati con una foliazione estremamente pervasiva nelle argilliti, mentre i livelli più competenti si presentano sottoforma di boudins e cerniere sradicate. *Cretaceo sup.- Eocene inf.*

DOMINIO SUBLIGURE

UNITA' TETTONICA CANETOLO

Brecce di Monte Senario: Calcari, calcari marnosi grigi, marne argillose alternate ad arenarie ed arenarie calcaree torbiditiche, talvolta grossolane. Verso il tetto della formazione le arenarie aumentano sino ad un rapporto arenaria / calcare > 3 . *Eocene medio*

DOMINIO TOSCANO

UNITA' TETTONICA CERVAROLA-FALTERONA

Arenarie del Monte Falterona: Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche-micacee, grigie al taglio fresco, giallastre all'alterazione, con granulometria da media a grossolana, alternate a siltiti, argilliti e marne grigio scure, giallastre se alterate. Localmente sono intercalati livelli da metrici a decametrici di marne grigio-giallastre talora associati ad olistostromi ad affinità ligure e subligure staccatasi dal fronte del thrust in avanzamento durante l'Oligocene terminale-Miocene basale. Questi sono costituiti da argilliti, talvolta marnose, con struttura caotica, di colore grigio

chiaro rossastre, inglobanti calcari e calcari marnosi grigio chiari, calcari silicizzati verdi in strati sottili, areniti da microconglomeratiche a fini. *Oligocene Superiore-Miocene Inferiore*

6 – INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE PREGRESSE E REALIZZATE

Per uno studio preliminare che prendesse in considerazione il contesto 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 Arezzo e nell’Archivio dell’Ufficio Tecnico del Genio Civile.

Un altro gruppo di dati (per la maggior parte già acquisiti) è stato ricavato dalle varie Banche Dati presenti in rete e realizzate a livello comunale, provinciale, regionale e statale. Si fa qui cenno alle principali fonti:

- “Indagini del sottosuolo” nel Portale del Servizio Geologico d’Italia
- “Banca dati del sottosuolo”, “Banca dati dei corpi idrici sotterranei”, “Carta Geologica Regionale”, “Banca dati frane e coperture” disponibili sul sito della Regione Toscana, su quello del LAMMA (Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale), su quello del SIRA (Sistema informativo Regionale Ambientale)

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

- n° 95 sondaggi a carotaggio continuo di cui n° 14 con prelievo di campioni e n° 5 con indagine sismica in foro Down-Hole;
- n° 232 prove penetrometriche statiche con punta meccanica
- n° 32 prove penetrometriche statiche con punta elettrica
- n° 55 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- n° 1414 sondaggi a distruzione di nucleo per pozzi per acqua
- n° 7 trincee o pozzetti esplorativi
- n° 5 indagine sismica in foro Down-Hole
- n° 17 indagini sismiche MASW
- n° 39 indagini sismiche a rifrazione in onde P e/o Sh

- n°5 indagini sismiche ESAC
- n°123 indagini sismiche H/V

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°105 misure all'interno dell'area di studio.

I dati di base sono stati informatizzati secondo quanto previsto dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica”, versione 4.1:

- 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

7.1 – AREZZO

Il substrato geologico presente nell'area di Arezzo è costituito da FAL3 (F.ne delle Arenarie di Monte Falterona, membro di Montalto), fatta eccezione per l'area di San Fabiano dove sono affioranti terreni afferenti ad unità liguri. Le indagini sismiche a rifrazione effettuate hanno mostrato valori di velocità delle onde Sh, per il substrato non alterato, quasi sempre superiori al valore di 800 m/s. Il substrato è subaffiorante nelle aree del Colle del Pionta, compresa la sua terminazione verso sud, sino quasi al Torrente Vingone, di Poggio del Sole e al di sotto di tutto il centro storico della città (Colle di San Donato); tutte queste aree sono anche morfologicamente elevate rispetto alla pianura circostante che ospita la maggior parte degli insediamenti abitativi più recenti e in linea generale costruiti a partire dal secondo dopoguerra. Il bacino è delimitato verso sud dai versanti settentrionali del monte Lignano, dai rilievi del Colle di Santa Maria, dalla collina di San Cornelio e verso est dai versanti che digradano dall'Alpe di Poti.

I terreni di copertura hanno caratteristiche eterogenee con presenza di interdigitazioni e eteropie laterali che testimoniano un ambiente con elevata dinamicità della sedimentazione. Lo spessore massimo delle coperture è stato stimato in circa 70-80 m nell'area di Pontalto, San Lazzaro, Magnanina e decresce leggermente spostandosi verso le aree di pianura ad est del centro città. Le misure di rumore mostrano picchi del rapporto H/V ad una frequenza minima di 1.2 Hz con valori di ampiezza (solamente indicativi del contrasto di impedenza sismica) anche molto rilevanti in tutte le aree di valle. Si citano, ad esempio, le numerose località che ormai formano un tessuto unico con quello della città, quali, partendo da est, La Pace e Staggiano, nella valle del torrente Bicchieraia, la valle del torrente Covole, sino a portarsi nell'area di Via Redi, Via Raffaello Sanzio, Viale Giotto, Viale Mecenate, Viale Leonardo da Vinci dove lo spessore delle coperture è compreso tra circa 30 e 50 m e decresce rapidamente in direzione dei rilievi collinari. Nell'area occidentale della città, che comprende la maggior parte degli insediamenti industriali, tra l'area dell'aeroporto di Molinbianco, Via Calamandrei, zona Pratacci e Via Fiorentina, lo spessore delle coperture è simile con spessori in genere compresi tra 25 e 60 m e valori del picco H/V compresi tra 1.8 e 4 Hz; il substrato si approfondisce rapidamente nell'area di San Leo (a profondità maggiori di 60 m) in diretta continuità con il bacino di Quarata a nord, mentre è subaffiorante nei pressi delle località di Pratantico e Chiusa dei Monaci. Risulta quindi chiara una elevata energia del "rilievo" del substrato geologico che solo in parte viene ricalcato

dalle attuali forme visibili in superficie. Il quadro generale che emerge anche dalle indagini sismiche a rifrazione, evidenzia una velocità delle onde Sh all'interno delle coperture, in varie aree della città, che sono inferiori o superano di poco il valore di 300 m/s; tale dato, unitamente al valore di VS del substrato porta a supporre un elevato contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato (si vedano a tal proposito le indagini effettuate in via Laschi (MS5), viale B. da Maiano (MS6), via Emilia (MS7), zona Orciolaia (MS8), Staggiano (MS11), Colle del Pionta (MS12), Via di S. Fabiano, Archi (MS16)).

7.2 – GIOVI, PONTE ALLA CHIASSA, MARCENA

Queste aree sono caratterizzate dalla presenza di una coltre sedimentaria costituita da materiale prevalentemente incoerente di origine alluvionale, poggiante su substrato litoide (F.ne delle Arenarie di Monte Falterona, membri FAL2 e FAL3), avente uno spessore di circa 10 – 20 m. Spostandosi in aree meno prossimali ai corsi d'acqua principali le litologie divengono progressivamente meno grossolane e con presenza di materiale fine più significativa. Le alluvioni con maggior componente ruditica sono state accorpate nella classificazione USGS “GW” (Ghiaie pulite con granulometria ben assortita; miscele di ghiaia e sabbia), mentre le coperture più recenti di chiusura dei bacini nella classe “ML” (Limi, sabbie fini, limi argillosi). Il grado di addensamento non è in genere elevato, specie per i terreni di più recente deposizione.

7.3 – CHIASSA SUPERIORE, TREGOZZANO

Queste aree sono disposte ai piedi dei rilievi collinari costituiti dal membro FAL3; il substrato, specie in prossimità della località di Tregozzano si immerge molto rapidamente al di sotto delle coperture, secondo la linea di massima pendenza del versante, tanto che, a poche centinaia di metri dalla base collinare, non è stato intercettato sino a circa 50 m di profondità; i terreni più superficiali sono costituiti prevalentemente da limi sabbioso argillosi. Lo spessore di copertura tipicamente rappresentato in corrispondenza dei principali insediamenti abitativi è di circa 10-20 m.

7.4 – SAN POLO, ANTRIA, CA' DI CIO

Queste aree sono caratterizzate dalla presenza di significativi affioramenti del substrato nella parte orientale del territorio investigato; le prime due frazioni poggiano quasi completamente le

proprie fondamenta su formazioni rocciose e in una porzione di collina tra di esse interposta, affiorano termini rocciosi prevalentemente argillitici e calcareo – marnosi afferenti ad unità liguri (“F.ne di Sillano”). In corrispondenza degli sbocchi vallivi sulle antistanti pianure sono presenti inoltre forme geomorfologiche quali conoidi di deiezione. Spostandosi verso la parte più interna del piccolo bacino (in corrispondenza della frazione di Cà di Cio) le misure HVSR effettuate con picchi di f_0 a circa 2 Hz e i dati raccolti testimoniano la presenza del substrato a circa 40-50 m di profondità massima. Le litologie presenti sono prevalentemente limoso-sabbiose-argillose passanti a sabbie limose nelle porzioni inferiori delle successioni sedimentarie.

7.5 – PATRIGNONE, CECILIANO, STROPPIELLO, PUGLIA

Queste aree comprendono vaste porzioni collinari in cui affiora FAL3. Nella porzione di territorio pianeggiante che giunge sino all’abitato di Giovi e dove corre la SR71 lo spessore massimo delle coperture è di circa 30 m; anche in corrispondenza dell’area di pianura ove è situata l’area industriale di Case Nuove di Ceciliano, gli spessori di coperture individuati raggiungono massimi di 40 metri. L’abitato di Patrignone è posto in area quasi completamente pianeggiante ai margini orientali della piana di Quarata. Al di sotto di una copertura prevalentemente limosa, sono presenti, come visibile nei numerosi fronti di scavo in aree adiacenti, ghiaie, ciottolami e sabbie della formazione dei “Ciottolami del Maspino” che raggiungono spessori massimi di circa 20 m. Il substrato si immerge progressivamente e in modo anche significativo spostandosi verso ovest con migrazione del picco f_0 verso valori sempre più bassi.

7.6 – QUARATA, PONTE BURIANO, CINCELLI, VENERE, CAMPOLUCI

Le indagini condotte e i dati raccolti hanno permesso di evidenziare per queste aree una notevole variabilità batimetrica del substrato. Partendo dall’area più a nord (Campoluci) i picchi di f_0 non evidenziano la presenza del substrato, ma quello delle ghiaie a pochi metri di profondità dalla superficie topografica. Il substrato lapideo, pur trovandosi ad una distanza di circa 1 km dalle colline ad est, si trova a profondità maggiori di 60 m. Spostandosi in direzione ovest, in località Venere, al di sotto dei terrazzi fluviali ad una quota s.l.m. di circa 30 m inferiore rispetto a Campoluci, non vi sono evidenze della presenza del substrato geologico ben oltre i 60 m di profondità come testimoniato dalle misure di rumore, con picco di f_0 a valori molto

prossimi o inferiori a 1 Hz, unitamente ai dati di indagini dirette. Sebbene al di fuori dell'area di studio, è peraltro evidente la risalita repentina del substrato, ad una distanza in direzione nord di circa 750 m, che affiora in corrispondenza dell'alveo del Fiume Arno, al confine con il comune di Capolona, in località Castelluccio. Le coperture sono rappresentate in massima parte da litotipi argilloso-limosi di origine lacustre.

L'assetto lito-stratigrafico non è molto difforme in tutta la piana di Quarata, in cui, al di sotto di spessori di 10 sino a 20 m di coperture grossolane (ove non interessate dalle attività estrattive), si trovano prevalentemente depositi di origine lacustre con il substrato geologico posto ad una profondità anche superiore a 100 m. I picchi in frequenza di f_0 sono in tutta questa area prossimi o inferiori a 1 Hz e solo spostandosi in direzione ovest, verso Ponte Buriano, è evidente una risalita del substrato geologico sempre rappresentato da FAL3. Proprio a Ponte Buriano il substrato geologico è subaffiorante, a circa 10-15 m di profondità ed affiora ai margini della strada comunale in direzione di Meliciano. Dirigendosi da Ponte Buriano in direzione di Cincelli si risalgono i terrazzi fluviali dell'Arno in cui sono presenti ghiaie e ciottoli e il substrato geologico si trova a profondità maggiori, con picco del valore di f_0 prossimo a 2 Hz.

7.7 – BAGNORO, SANTA FIRMINA, VIGNALE, AGAZZI

Queste aree, poste ai piedi dei rilievi nella porzione meridionale della piana aretina, ad eccezione della località “Bagnoro”, posta interamente nell'area di fondovalle, sono state edificate parte nelle aree collinari in cui affiora o sub-affiora il substrato lapideo e parte nelle aree di pianura immediatamente prospicienti. A riprova di quanto sopra, lo spessore delle coperture in loc. Bagnoro è stimato in circa 20 m, nell'area pianeggiante di bordo valle di Santa Firmina in circa 10 m e in circa 5-10 m in quella di Agazzi. I valori di VSh del substrato geologico (in queste aree sempre rappresentato da FAL3) è quasi sempre superiore al valore di 800 m/s.

7.8 – BATTIFOLLE, RUSCELLO, POGGIOLA, SAN GIULIANO, CHIANI

In tutte le porzioni collinari di queste località è affiorante il substrato geologico della formazione delle Arenarie di M. Falterona, membri FAL3 e FAL4. Per quanto la descrizione di FAL4 indichi prevalenza dei livelli pelitici su quelli arenacei, sono presenti anche qui, strati di elevato spessore e competenza. Le coperture sedimentarie presentano uno spessore limitato all'interno delle depressioni intervallive, mentre aumenta in modo anche significativo

spostandosi verso sud-ovest, in direzione dell'area depocentrale della Val di Chiana. A titolo di esempio nella valle del T.Vingone, nell'area residenziale di San Giuliano lo spessore delle coperture con VS di circa 350 m/s è di circa 20 m. In direzione di San Zeno, alla profondità di alcune decine di metri è stata riconosciuta la presenza anche significativa di ghiaie e ciottoli in matrice limoso-sabbiosa riconducibile alla presenza in questa area dell'alveo del paleo-Arno che scorreva in direzione sud e quindi dell'attuale Val di Chiana nel Pleistocene medio.

7.9 – INDICATORE, PRATANTICO

Queste aree sono caratterizzate da uno spessore delle coperture molto variabile e compreso tra qualche metro, in particolare nelle aree a ridosso dei versanti collinari, fino a 60 m circa, nell'area a nord-est di Indicatore che era in continuità con il bacino di Quarata e con la piana di Ortali; qui nelle porzioni superficiali sono presenti ciottolami e sabbie, al di sotto dei quali sono presenti prevalenti argille limose (“Argille di Quarata”). Anche il sottosuolo dell'abitato di Pratantico è caratterizzato da variazioni dello spessore delle coperture non trascurabili. Il substrato è costituito da FAL3 e l'indagine sismica a rifrazione ha indicato una velocità di VSh del substrato superiore a 800 m/s; inoltre risulta subaffiorante nella porzione a sud e ad est del paese mentre è progressivamente più profondo spostandosi verso nord-ovest sino circa a 50-60 m, tanto che la misura HVSR in corrispondenza della scuola elementare del paese indica un valore di f_0 di 1.5 Hz. In direzione di San Leo, quindi spostandosi verso est, il substrato geologico non è più costituito da FAL3 ma, come visibile direttamente in affioramento sulle scarpate del Canale Maestro della Chiana, da rocce delle Unità liguri con litologie calcareo-marnose-argillitiche.

7.10 – SAN LEO, MONTIONE

Queste aree sono caratterizzate dalla presenza del substrato geologico immergente in modo repentino in direzione ovest. In particolare se il substrato è affiorante nella frazione di Montione (FAL3) e molto prossimo alla superficie nell'area limitrofa de “Le Caselle” zona Via Fiorentina, già nella porzione orientale dell'abitato di San Leo si trova a profondità di almeno 50 m, per poi risalire e affiorare in area prossima al ponte della SR69 in direzione di Pratantico con litologie più tipiche delle unità liguri. La successione litologica più tipica è quella che vede al di sotto di

qualche metro di limi sabbioso argillosi, di ghiaie e ciottolami in matrice sabbiosa per uno spessore fino a circa 20 m e quindi di argille e limi sino al substrato.

7.11 – RONDINE, MONTE SOPRA RONDINE, MELICIANO

Queste aree sono caratterizzate dalla presenza del substrato geologico sub-affiorante e di coperture di materiale anche grossolano dello spessore che può di poco superare la decina di metri. Il substrato è sempre costituito da FAL3; per Meliciano e Monte Sopra Rondine le misure HVSR effettuate hanno mostrato valori di f_0 prossimi a 3.5 – 4.5 hz a testimonianza di una profondità del substrato di circa 15 m; il nucleo storico di Rondine è invece posto in prossimità dell’incisione del substrato che il fiume Arno ha operato, nel momento in cui portò il suo deflusso verso ovest (attuale Valdarno superiore); è situato superiormente alla scarpata rocciosa e il valore di f_0 è prossimo al valore di 10 hz.

7.12 – FRASSINETO, VITIANO, RIGUTINO, POLICIANO, OLMO, RIPA D’OLMO

Queste frazioni si trovano ai margini o in corrispondenza del bacino della Valdichiana. Nella parte di bacino che è compreso nel Comune di Arezzo e quindi delle aree di studio, non sono presenti sedimenti di origine marina che sono invece presenti nella porzione più meridionale della Valdichiana in cui sono stati evidenziati fenomeni di ingressione marina. I dati delle indagini, nuove e pregresse, evidenziano un rapido aumento dello spessore dei depositi clastici, muovendosi dalla base del versante ovest Monte Lignano – Monte Camurcina in direzione dell’asse principale del bacino; a riprova dell’attività di sollevamento recente sono le numerose forme di superficie quali le conoidi che si sono sviluppate in concomitanza alla diminuzione di energia di trasporto dei collettori delle valli secondarie all’interno del bacino principale. Le forme di questo tipo più sviluppate si trovano a monte delle località di Rigutino e Vitiano. Gli spessori raggiunti dalle coperture sono significative come testimoniato anche dalle misure di microtremore. Il substrato, pur non avendo dati “profondi”, è costituito da FAL3 e FAL2 (nella porzione meridionale dell’area di studio). Già in corrispondenza della località di Rigutino il valore di f_0 è inferiore a 2 hz mentre in località Frassineto ad una distanza di circa 3 km e in posizione più prossima all’asse vallivo il valore di f_0 scende sino a 0.4 hz, come peraltro nelle non lontane località di Alberoro e Montagnano nel comune di Monte San Savino. La profondità del substrato è qui abbondantemente superiore a 100 m. Le caratteristiche litologiche preponderanti

corrispondono ad un ambiente fluvio-lacustre con abbondanza relativa dei termini argilloso-limosi, ma con presenza di livelli sabbiosi plurimetrici.

7.13 – PALAZZO DEL PERO

Palazzo del Pero si trova alla confluenza tra il Fosso di San Chimento, il Rio Fiumicello e il torrente Cerfone, tributario del Fiume Tevere, ad una quota di circa 405 m s.l.m. ed è circondato da rilievi montuosi (Alpe di Poti, Monte Dogana, Monte Camurcina con quote massime prossime a 1000 m s.l.m.); l'ampiezza massima della valle è di circa 500 m. Il substrato nelle aree di fondovalle è costituito da FAL3 per il quale l'indagine sismica a rifrazione ha messo in evidenza velocità delle onde Sh superiori a 800 m/s; le indagini hanno mostrato la presenza di una coltre sedimentaria di spessore non trascurabile (sino a 30 m) già a poche decine di metri di distanza dalla base dei versanti. Le litologie prevalenti hanno natura incoerente sino al raggiungimento della porzione alterata del substrato. La velocità delle onde Sh per queste coperture è prossima a 300 m/s, motivo per il quale, anche grazie a quanto emerso dalle misure di rumore sismico ambientale H/V si può supporre un contrasto di impedenza sismica significativo tra coperture e substrato.

8 – INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE NELLA DEFINIZIONE DEL MODELLO

Il quadro complessivo di modello di sottosuolo emerso dalle indagini di archivio e effettuate ex-novo delinea la presenza di un substrato geologico, costituito per la maggior parte del territorio studiato dalla Formazione di Monte Falterona, con caratteristiche di rigidità tali, in condizioni di modesta o nulla alterazione, da superare quasi sempre il valore di 800 m/s. Al contempo le caratteristiche delle coperture, con età di deposizione meno recente databile al Pleistocene medio, sono proprie di depositi, pur con elevata eterogeneità, con caratteristiche geotecniche spesso non scadenti, ma in ogni caso dotate di proprietà sismiche molto differenti dal substrato ove si sono deposte. Tale fenomeno è probabilmente alla base della presenza di chiari picchi in frequenza del rapporto H/V nelle misure di rumore sismico ambientale, con ampiezze A0, per quanto da considerare con le dovute cautele, molto significative.

Il lavoro preliminare per la realizzazione delle carte di microzonazione sismica di livello 1 è stato così effettuato: è stato in prima fase acquisito il modello morfologico 3d del terreno; in seconda fase soprattutto grazie ai dati provenienti dalle stratigrafie di oltre 1400 pozzi per acqua (con relativa profondità massima raggiunta ed eventuale profondità del substrato roccioso) è stato realizzato un modello dello spessore delle coperture, con relative isopache. Sottraendo poi il modello dello spessore delle coperture dal modello morfologico si è ottenuto un modello 3d del substrato sul quale è possibile teoricamente tracciare infinite isobate. Avendo così a disposizione il modello digitale del terreno (es. DSM) e il modello digitale del substrato è stato possibile tracciare e quindi realizzare numerose sezioni geologico-tecniche (conoscendo la tipologia di copertura) tra tutte quelle possibili per la definizione esatta delle microzone della cartografia MOPS. Non è escluso ma anzi auspicabile un perfezionamento dei modelli sia in termini di profondità, (in aree più “scoperte” con minore presenza di dati), sia in termini di caratteristiche sismiche dei terreni.

Da quanto sopra emerge che la definizione del modello morfologico del substrato geologico unito alla implementazione della conoscenza della stratigrafia e delle caratteristiche sismiche delle coperture sedimentarie possa condurre ad una ancora migliore descrizione della risposta sismica da effettuarsi in successivi livelli di studio.

9 – CLASSE DI QUALITÀ DELLA CARTA DI LIVELLO 1

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 (83.0%).

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 <u>solo</u> nelle celle colorate in viola																																																																																																																													
b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala	Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parametro (peso parametro)</th> <th rowspan="2">Peso Indicatore</th> <th rowspan="2">Indicatore</th> <th colspan="4">Valutazione indicatore (punteggio)</th> </tr> <tr> <th>Nulla (0)</th> <th>Bassa (0.33)</th> <th>Media (0.66)</th> <th>Alta (1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Carta geologico-tecnica (1)</td> <td>0.33</td> <td>Anno rilevamento</td> <td>No data</td> <td>< 2000</td> <td>> 2000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Progetto</td> <td>No data</td> <td>Altro</td> <td>Allegato piano urbanistico</td> <td>Aid hoc</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Scala rilevamento</td> <td>No data</td> <td>50.000-26.000</td> <td>25.000-11.000</td> <td>10.000-2.000</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Sondaggi a distruzione (0.50)</td> <td>0.33</td> <td>Numero di sondaggi a distruzione</td> <td>No data</td> <td>1-5</td> <td>6-10</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione</td> <td>No data</td> <td>1-33%</td> <td>34-66%</td> <td>>66%</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido</td> <td>No data</td> <td>1-5</td> <td>6-10</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Sondaggi a carotaggio continuo (1)</td> <td>0.33</td> <td>Numero di sondaggi a carotaggio</td> <td>No data</td> <td>1-5</td> <td>6-10</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio</td> <td>No data</td> <td>1-33%</td> <td>34-66%</td> <td>>66%</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido</td> <td>No data</td> <td>1-5</td> <td>6-10</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Indagini geofisiche (0.50)</td> <td>0.33</td> <td>Numero di misure</td> <td>No data</td> <td>1-5</td> <td>6-10</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Percentuale di celle occupate da indagini</td> <td>No data</td> <td>1-33%</td> <td>34-66%</td> <td>>66%</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido</td> <td>No data</td> <td>1-33%</td> <td>34-66%</td> <td>>66%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)</td> <td>0.33</td> <td>Numero di prove</td> <td>No data</td> <td>1-5</td> <td>6-10</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Percentuale di celle occupate da prove</td> <td>No data</td> <td>1-33%</td> <td>34-66%</td> <td>>66%</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Percentuale prove che arrivano al substrato rigido</td> <td>No data</td> <td>1-33%</td> <td>34-66%</td> <td>>66%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Misure delle frequenze del sito (0.75)</td> <td>0.33</td> <td>Numero di misure</td> <td>No data</td> <td>1-5</td> <td>6-10</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Percentuale di celle occupate da misure</td> <td>No data</td> <td>1-33%</td> <td>34-66%</td> <td>>66%</td> </tr> <tr> <td>0.33</td> <td>Classe di affidabilità misure (Albarelli et alii)*</td> <td>No data</td> <td>Classe A < 33%</td> <td>Classe A 34-66%</td> <td>Classe A >66%</td> </tr> </tbody> </table>	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	> 2000		0.33	Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	Aid hoc	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	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	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 (Albarelli et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%
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	> 2000																																																																																																																														
	0.33	Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico		Aid hoc																																																																																																																												
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	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																																																																																																																												
	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 (Albarelli et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%																																																																																																																													
c	Sondaggi a distruzione	0.5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock																																																																																																																														
	Punteggi indicatori		1	0.66	1																																																																																																																														
	Pesi indicatori		0.33	0.33	0.33																																																																																																																														
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock																																																																																																																														
	Punteggi indicatori		1	0.33	1																																																																																																																														
	Pesi indicatori		0.33	0.33	0.33																																																																																																																														
e	Indagini geofisiche	0.5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock																																																																																																																														
	Punteggi indicatori		1	0.33	0.66																																																																																																																														
	Pesi indicatori		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																																																																																																																														
	Pesi indicatori		0.33	0.33	0.33																																																																																																																														
g	Misure Frequenze	0.75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità																																																																																																																														
	Punteggi indicatori		1	0.66	1																																																																																																																														
	Pesi indicatori		0.33	0.33	0.33																																																																																																																														
a	25	punteggi parziali	CLASSE	VALORI	INDICAZIONI	REGIONE TOSCANA 																																																																																																																													
b	0.99	24.8	A	75%	Carta di livello 1 di ottima qualità																																																																																																																														
c	0.44	11.0	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	0.33	8.2	D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICM508 e Linee Guida Regione Toscana																																																																																																																														
f	0.14	3.4																																																																																																																																	
g	0.66	16.5																																																																																																																																	
Tot	83.0	83.0	Classe A																																																																																																																																

* D. Albarelli, C. Cusi, V. Esaliti, F. Guzzini, E. Lunedi, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Pizzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Ter. Appl.

10 – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI FINALI

Allo scopo di definire le caratteristiche fisiche, elastiche e geometriche del sottosuolo è stata eseguita una campagna di n°105 misure di rumore sismico ambientale di tipo H/V.

Le ubicazioni e i risultati delle misure sono visibili nella cartografia prodotta “*Carta delle frequenze fondamentali dei depositi*” in scala 1:10000. Le misure sono state eseguite in punti disposti a maglia in modo da dare 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 (almeno 25-30 s) per l’analisi di frequenze anche molto basse (fino circa a 0.1 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 sismica con l’indicazione delle frequenze in corrispondenza delle quali tale fenomeno si manifesta. Si può così giungere ad una indicazione dello spessore delle coperture poste su un substrato rigido 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 l’amplificazione reale che si potrà manifestare in occasione di un evento sismico.

Al fine di una corretta valutazione delle caratteristiche geologico-stratigrafiche la scelta del luogo di misura è stata preceduta 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 la microzonazione sismica.

Per l’analisi di tutte le misure H/V sono state utilizzate la stessa tipologia di liscio e di pulizia del segnale. E’ stato possibile effettuare così una prima e immediata distinzione tra curve con ampiezza del picco del rapporto $H/V > 3$ e per le quali ci si attende un contrasto di impedenza sismica ed una amplificazione della sollecitazione sismica significativa, da quelle con ampiezza

del rapporto $H/V < 3$. 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.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

	Frequenza f0	Ampiezza A0
1	1.4	3.1
2	0.4	4.9
3	7.3	2.6
4	1.9	3.0
5	3.1	2.7
6	1.9	7.1
7	0.0	0.0
8	7.6	7.0
9	2.5	8.6
10	5.5	5.0
11	3.2	6.3
12	2.4	6.9
13	2.4	5.3
14	1.3	7.7
15	2.1	5.4
16	1.8	6.5
17	1.6	8.9
18	6.7	5.1
19	2.3	7.0
20	9.1	5.4
21	4.5	5.4
22	2.9	5.0
23	10.0	3.1
24	7.2	5.4
25	3.1	5.0
26	2.9	7.3
27	3.9	7.1
28	3.3	8.9
29	3.3	4.9
30	1.8	4.3
31	4.4	5.0
32	3.4	7.5
33	0.0	0.0
34	11.2	5.8
35	12.9	5.0
36	12.6	1.4
37	1.5	2.8
38	2.3	4.6
39	3.3	3.5
40	1.0	4.2
41	1.1	5.8
42	3.0	6.0
43	18.8	2.2
44	4.6	3.3
45	8.8	3.0
46	0.8	2.5
47	9.5	3.3
48	3.1	6.3
49	15.0	4.5
50	14.0	1.4
51	15.4	3.3
52	19.6	2.6
53	9.8	6.5

	Frequenza f0	Ampiezza A0
54	6.9	6.0
55	1.7	4.4
56	8.8	6.4
57	15.0	2.7
58	4.9	7.6
59	19.9	4.4
60	2.3	7.5
61	11.2	5.0
62	2.9	5.7
63	2.7	4.7
64	4.0	5.3
65	9.6	8.6
66	3.6	8.9
67	0.8	4.0
68	3.5	4.7
69	0.6	2.7
70	2.7	6.4
71	1.3	3.2
72	2.2	4.7
73	4.4	4.0
74	1.8	4.5
75	1.9	5.3
76	1.3	4.1
77	3.1	6.2
78	2.7	6.8
79	2.1	5.9
80	3.7	6.1
81	3.7	11.5
82	2.3	8.5
83	1.8	6.1
84	15.8	6.5
85	1.3	2.9
86	4.0	8.5
87	4.3	2.7
88	0.0	0.0
89	1.4	6.3
90	3.2	5.6
91	2.6	5.8
92	10.3	8.3
93	3.4	10.3
94	2.1	5.9
95	0.9	3.1
96	7.8	4.3
97	2.2	4.8
98	1.9	6.7
99	0.0	0.0
100	11.6	4.4
101	2.1	5.1
102	3.3	4.9
103	3.1	3.2
104	3.1	3.0
105	1.2	3.9

Risultanze delle misure a stazione singola H/V (frequenza del picco H/V f0 in hz; in giallo quelle con ampiezza $3 < A0 < 5$; in violetto con $A0 > 5$)

11 – ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli elaborati cartografici prodotti sono i seguenti:

- Carta delle indagini in scala 1:10000
- Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica in scala 1:10000
- Carta delle frequenze fondamentali dei depositi in scala 1:10000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) in scala 1:10000
- Sezioni geologico-tecniche in scala 1:10000/1:5000

12 – DESCRIZIONE DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

All'interno dell'area di studio non sono state cartografate zone stabili. L'area di studio è suddivisa quindi fra zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e zone suscettibili di instabilità.

DEPOSITI QUATERNARI

Depositi alluvionali attuali (b) (GW) - *OLOCENE*

Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna) (ML, SM, SW, GM) - *PLEISTOCENE - OLOCENE*

DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI

Limi di Campoluci (ML)- *PLEISTOCENE SUP.*

Ciottolami del Maspino (GW) - *PLEISTOCENE MEDIO*

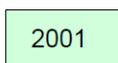
Argille di Quarata (CL) - *PLEISTOCENE MEDIO*

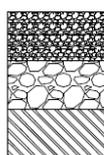
Sabbie e limi di Sodi (ML) - *PLEISTOCENE MEDIO*

Ghiaie di podere dell'Olmo (GM) - *PLEISTOCENE MEDIO*

12.2 - ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

- Zona 1:


Zona 1

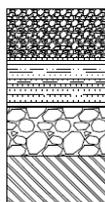


GW (3-10 m) Ghiaie e sabbie da poco a moderatamente addensate di terrazzo fluviale
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 2:**

2002

Zona 2

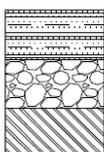


GW (3-10 m) Ghiaie e sabbie da poco a moderatamente addensate di terrazzo fluviale
ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 3:**

2003

Zona 3

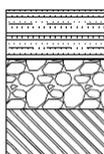


ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 4:**

2004

Zona 4

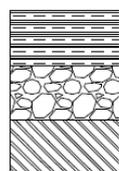


ML (30-60 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 5:**

2005

Zona 5

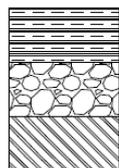


CL (3-10 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 6:**

2006

Zona 6

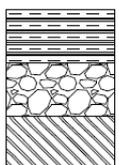


CL (10-30 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 7:**

2007

Zona 7

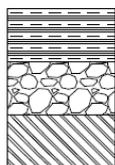


CL (30-60 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 8:**

2008

Zona 8

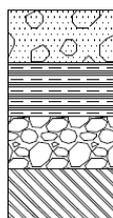


CL (60-100 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
brecce e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 9:**

2009

Zona 9

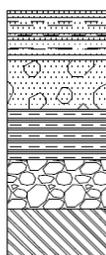


GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate
ad addensate di origine fluviale
CL (60-100 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
brecce e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 10:**

2010

Zona 10

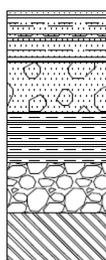


ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate
ad addensate di origine fluviale
CL (60-100 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
brecce e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 11:**

2011

Zona 11

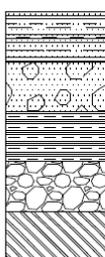


ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate
ad addensate di origine fluviale
CL (30-60 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
brecce e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 12:**

2012

Zona 12

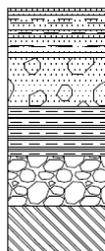


ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate
ad addensate di origine fluviale
CL (10-30 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
brecce e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 13:**

2013

Zona 13

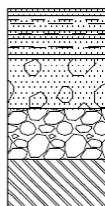


ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale
CL (3-10 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 14:**

2014

Zona 14

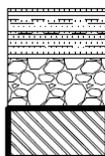


ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 15:**

2015

Zona 15

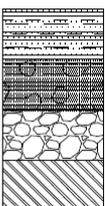


ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 16:**

2016

Zona 16

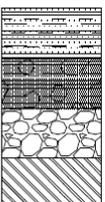


ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
SM (3-10 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate di piana pedemontana
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 17:**

2017

Zona 17

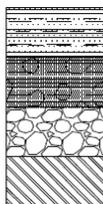


ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
SM (10-30 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate di piana pedemontana
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 18:**

2018

Zona 18

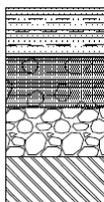


ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
SM (10-30 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate di piana pedemontana
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 19:**

2019

Zona 19

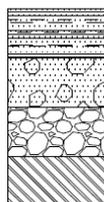


ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
SM (3-10 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad addensate di piana pedemontana
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 20:**

2020

Zona 20

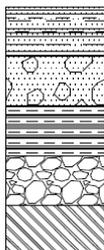


ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 21:**

2021

Zona 21

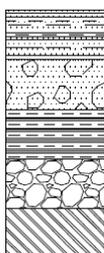


ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale
CL (3-10 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 22:**

2022

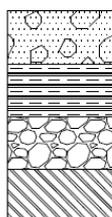
Zona 22



ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale
CL (10-30 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 23:

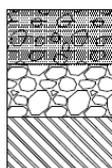
2023
Zona 23



GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale
CL (3-10 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 24:

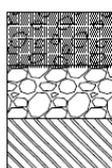
2024
Zona 24



SW (3-10 m) Sabbie ghiaiose di bacino (piana) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 25:

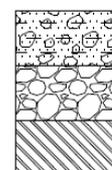
2025
Zona 25



SW (10-30 m) Sabbie ghiaiose di bacino (piana) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 26:

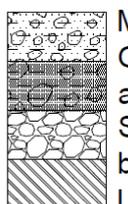
2026
Zona 26



ML (30-60 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 27:

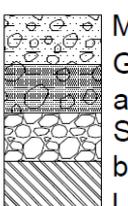
2027
Zona 27



ML (30-60 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
GM (3-10 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 28:

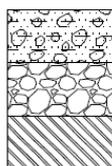
2028
Zona 28



ML (30-60 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
GM (10-30 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 29:**

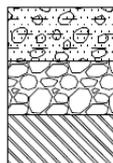
2029
Zona 29



ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 30:**

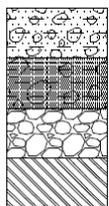
2030
Zona 30



ML (3-10 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 31:**

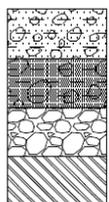
2031
Zona 31



ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
GM (3-10 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 32:**

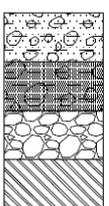
2032
Zona 32



ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
GM (10-30 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 33:**

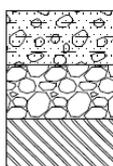
2033
Zona 33



ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
GM (30-60 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate ad addensate di bacino (piana) intramontano
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- **Zona 34:**

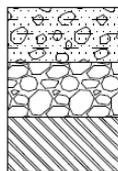
2034
Zona 34



ML (60-100 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 35:

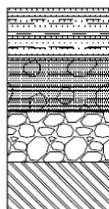
2035
Zona 35



ML (100-150 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 36:

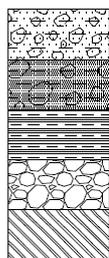
2036
Zona 36



ML (10-30 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
SM (30-60 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad
addensate di piana pedemontana
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 37:

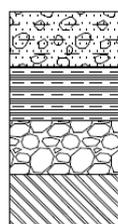
2037
Zona 37



ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
GM (3-10 m) Ghiaie limoso sabbiose da moderatamente addensate
ad addensate di bacino (piana) intramontano
CL (3-10 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 38:

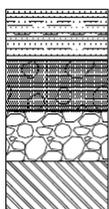
2038
Zona 38



ML (10-30 m) Limi sabbiosi (deposito fluvio-lacustre)
CL (3-10 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

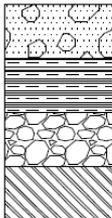
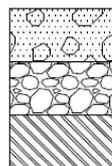
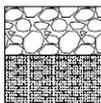
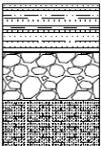
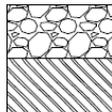
- Zona 39:

2039
Zona 39



ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
SM (30-60 m) Sabbie limose da moderatamente addensate ad
addensate di piana pedemontana
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

- Zona 40:

- 2040**
Zona 40
- 
- GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale
CL (10-30 m) Argille limose lacustri
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS
- Zona 41:
- 2041**
Zona 41
- 
- GW (3-20 m) Ghiaie e sabbie da moderatamente addensate ad addensate di origine fluviale
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS
- Zona 42:
- 2042**
Zona 42
- 
- Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato fratturato (SFALS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
ALS
- Zona 43:
- 2043**
Zona 43
- 
- ML (3-10 m) Limi sabbioso argillosi di piana (bacino) intramontano
Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato fratturato (SFALS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
ALS
- Zona 99:
- 2099**
- 
- Substrato geologico lapideo stratificato fratturato (SFLPS):
breccie e conglomerati in matrice limoso-sabbiosa (3-10 m)
LPS

12.3 - ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ

All'interno dell'area di studio è stata discriminata la presenza di zone suscettibili di instabilità: in particolare sono state mappate zone suscettibili di instabilità di versante in stato sia attivo che quiescente che inattivo. Le diverse fenomenologie che hanno evidenziato indizi di attività durante gli ultimi cicli stagionali (evidenze di movimenti per frane di crollo) sono raggruppate entro la categoria FR(a) e determinano una Pericolosità Sismica S4.

12.4 - DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

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

- Le aree riconosciute affette da fenomenologie gravitative di tipo attivo sono state classificate tra le 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...”
- Le aree riconosciute affette da fenomenologie gravitative di tipo quiescente oltre alle zone caratterizzate da un contrasto di impedenza sismica significativo sono state classificate tra le 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 caratterizzate 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)”.

13 – 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 differenti tipologie di substrato:

- substrato geologico lapideo stratificato (rappresentato geologicamente dalla F.ne delle Arenarie di Monte Falterona);
- substrato geologico alternanza di litotipi stratificato (rappresentato geologicamente dalla F.ne di Sillano e dalla F.ne dei Calcari e Brecciole di Monte Senario);

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.

Sono riportate inoltre le forme di superficie: nel presente lavoro sono rappresentate le conoidi alluvionali.

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).

14 – 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:

14.1 - 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.

14.2 - 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.

Tali letture, evidenziano, nella quasi totalità dei casi, la presenza di depositi costituiti da materiali con ampia distribuzione granulometrica, con percentuali elevate di materiali fini (<

0.002 mm), e con presenza non trascurabile di ghiaie, 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, maggio 2019

I professionisti incaricati (Studio ProGeo Engineering):

Dott. Geol. *Massimiliano Rossi*

Dott. Geol. *Fabio Poggi*

Collaboratore:

Dott. Geol. *Luca Berlingozzi*