

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione tecnica illustrativa (MS2)

Regione Toscana Comune di Castel San Niccolò



Regione Toscana	Soggetto realizzatore Progeo Engineering S.r.l. Referente e coordinatore attività: Geol. Massimiliano Rossi Geol. Fabio Poggi Collaboratori: Geol. Gabriele Menchetti Geol. Andrea Martini	Data Febbraio 2025
--------------------	---	-----------------------

1.	PREMESSA.....	2
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE	3
2.1.	TESTI DI RIFERIMENTO TECNICO	3
2.2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.	SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE D'INDAGINE	4
4.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	6
5.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	14
6.	CARTA DELLE INDAGINI	18
7.	CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI.....	20
8.	CARTA GEOLOGICO-TECNICA	21
9.	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	23
9.1.	DESCRIZIONE DELLE ZONE MICROSISMICHE PRESENTI NELLA CARTA MOPS.....	24
10.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	28
11.	ELABORAZIONI DELLO STUDIO DI MS2.....	30
11.1.	QUANTIFICAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE	30
11.2.	RESTITUZIONE ED ANALISI DEI RISULTATI	37
12.	BIBLIOGRAFIA	39

1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Castel San Niccolò (AR), sono stati eseguiti gli Studi di Microzonazione Sismica di livello 2 (a seguire MS2) per le aree urbane interne al territorio comunale, con approfondimento di livello 3 (MS3) nell'area di Strada in Casentino, Prato di Strada e Rifiglio.

La presente Relazione Tecnica riporta i dati e le informazioni acquisite ed illustra i risultati degli studi e delle indagini di Microzonazione Sismica, in ottemperanza a quanto previsto dal DPGR n.5/R del 30 gennaio 2020 *“Regolamento di Attuazione dell'Art.104 della LR n. 65/2014 contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche”*, secondo le specifiche contenute nell'Allegato A *“Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche”* con particolare riferimento al punto B.6 del §2.

Il Comune di Castel San Niccolò ha avviato il procedimento amministrativo per l'aggiornamento dello strumento urbanistico vigente tramite il nuovo Piano Strutturale Intercomunale del Casentino ed ha manifestato l'interesse di accedere ai finanziamenti per la redazione degli studi di MS di livello 2.

Il Comune di Castel San Niccolò, a seguito della manifestazione d'interesse (Del. Dir. Toscana n°977 del 27/09/2021), è risultato al 6° posto nella graduatoria di assegnazione dei contributi relativi all'Ordinanza C.D.P.C. n.780/2021 (art. 2 comma 1), stabilita sulla base del valore di accelerazione minima al suolo “ag”.

Nell'Allegato 2A al DGRT n.22090/2021 *“Esito Istruttoria delle domande di contributo da parte di Enti locali per studi di Microzonazione sismica e analisi CLE. Approvazione graduatoria e impegno di spesa”* è visibile il finanziamento ottenuto, di seguito riportato.

N.	Prov.	Ente	ag	Popolazione	Contributo Nazionale (75%)	Confinamento Ente locale (25%)
6	AR	Castel San Niccolò	0,184604	2.500 < ab < 5.000	€ 7.125,00	€ 2.375,00

Nell'Allegato 1 al Decreto era riportata una nota dove veniva prescritto di redigere anche lo studio di MS3, in quanto il Comune rientrava tra quelli della Tab.3 del Bando. Il presente documento illustra i risultati dello studio di MS2, si rimanda alla relazione illustrativa di livello 3 per l'area di fondovalle del capoluogo (Strada in Casentino), Prato di Strada e Rifiglio.

Il presente studio ha modificato la carta delle MOPS del Livello 1, in relazione soprattutto alle frane, in quanto sono state recentemente aggiornate dall'AdBDAS con decreto n°133 del 09/12/2022. Il presente studio è stato recepito all'interno del nuovo Piano Strutturale Intercomunale del Casentino, adottato con delibera di Giunta dell'Unione dei Comuni Montani del Casentino n. 89 dello 06/10/2023.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE

Lo studio e le indagini geofisiche sono state condotte secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento:

2.1. TESTI DI RIFERIMENTO TECNICO

- **Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica** – GdL DPC/Regioni. Documento approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni nella seduta del 13 novembre 2008.
- **Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche**, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana - Programma VEL Toscana – Del. GRT. n. 1343 del 18 dicembre 2000 e s.m.e.i.
- **Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica** – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 4.2 – Dicembre 2020
- **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.
- **Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazione (AMPL)** – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 2.0 (ancora in bozza non definitiva) – 2021.

- **Studi di RSL 2D** secondo le procedure e gli standard operativi definiti negli ICMS di cui al par. 3.1.7 e riportate al par. 7.11.3 del DM 17.01.2018.
- **“Indicazioni sulla valutazione dell’amplificazione sismica in riferimento agli studi di microzonazione sismica di III livello in Regione Toscana”**, redatto dal Settore sismica regionale.

2.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **L.77/2009** “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile” (art. 11 l’istituzione del “Fondo Nazionale per la Prevenzione del Rischio Sismico”).
- **O.C.D.P.C.780/2021** Interventi di prevenzione del rischio sismico Finanziamenti per indagini di Microzonazione Sismica e Analisi delle Condizioni Limite per l’emergenza (art. 2, comma 1, lett. a).
- **L.R. 16 OTTOBRE 2009 N. 58** “Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico” art. 2 comma 1 lett. a) – promozione, programmazione e svolgimento di attività di studio, analisi e ricerca sul rischio sismico; art.3 comma b)- indagini ed analisi di microzonazione sismica per la valutazione degli effetti locali nei centri urbani.
- **Del.G.R.T. n. 977 del 27 settembre 2021**, All. 1 – Redazione delle specifiche tecniche regionali per l’elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica e prescrizioni per le analisi della Condizione Limite per l’Emergenza.

3. SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE D’INDAGINE

Come prima fase la Struttura Regionale competente, in accordo con l’Amministrazione Comunale ha indicato la perimetrazione delle aree dei centri urbani maggiormente significative, su cui eseguire lo studio di MS2 e MS3.

Tali aree, sono state individuate secondo le specifiche tecniche di cui al par. 1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL e secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS.

Su di esse, si concentrano la maggior parte delle infrastrutture esistenti e la quasi totalità delle residenze e delle attività artigianali, industriali e commerciali e sono suddivisi nelle seguenti località:

Studio di MS2

1. Caiano;
2. Garliano;
3. Cetica;
4. Battifolle;
5. Borgo alla Collina;
6. Pagliericcio;
7. Sala;
8. Spalanni

Studio di MS3

9. Strada in Casentino;
10. Prato di Strada;
11. Rifiglio.

Le tavole allegate al presente studio sono state suddivise ciascuna nel Quadrante A, che comprende gli abitati di Strada in Casentino, Prato di Strada, Rifiglio, Sala, Spalanni e Borgo alla Collina (Figura 3.1) e nel Quadrante B, che comprende gli abitati di Caiano, Garliano, Cetica, Battifolle e Pagliericcio (Figura 4.2).

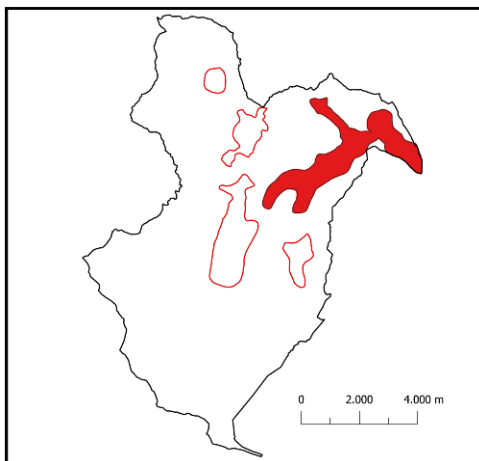


Figura 3.1 – area di studio quadrante A

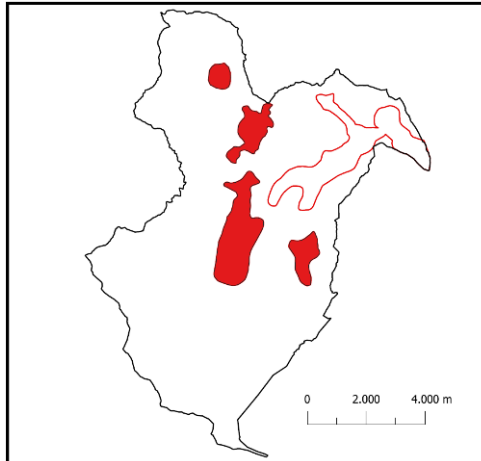


Figura 3.2 – area di studio quadrante B

L'area di studio comprende un intorno significativo ai suddetti centri urbani e riprende le zone riportate nello studio di MS1, previo leggero adeguamento in relazione al nuovo perimetro delle aree di urbanizzazione. Lo studio MS1 venne approvato dalla Commissione nazionale per la microzonazione sismica nella seduta del 14/12/2016.

4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

L'attività neotettonica, caratterizzata dal forte sollevamento della catena e dallo sprofondamento del settore che ospita l'alto corso dell'Arno e la relativa sismicità (Figura 4.1) sono imputate al regime estensionale indotto dal meccanismo tettonico che ha generato il bacino del Casentino (*Mantovani et al., 2012*).

Questa interpretazione descrive la formazione della depressione casentinese come effetto della parziale separazione tra le dorsali Pratomagno e Alpe di Catenaia, causata dalla compressione longitudinale che ha agito sulla parte settentrionale del cuneo RMU (Romagna-Umbria-Marche), come descritto in Mantovani et al. (2011). La storia della sedimentazione è simile a quella di altri bacini intermontani toscani, in particolare il Mugello. Tuttavia, a differenza dei settori vicini, la documentazione sulla tettonica attiva e le sue connessioni con la sismicità è scarsa.

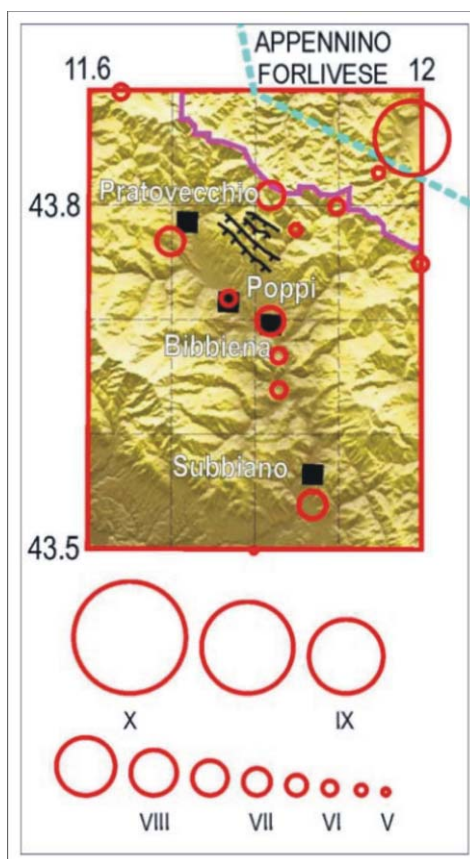


Figura 4.1 – Sismicità storica dell'area del Casentino. I cerchi rossi indicano i terremoti avvenuti dopo il 1000. I principali elementi tettonici sono in nero. La linea celeste tratteggiata è il confine della zona sismica Appennino forlivese. Da Mantovani et al., 2012

Il Comune di Castel San Niccolò è classificato, ai sensi della DGRT n.421 del 26.05.2014, in attuazione dell'Ord. P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 e D.M. 14 gennaio 2008 (Figura 4.2), in classe 2 ($ag/g \geq 0.15$). Maggiori informazioni sulla classificazione sismica della regione Toscana sono reperibili al link: <https://www.regione.toscana.it/-/classificazione-sismica-della-toscana>



Figura 4.2 – Classificazione sismica della Regione Toscana DGRT n.421 del 26/05/2014

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 (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-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 Castel San Niccolò vengono evidenziati 22 eventi a partire dal 1899 e con relativa Magnitudo di Momento (M_w) dell'epicentro della scossa (Figura 4.3).

Castel San Niccolò (Strada)

PlaceID IT_46981
 Coordinate (lat, lon) 43.741, 11.704
 Comune (ISTAT 2015) Castel San Niccolò
 Provincia Arezzo
 Regione Toscana
 Numero di eventi riportati 22



Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
2-3	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02	
4-5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36	
6	1918	11	10	15	12	2	Appennino forlivese	187	9	5.96	
7	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38	
4	1929	07	18	21	02		Mugello	56	6-7	4.96	
NF	1948	06	13	06	33	3	Alta Valtiberina	142	7	5.04	
2	1957	04	30	06	05	0	Alta Valtiberina	57	5	4.23	
3	1965	08	04	11	49	5	Alta Valtiberina	44	5	4.48	
NF	1989	07	09	03	54	3	Montefeltro	48	5	4.09	
NF	1990	05	08	22	33	1	Alta Valtiberina	64	5	3.77	
NF	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66	
4-5	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97	
2	1997	10	02	19	38	0	Alta Valtiberina	55		4.42	
3	1999	01	25	22	45	5	Appennino forlivese	97	5	4.36	
NF	2000	05	08	12	29	5	Faentino	126	5	4.67	
NF	2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82	
4-5	2001	11	26	00	56	5	Casentino	211	5-6	4.63	
3-4	2002	02	21	14	36		Casentino	43	5	4.09	
3-4	2003	01	26	20	15	0	Appennino forlivese	63	5-6	4.50	
3-4	2003	01	29	23	50	1	Appennino forlivese	71	4-5	4.06	
NF	2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18	
NF	2005	07	15	15	17	1	Forlivese	173	4-5	4.29	

Località	EQs	Distanza (km)
Borgo alla Collina	1	2
Pieve Romena	3	4
Porrena	1	4
Certomondo	1	5
Ponte a Poppi	2	5
Pratovecchio	33	5
Poppi	44	5
Avena	1	7
Stia	29	7
Montemignaio (La Pieve)	15	7
Casalino	1	7
Porciano	1	7
Lonnano	1	8
Ortignano Raggiolo (Ortignano)	20	8
Memmenano	2	8
Valagnesi	1	8
Moggiona	1	8
Santa Maria	1	8
Papiano	1	9
Colle	1	9
Poggiolo	1	9
Consuma	1	10



Figura 4.3 - consultazione per località Castel San Niccolò CPTI15-DBMI15 v4

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 2022 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 35 km da Castel San Niccolò (Figura 4.4), 75 terremoti, in blu quelli con $M_w > 5$).

Year	Mo	Da	EpicentralArea	MdpN	Imax	LatM	LonM	Io	MwM
1005			Arezzo	4	7-8	43.464	11.882	6-7	4.86
1393	6	15	Appennino forlivese	1	7	43.996	11.912	7	5.1
1453	9	28	Fiorentino	5	7-8	43.783	11.287	7-8	5.38
1504	11	1	Casentino	2	7	43.697	11.816	7	5.1
1520	1	9	Alta Valtiberina	1	6-7	43.541	12.054	6-7	4.86
1558	4	13	Valdarno superiore	29	9	43.456	11.564	9	5.97
1559	4	11	Alta Valtiberina	3	7	43.62	12.091	6-7	4.86
1584	9	10	Appennino forlivese	17	9	43.862	11.992	9	5.97
1597	8	3	Mugello	24	7-8	43.987	11.429	7-8	5.28
1599	11	16	Casentino	2	7	43.774	11.716	7	5.1
1655	3	25	Appennino forlivese	1	6	44.06	11.842	6	4.63
1661	3	22	Appennino forlivese	79	10	44.021	11.898	9	6.05
1694	4	8	Alta Valtiberina	6	7-8	43.62	12.091	7-8	5.4
1729	6	23	Casentino	7	7	43.773	11.486	6	4.63
1731	3	29	Alta Valtiberina	9	7	43.67	12.041	6	4.76
1753	4	22	Appennino forlivese	3	6-7	43.983	11.92	6-7	4.86
1761	6	10	Appennino forlivese	2	5	43.946	11.909	4	3.7
1761	6	20	Appennino forlivese	2	7	43.834	11.96	6	4.63
1762	4	15	Mugello	12	7	44.004	11.506	7	5.14
1768	10	19	Appennino forlivese	45	9	43.943	11.904	9	5.99
1770	12	27	Valdarno superiore	5	7	43.701	11.409	6-7	4.86
1774	1	31	Alta Valtiberina	3	7	43.61	12.128	6	4.63
1783	6	29	Casentino	4	D	43.774	11.716	5-6	4.4
1787	12	26	Casentino	6	6-7	43.723	11.767	5-6	4.4
1796	2	5	Aretino	9	7	43.534	11.873	7	4.96
1824	8	12	Appennino forlivese	2	6-7	43.867	12.01	6	4.63
1826	10		Appennino forlivese	1	5-6	44.06	11.842	5-6	4.4
1835	2	6	Mugello	5	6-7	43.962	11.416	6	4.63
1856	6	5	Alta Valtiberina	2	6-7	43.67	12.041	5-6	4.4
1861	1	28	Santa Sofia	1	6	43.946	11.909	6	4.63
1875	1	10	Portico di Romagna	1	5	44.025	11.783	5	4.16

Year	Mo	Da	EpicentralArea	MdpN	Imax	LatM	LonM	Io	MwM
1889	12	12	San Piero a Sieve	4	6	43.898	11.643	5	4.16
1895	9	4	Valle del Montone	14	7-8	44.027	11.818	6-7	4.77
1899	7	8	Bagno di Romagna	37	5	44.01	11.822	4	4.02
1902	6	27	Casentino	13	6	43.643	11.832	6	4.46
1911	3	26	Casentino	8	7	43.811	11.816	6	4.54
1913	7	21	Appennino romagnolo	43	6	44.041	11.762	5-6	4.49
1913	7	29	Casentino	16	6	43.814	11.89	5-6	4.54
1917	1	8	Appennino forlivese	11	6	44.005	11.803	6	4.74
1917	12	2	Appennino forlivese	32	6-7	44.059	11.829	6-7	4.94
1918	11	10	Appennino forlivese	187	9	43.917	11.933	9	6
1919	6	29	Mugello	565	10	43.957	11.482	10	6.43
1920	6	8	Appennino forlivese	19	5-6	43.997	11.879	5-6	4.45
1929	7	18	Mugello	56	7	43.988	11.507	6-7	4.89
1949	3	9	Mugello	12	5	43.987	11.489	5	4.42
1952	7	4	Appennino forlivese	64	7	43.98	11.883	7	5.08
1952	7	4	Appennino forlivese						
1956	5	26	Appennino forlivese	76	7	43.939	11.897	7	4.98
1956	5	29	Appennino forlivese						
1956	6	3	Appennino forlivese	62	7	44.003	11.876	6	4.56
1957	4	17	Appennino forlivese	14	6	43.937	11.942	6	4.72
1957	4	17	Appennino forlivese						
1957	4	30	Alta Valtiberina	57	6	43.733	12.013	5	4.23
1959	3	11	Appennino forlivese	11	5	43.959	12.064	5	4.31
1959	3	24	Fiorentino	28	7	43.698	11.297	7	4.85
1960	4	30	Appennino forlivese	16	5	44.02	11.852	5	4.28
1965	8	4	Alta Valtiberina	44	6	43.695	12.112	5	4.4
1969	8	9	App. toско-romagnolo	33	5	43.76	11.962	5	4.24
1970	2	9	Appennino forlivese	30	5-6	44.002	11.901	5-6	4.45
1985	11	24	Appennino forlivese	29	5-6	43.92	12.053	5-6	4.48
1990	5	8	Alta Valtiberina	1	5-6	43.57	12.141	5-6	4.4
1991	1	14	Casentino	62	5-6	43.802	11.894	5	4.32
1999	1	25	Appennino forlivese	97	5	43.965	11.994	5	4.27
2001	11	26	Casentino	211	6	43.627	11.991	5-6	4.55
2002	2	21	Casentino	43	5	43.76	12.033	5	4.16
2003	1	26	Appennino forlivese	35	6-7	43.952	12.018	6	4.72
2003	1	26	Appennino forlivese						
2003	1	26	Appennino forlivese	63	5-6	43.928	11.992	5-6	4.47
2003	1	29	Appennino forlivese	71	4-5	43.932	11.947	4-5	4.09
2006	4	16	Appennino forlivese						
2011	5	24	Appennino forlivese						
2011	7	12	Appennino forlivese						

Year	Mo	Da	EpicentralArea	MdpN	Imax	LatM	LonM	Io	MwM
2011	7	12	Appennino forlivese						
2013	7	11	Appennino forlivese						
2018	3	5	Appennino forlivese						

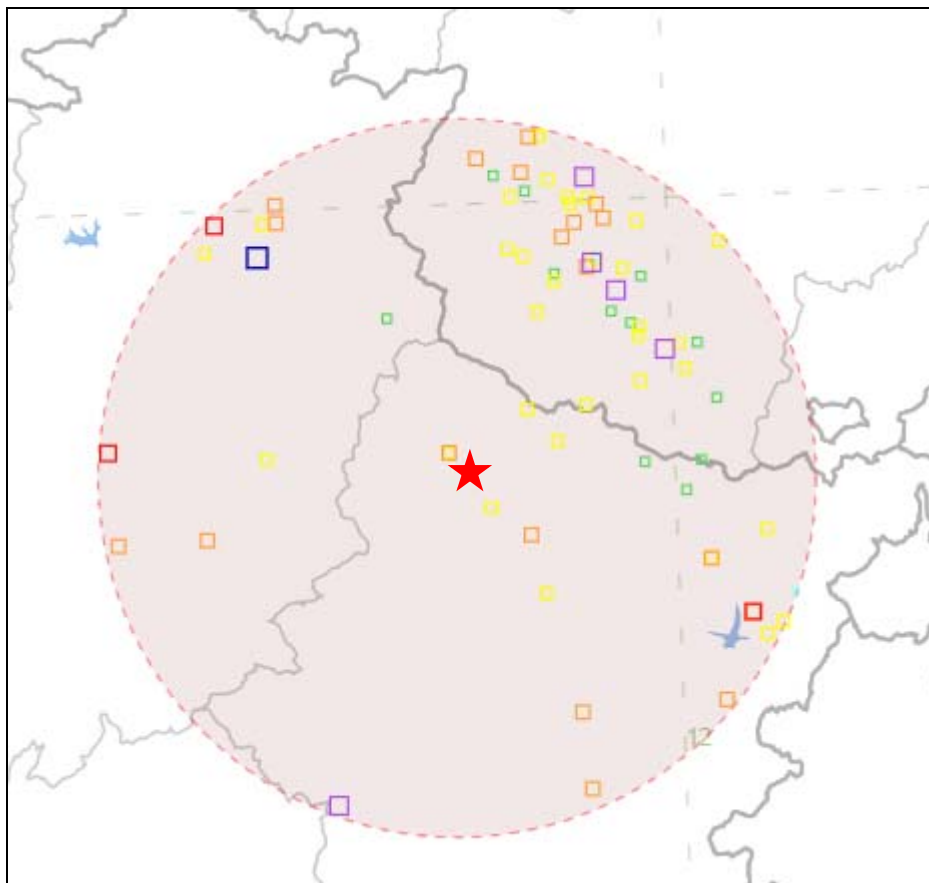


Figura 4.4 - Ubicazione dell'epicentro dei terremoti entro un raggio di 35 km da Castel San Niccolò (catalogo ASMI)

Il territorio del Comune di Castel San Niccolò è compreso all'interno della zona 916 come definita all'interno della "Zonazione Sismogenetica ZS9" (Meletti C., Valensise G., 2004 - Figura 4.5); tale zona, assieme alla 920 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 916 è distinta dalla zona 920 per la minor frequenza di questi eventi (Meletti C., Valensise G., 2004). Mentre le adiacenti zone a est della 916 (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.

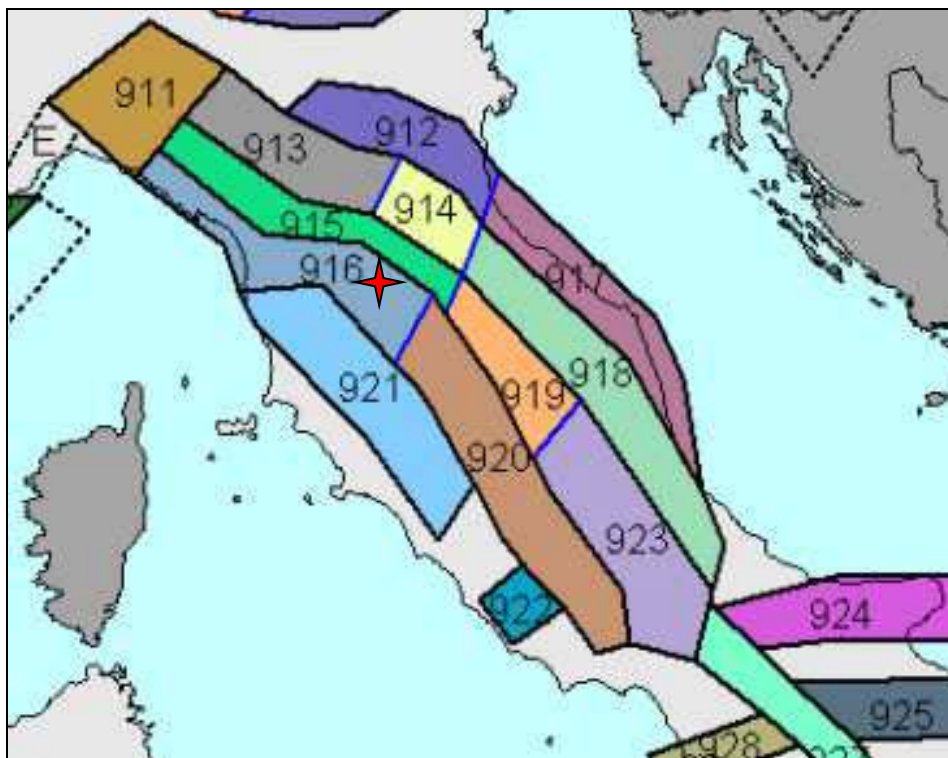


Figura 4.5 Zonazione sismogenetica ZS9

Nella tabella seguente vengono riassunte le principali caratteristiche della zona 916:

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)
916	140	83	16	4.6	5-8	6 *

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La cartografia geologica e geomorfologica è visibile nelle relative carte di Piano Strutturale Intercomunale del Casentino.

I territori oggetto del presente studio, in cui affiorano unità litostratigrafiche appartenenti a terreni di età compresa tra il Cretaceo inf. e l'Olocene, da un punto di vista morfologico è suddiviso in due zone distinte, generatesi in conseguenza della natura litologica delle formazioni geologiche presenti:

- l'area collinare e montana,
- le aree di fondovalle.

L'area collinare e montana coperta talvolta da coltre detritica, è costituita dai depositi torbiditici arenacei e marnosi costituenti l'Unità Cervarola-Falterona, appartenente al Dominio Toscano e da torbiditi calcareo-marnose appartenenti al Dominio Ligure Esterno e al dominio sub ligure. In seguito al regime compressivo che ha interessato la catena appenninica durante il Paleogene, le formazioni appartenenti al dominio ligure esterno risultano stratigraficamente sovrapposte al Dominio Toscano.

Le aree di fondovalle sono costituite dai depositi alluvionali terrazzati e recenti, direttamente sovrastanti il substrato preneogenico.

Relativamente alle forme e processi geomorfologici, presenti nelle aree interessate dal presente studio, si rimanda alla legenda inserita nella carta geomorfologica allegata al PSI del Casentino.

Tettonicamente, l'area è caratterizzata da una fase in regime compressivo-plicativo che si svolge con il meccanismo delle falde sovrapposte fino al Miocene medio-superiore, a cui segue una fase distensiva che scompone l'edificio delle falde e caratterizza un periodo di sedimentazione fino al Quaternario.

La genesi del bacino fluvio-lacustre del Casentino si può considerare di origine tettonica in relazione ad una fase distensiva pliocenica alla quale sono associate principalmente le faglie normali con sistema generale a gradinata ed un graduale abbassamento relativo verso SO (subsidenza), che ha portato, nella zona adiacente, all'apertura del bacino intramontano del Valdarno Superiore.

In seguito nel Pleistocene riprenderanno i movimenti di sollevamento del bacino, legati ad un modello tipo Horst e Graben.

Nel territorio oggetto del presente studio la tettonica prevalente è quella tipica di una catena a thrust, con fronti di accavallamento che si sono spostati dall'interno verso l'esterno, anche se le faglie normali presenti sono numerose e per lo più raggruppabili in due sistemi, aventi rispettivamente direzione NE-SO e NO-SE.

Di seguito si riporta la descrizione delle unità stratigrafiche presenti, riprendendo la legenda utilizzata per la realizzazione della cartografia geologica e geomorfologica relativamente alle aree del Casentino, inserita negli indirizzi e istruzioni tecniche del Programma V.E.L. (Valutazione Effetti Locali, Servizio sismico Regione Toscana).

DEPOSITI PLIO-QUATERNARI

- Depositi eluvio-colluviali (b8)

Depositi costituiti da elementi eterometrici a granulometria minore del detrito di versante, in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti dall'alterazione del substrato ed accumulati in posto o dopo breve trasporto per ruscellamento e per gravità. (Pleistocene Medio finale-Olocene)

- Depositi alluvionali (bn)

Depositi di piana alluvionale: ciottolami in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati. Questi depositi sono numerati a partire dal terrazzo morfologicamente più alto fino alla pianura alluvionale recente. Quest'ultima può essere localmente soggetta a fenomeni di esondazione. (Pleistocene Medio-Olocene)

- Depositi di conoide alluvionale (m)

Ciottolami eterometrici e poligenici in matrice limoso-sabbiosa con tessitura da clasto a matrice sostenuta, e subordinatamente ghiaie, sabbie e limi. (Pleistocene Inferiore?-Olocene)

- Detrito di versante (dt) e coltri di frana (cf)

Sono costituite da elementi eterometrici prevalentemente grossolani, dispersi in matrice sabbiosa e sabbioso limosa e si trovano accumulati per gravità lungo i versanti o ai piedi di scarpate. Nella prima categoria si inseriscono tutte quelle masse detritiche che presentano caratteristiche di caoticità e disarticolazione, ancora ben riconoscibili sul terreno e dove gli accumuli dovuti a frane recenti interessano aree sulle quali è possibile una ripresa del movimento

per la presenza di materiali sciolti, per l'assenza della vegetazione e per la sovente presenza di pendenze elevate. Nella seconda sono inseriti gli accumuli che non derivano da movimenti franosi a grande scala, come per esempio gli accumuli di versante, presenti in zone dove le pendenze e la litologia affiorante danno luogo a locali crolli. Tale gruppo è rappresentato anche dai detriti superficiali, accumulati alla base delle pendici per effetto del ruscellamento diffuso, favorito dal denudamento, in genere dovuto ad attività antropica (pratiche agricole o aree recentemente disboscate).

DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILLAFRANCHIANI

- Conglomerati e ciottolami poligenici (VILa)

Ciottoli polimodali a tessitura prevalentemente clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa e subordinate sabbie medio-grossolane, talora a laminazione piana o inclinata. (Rusciniano-Villafranchiano)

DOMINIO SUBLIGURE

UNITA' DI CANETOLO

- Argille e Calcari di Canetolo (ACC)

Argilliti grigio-nere e variegata, fissili, argille marnose verdi, bruno-rossastre e grigio scuro o nerastre, in strati da medi a molto spessi, con intercalazioni ed alternanze di calcilutiti color avana in strati medio-sottili, di calcareniti fini e finissime grigio scure, di marne calcaree biancastre e grigie, di calcari marnosi scheggiosi e fratturati grigi o verdi con spalmature di ossido di manganese in strati spessi e molto spessi e di calcari torbiditici grigio-biancastri, di areniti, spesso bioclastiche, e siltiti in strati gradati e laminati medio-sottili. Sono riferibili ad una sedimentazione emipelagica, intervallata da torbiditi intrabacinali e terrigene. (Paleocene - Eocene).

- Argille e Calcari di Canetolo: Litofacies calcareo-argillitica (ACCa - CBC)

Si tratta di un'alternanza di strati arenitici, strati calcarei, calcarenitici, e livelli marnoso-argillitici color grigio, nocciola e verdastri. Gli strati arenitici sono da molto spessi a banchi ed hanno generalmente una granulometria grossolana alla base, talora microconglomeratica negli strati più spessi, e tetto marnoso-siltoso. Gli strati calcarei si presentano a grana fine e finissima, frattura concoide, di colore grigio chiaro, nocciola o biancastri all'alterazione; talora sono presenti liste di selce. Si rinvencono in eteropia latero verticale alle Argille e Calcari di Canetolo. (Paleocene - Eocene).

DOMINIO TOSCANO

UNITA' DI M. CERVAROLA

- Arenarie del Monte Falterona (FAL)

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 (litofacies marnosa-ma) talora associati ad olistostromi (ol) 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). Le Arenarie del Monte Falterona, in base al rapporto Arenaria/Pelite, vengono suddivise nei seguenti membri:

- Membro di Montalto (FAL3)

Arenarie, marne, argilliti e siltiti con $1/4 < A/P < 2$. Stratificazione da molto sottile a molto spessa, talora in banchi. Si alternano pacchi decametrici di strati sottili con peliti prevalenti a banchi o strati molto spessi ravvicinati. Sono presenti, specialmente verso la base, numerosi livelli calcarenitici, in strati da medi a molto spessi. Nella parte alta del membro prevalenti peliti con rari banchi. La potenza massima è di almeno 800 metri. Contatto inferiore su FAL2. (Chattiano-Aquitano).

- Membro di Camaldoli (FAL2)

Arenarie grigio chiare e grigio verdi in strati dello spessore di 0.5-2 metri e peliti subordinate. $2 < A/P < 10$, le arenarie sono sempre molto grossolane e con quasi totale assenza di componenti carbonatici (né clasti, né cemento), si presentano in pacchi di 7-10 strati di arenaria con assenza di pelite, alternati a livelli dello spessore di un paio di metri di siltiti e argilliti scure con poche marne. Sono presenti livelli calcarenitici in strati da medi a spessi. La potenza è stimabile intorno ai 600 metri. Contatto inferiore su FAL1. (Chattiano).

6. CARTA DELLE INDAGINI

La "Carta delle Indagini" restituita in scala 1:5.000 e suddivisa sempre nei due quadranti A e B, riporta l'ubicazione dei dati esistenti e reperiti sul territorio comprendenti:

- dati di base allegati al PS vigente del Comune di Castel San Niccolò (AR);
- dati derivanti dalla campagna di indagine geofisica condotta per lo studio di MS1;
- Regione Toscana (Servizio DIFESA SUOLO E PROTEZIONE CIVILE), per i dati relativi ai pozzi superficiali e profondi;
- Banca dati del Servizio Geologico d'Italia - ISPRA;
- Banca dati del sottosuolo del LAMMA Rete Toscana;
- Banca dati del SIRA - Servizio Informativo Regionale Ambientale della Toscana;

L'insieme dei dati raccolti per lo studio di MS1, ha permesso di disporre di un totale di 340 dati puntuali e di 88 dati lineari, suddivisi e rappresentati, in forma simbolica e per tipologia, secondo la legenda prevista negli standard regionali per l'informatizzazione degli studi di MS con riferimento agli Indirizzi e Criteri di Microzonazione sismica (ICMS) a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile e catalogati e archiviati mediante software QGis. Di seguito si riporta la tabella riassuntiva:

INDAGINE	C.S.Nicc.	
<i>CPT</i>	5	CPT – Prove penetrometriche statiche con punta meccanica
<i>DH</i>	*	DH – Down Hole
<i>DL</i>	*	DL – Prova penetrometrica dinamica leggera
<i>DP</i>	3	DP – Prova penetrometrica dinamica pesante
<i>DS</i>	68	DS – Prova penetrometrica dinamica super pesante
<i>ERT</i>	1	ERT – Tomografia elettrica
<i>HVSR</i>	203	HVSR – Microtremore a stazione singola
<i>MASW</i>	26	MASW – Prospezione sismica MASW
<i>PA</i>	*	PA – Pozzo per acqua
<i>S</i>	4	S – Sondaggio a carotaggio continuo
<i>SD</i>	1	SD – Sondaggio a distruzione di nucleo
<i>SDS</i>	18	SDS – Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato
<i>SR</i>	62	SR – Profilo sismico a rifrazione onde p e/o s
<i>SS</i>	5	SS – Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
<i>T</i>	32	T – Trincea o pozzetto esplorativo
TOTALE	428	

Oltre ai dati delle indagini sopra citati, si è ritenuto opportuno, al fine di ottenere un più completo quadro conoscitivo delle aree, recuperare con il supporto del Servizio Sismico della Regione Toscana, ulteriori indagini dalla banca dati regionale “Portos 2.0” ed infine effettuare le seguenti ulteriori indagini, concordate con il Servizio Sismico stesso:

- n.2 stese sismiche a rifrazione in onde P ed SH della lunghezza di 96m (interasse 4m) da realizzarsi nelle aree di Strada in Casentino;
- n.2 prove MASW da realizzarsi nelle aree di Rifiglio.

Le indagini sismiche sono state eseguite e certificate dallo studio Galileo Geofisica di Arezzo.

La raccolta dei dati relativi alle indagini effettuate sul territorio e le informazioni ottenute dalle nuove indagini eseguite, ha consentito di ottenere un adeguato quadro di dettaglio necessario alla stesura dell’aggiornamento della carta MOPS.

L’ubicazione delle nuove indagini sismiche è stata stabilita di concerto con la struttura regionale competente, in ottemperanza alle specifiche di cui al paragrafo 1.B.1.2 delle istruzioni tecniche del Programma VEL, perimetrare secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS.

Le planimetrie con la corretta ubicazione, le foto e i grafici dei risultati, redatti sulla base degli standard previsti, sono riportati in allegato nella Relazione Tecnica sulle Indagini.

In relazione all’elevato numero in alcune aree di studio è stato deciso di integrare i due quadranti A e B con ulteriori n°2 tavole con quadri di dettaglio in scala 1:1.000/2.000.

Nello specifico i quadri di dettaglio n°1 e 2 sono riferiti al quadrante A (zona di Strada in Casentino e Borgo alla Collina); mentre i quadri di dettaglio n°3, 4 e 5 sono riferiti al quadrante B (rispettivamente Caiano, Battifolle e Cetica).

7. CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

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

Per una dettagliata trattazione e valutazione della procedura di acquisizione ed elaborazione e quindi della qualità del dato, si rimanda alla Relazione Tecnica sulle indagini.

La rappresentazione grafica scelta è quella dei cerchi con colore variabile secondo la frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza H_0 , in accordo con la legenda restituita in Appendice 3 dell'Allegato A delle “specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica e prescrizioni per le analisi della Condizione Limite per l'Emergenza” (aggiornamento del 08/09/2021) e visibile nella seguente tabella (Figura 7.1).

f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

Figura 7.1 legenda per la rappresentazione di f_0 ed A_0

8. CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La carta geologico tecnica sintetizza le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate dalle carte ed elaborati descritti nei precedenti capitoli e consente la ricostruzione del modello del sottosuolo determinante per la realizzazione della carta MOPS.

Nella carta geologico-tecnica vengono rappresentate le informazioni riguardanti i litotipi affioranti, distinti tra terreni di copertura e substrato geologico; lo spessore minimo delle coperture rappresentate è di 3 metri. Nell'area di studio sono presenti gli elementi di seguito elencati:

Terreni di copertura



Terreni contenenti resti di attività antropica



Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo



Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla



Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose



Sabbie limose, miscela di sabbia e limo

Ambienti genetico-deposizionali

Ambiente di versante

ec : eluvi/colluvi

fd : falda detritica

Ambiente fluvio-lacustre

in : bacino (piana) intramontano

ca : conoide alluvionale

fl : deposito fluviale lacustre

Substrato geologico



Lapideo, stratificato



Alternanza di litotipi, stratificato



Substrato geologico molto fratturato o alterato

Sono riportate inoltre le forme di superficie che nel presente studio sono rappresentate da aree di instabilità di versante.

Instabilità di versante



scorrimento ; attiva



non definita ; attiva



scorrimento ; quiescente



non definita ; quiescente



scorrimento ; inattiva

Vengono infine rappresentati i seguenti elementi geologici ed idrogeologici:

- Forme di superficie e sepolte (orli di scarpata, orli di terrazzo e conoidi alluvionali)
- 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).

Nella Carta Geologico-tecnica sono state riportate le tracce di n°13 sezioni geologico-tecniche rappresentative di tutti i centri urbani studiati per una corretta definizione del modello geologico-tecnico. Le unità geologico-tecniche individuate, sia sulla carta, che sulle sezioni geologico-tecniche, rappresentano gli elementi stratigrafici caratterizzanti le varie microzone omogenee.

9. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Il principale elaborato prodotto nel Livello 1 è la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), ove sono state rappresentate le microzone omogenee, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all’acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di alcune tipologie di dati geofisici.

Tali zone sono differenziabili in base alle differenti tipologie di effetti prodotti dall’azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.).

Di particolare importanza a questo scopo è risultata la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell’area, l’individuazione dei litotipi costituenti il substrato rigido (ovvero dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti) accompagnata da una stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna (del tipo: “qualche metro”, “una decina di metri”, “alcune decine di metri”) e da una stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso.

Il presente studio ha modificato la carta delle MOPS del Livello 1, in relazione soprattutto alle frane, in quanto sono state recentemente aggiornate con apposito decreto del Segretario Generale A.d.B. Distrettuale Appennino Settentrionale (n°133 del 09-12-2022).

La numerazione delle microzone riprende lo studio di MS1 dell’Unione dei Comuni Montani del Casentino che comprendeva, oltre al Comune di Castel San Niccolò, anche i comuni di Castel Focognano, Montemignaio, Ortignano-Raggiolo e Talla. Tale studio suddivideva l’intera area in 30 microzone differenziate in base alla tipologia, allo spessore e al grado di addensamento delle coperture, in rapporto alla presenza di un bedrock sismico e sulla base dell’ampiezza di un eventuale contrasto di impedenza sismica.

9.1. DESCRIZIONE DELLE ZONE MICROSISMICHE PRESENTI NELLA CARTA MOPS

All'interno del territorio studiato del Comune di Castel San Niccolò sono state inserite n. 21 microzone, suddivise in n°1 stabile e n°20 stabili suscettibili di amplificazioni locali.

Nella seguente legenda vengono riportate le informazioni sul substrato geologico e sui sedimenti di copertura:

FORMAZIONI DI RIFERIMENTO

DOMINIO LIGURE ESTERNO–Unità Tettonica di Canetolo

- ACCa–CBC: Argille e Calcari di Canetolo: Litofacies calcareo–argillitica:
alternanza di strati arenitici, strati calcarei, calcarenitici e livelli marnoso–argillitici
- ACC: Argille e Calcari di Canetolo:
argilliti in strati medio spessi con intercalazioni di calcilutiti

DOMINIO TOSCANO–Unità Tettonica Cervarola–Falterona

- FAL3: Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto:
arenarie, marne, argilliti e siltiti
- FAL2: Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli:
arenarie grigio chiare

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



lapideo stratificato ($V_s > 800 \text{ m/s}$) "ACCa–CBC, FAL3, FAL2"



lapideo stratificato fratturato/alterato

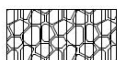


alternanza di litotipi ($V_s < 800 \text{ m/s}$) "ACC"

SEDIMENTI DI COPERTURA



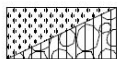
Terreni contenenti resti di attività antropica (RI)



Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM)
(falda detritica e conoide alluvionale)



Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (SM)



Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose (SW)/
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM).

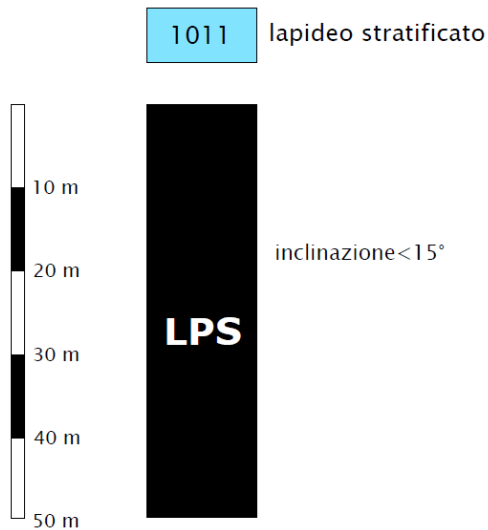


Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (GC)

Di seguito vengono descritte le microzone presenti, come riportate nella tavola Colonne MOPS.

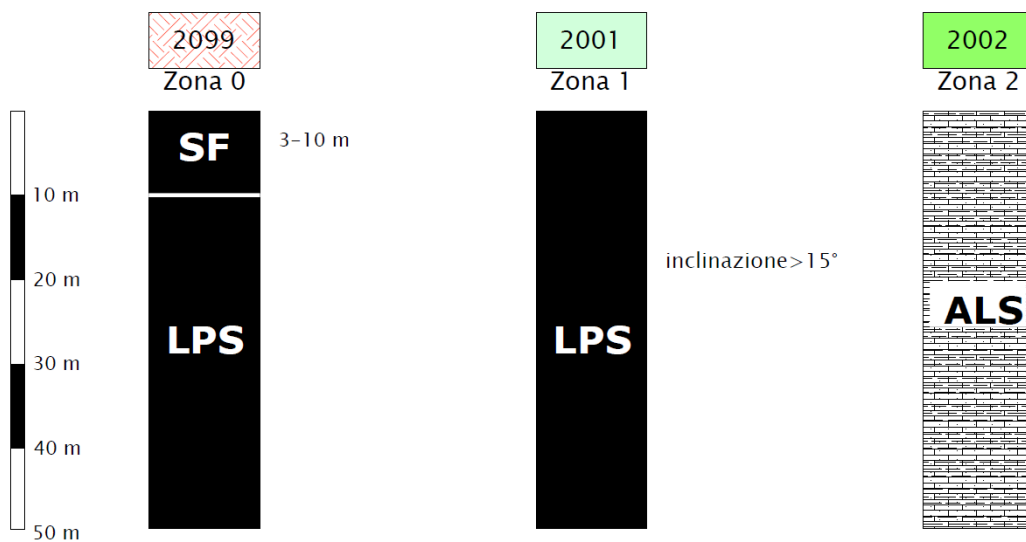
ZONE STABILI

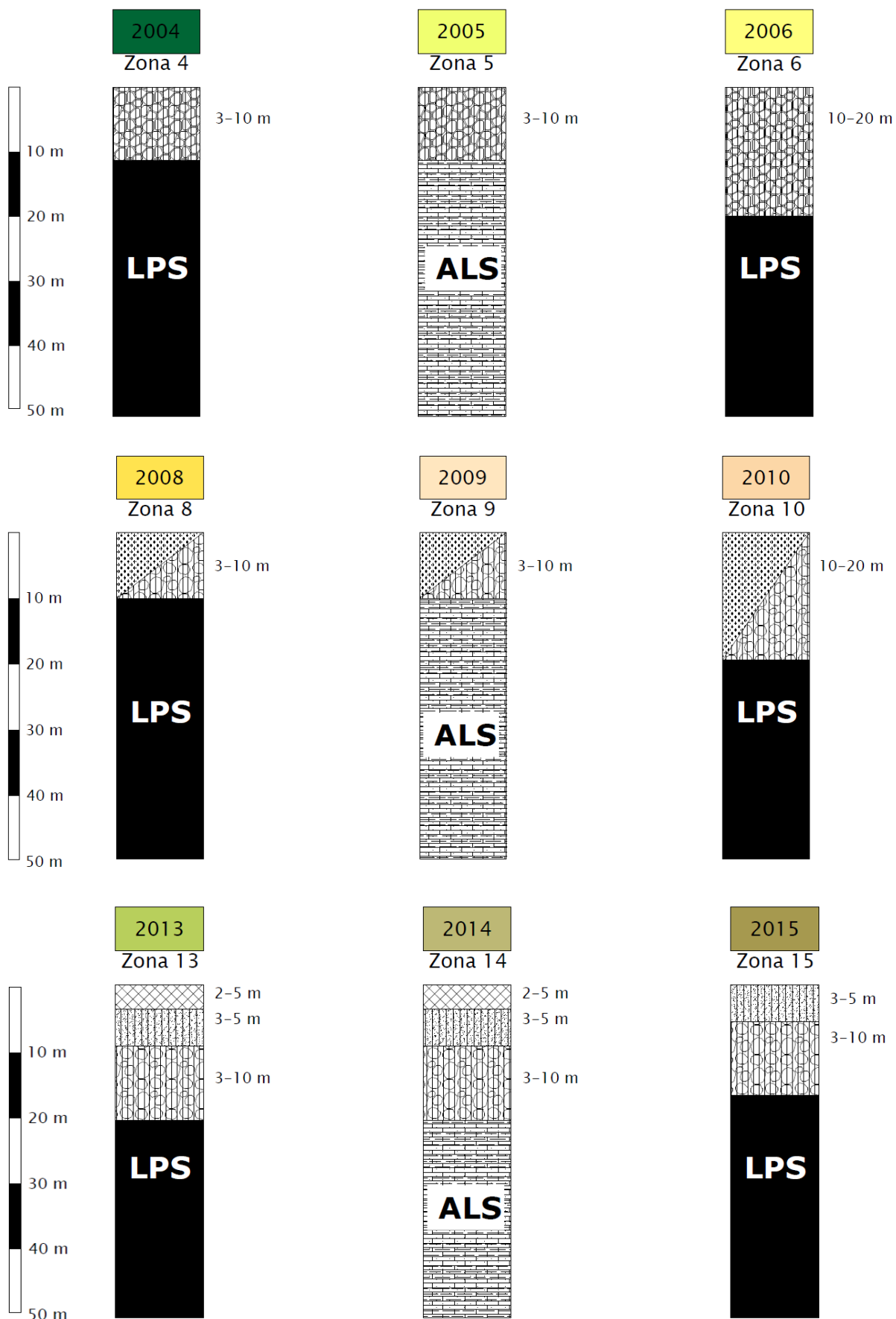
Le zone stabili sono presenti in piccole porzioni di territorio e nello specifico in corrispondenza del substrato lapideo stratificato affiorante con $V_s > 800$ m/s, in aree con inclinazione $< 15^\circ$.

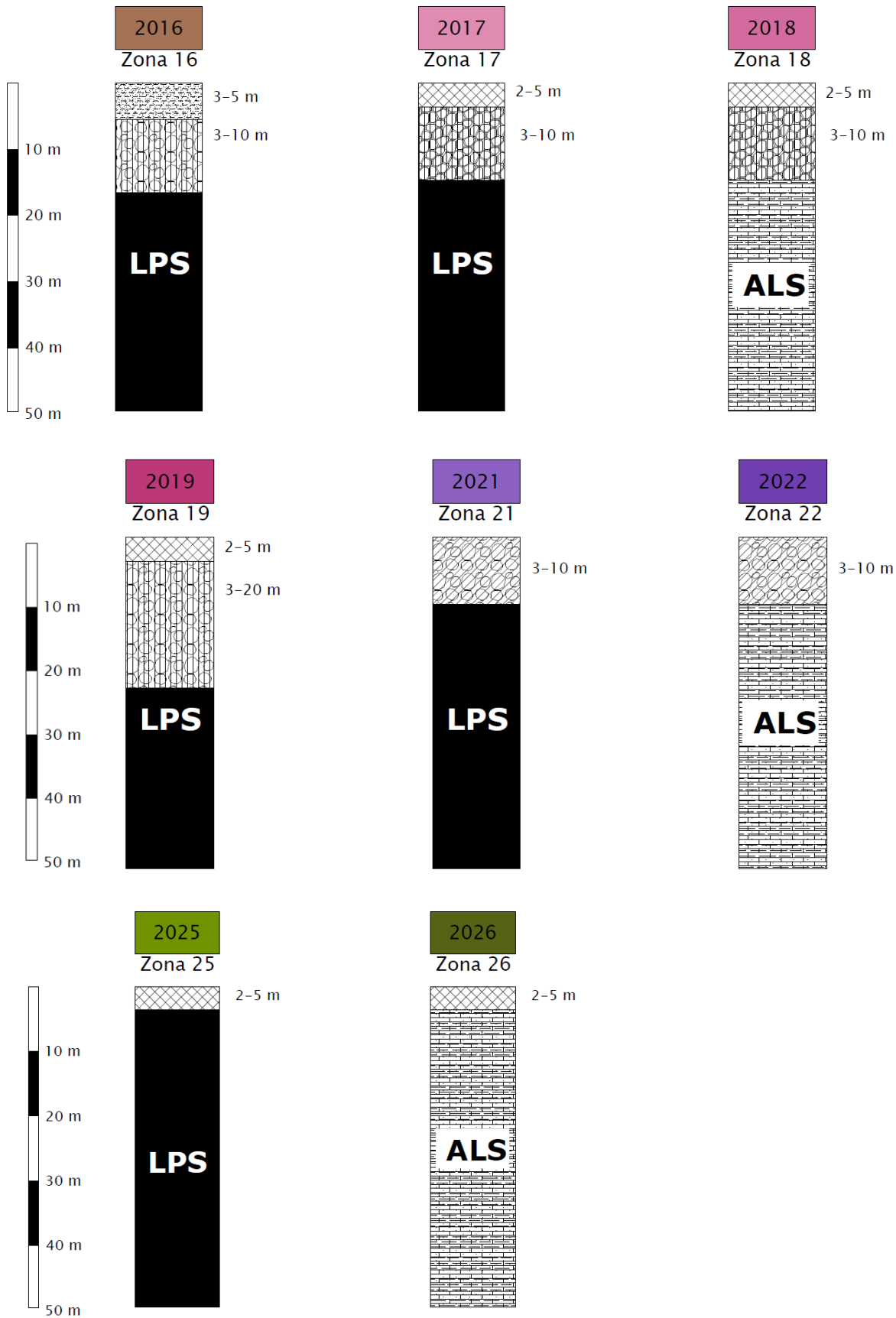


Le restanti aree sono interamente suddivise tra zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e zone suscettibili di instabilità.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI







ZONE SUCETTIBILI DI INSTABILITA'

All'interno dell'area di studio è stata discriminata la presenza di zone di attenzione per instabilità: in particolare sono state mappate zone suscettibili di instabilità di versante attiva, quiescente e inattiva.

10. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

I dati acquisiti con il rilevamento geologico e con le indagini geofisiche e geotecniche in sito e di laboratorio vengono raccolti ed organizzati in una **banca dati geografica (Geographic Information System, "GIS")**. La banca dati si sviluppa secondo due filoni strettamente dipendenti:

1. la banca dati geografica delle cartografia, geologica, geomorfologica e litotecnica ;
2. la banca dati delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche.

La banca dati geotecnica e geofisica è stata organizzata in un DBMS unico per le due tipologie di indagini: quelle riconducibili in un piano ad elementi puntuali (sondaggi geotecnici, prove down-hole, prove penetrometriche) ed ad elementi lineari (sismica a rifrazione).

La banca dati è stata strutturata in modo da permettere l'estrazione e l'utilizzo delle informazioni inserite per l'analisi integrative attraverso sistemi GIS. Per ogni punto di indagine vengono inserite le coordinate geografiche (sistema WGS84-UTM33N), legando le informazioni descrittive a forme geometriche georeferenziate attraverso specifiche operazioni di conversione.

La banca dati completa di tutte le indagini (sia pregresse che di nuova acquisizione), le cartografie tematiche prodotte, i layout predisposti e le basi dati sono archiviate secondo una struttura di archiviazione dei file in cartelle in maniera standard seguendo lo schema di Tabella 10.1.

Dall'insieme dei dati immagazzinati sono stati redatti ulteriori elaborati per la definizione della risposta sismica locale quali la cartografia delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica a partire dagli elaborati di base (MOPS), la Carta delle Frequenze fondamentali dei depositi, la Cartografia geologico-tecnica per la Microzonazione Sismica e la Carta delle indagini. Tali cartografie sono state informatizzate seguendo le indicazioni, i criteri, le legende tipo e le colorazioni previste dagli *“Standard di rappresentazione e archiviazione informatica”* (versione 4.2 – Dicembre 2020).

Nome cartella	Descrizione sintetica dei contenuti
<i>Nomecomune_S40</i>	Cartella principale contenente tutte le cartelle funzionali alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza. Questa cartella deve essere rinominata con il nome del Comune per il quale si sta eseguendo lo studio.
BasiDati	Nella cartella BasiDati andranno inserite le carte di base utilizzate (es. CTR) in formato <i>raster</i> o vettoriale georeferenziate in WGS84UTM33N. Eventuali ulteriori cartografie di riferimento richieste dalle singole Regioni potranno essere inserite qui.
CLE	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> Gli <i>shapefile</i> per l'analisi della CLE o il <i>geodatabase</i>: <ul style="list-style-type: none"> CL_AC CL_AE CL_AS CL_ES CL_US Il <i>database</i> CLE_db.mdb che contiene le tabelle relative alle schede: <ul style="list-style-type: none"> scheda_ES scheda_AE scheda_AC scheda_AS scheda_US
GeoTec	Cartella contenente gli <i>shapefile</i> o il <i>geodatabase</i> riferiti ad elementi geologici e idrogeologici: <ul style="list-style-type: none"> Epuntuali Elineari Forme Geoidr Geotec <p>Cartella nella quale inserire il <i>raster</i> georeferenziato della Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica prodotta e il file "Legenda".</p>
Indagini	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> gli <i>shapefile</i> delle indagini o il <i>geodatabase</i>: <ul style="list-style-type: none"> Ind_pu Ind_In il <i>database</i> "CdI_tabelle" con le tabelle per l'archiviazione delle indagini. Se si utilizza SoftMS esportare il file con il comando "Esporta Comune". la cartella "Documenti" per inserire i documenti pdf delle Indagini_puntuali e delle Indagini_lineari
MS1	Contiene i seguenti <i>shapefile</i> o il <i>geodatabase</i> : <ul style="list-style-type: none"> Isosub Instab Stab
MS23	Identico contenuto della cartella MS1. Contiene anche la cartella "Spettri" nella quale inserire gli spettri in formato .txt
Plot	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> la cartella "MS" nella quale inserire i file di stampa delle carte realizzate e la Relazione Illustrativa la cartella "CLE" nella quale inserire la Carta degli Elementi dell'analisi della CLE, con i relativi stralci e la Relazione Illustrativa
Progetti	Cartella per eventuali progetti (per esempio .mxd realizzati in EsriArcGis®).
Vestiture	Cartella per le vestiture realizzate (librerie e simboli). Sono inoltre presenti i loghi della Conferenza delle regioni e delle Province Autonome e del Dipartimento della Protezione Civile, per il <i>layout</i> delle carte

Tabella 10.1: Modalità di archiviazione dei file nelle cartelle all'interno della Banca Dati

11. ELABORAZIONI DELLO STUDIO DI MS2

Sulla base di tutti i dati a disposizione si è potuto procedere alla quantificazione numerica degli effetti sismici evidenziati nell'analisi di livello 1 al fine della redazione della carta di microzonazione sismica di livello 2, dei seguenti centri urbani:

1. Caiano;
2. Garliano;
3. Cetica;
4. Battifolle;
5. Borgo alla Collina;
6. Pagliericcio;
7. Sala;
8. Spalanni.

11.1. QUANTIFICAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Per la valutazione quantitativa di tali effetti sul segnale sismico ci si è riferiti all'applicazione degli abachi per amplificazioni litostratigrafiche contenuti negli *“Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica”* per quanto riguarda la zona 2001 e agli abachi messi a disposizione dal Servizio Sismico della Regione Toscana per le restanti zone.

Sulla base delle indicazioni fornite dalle linee guida i dati di ingresso per l'utilizzo delle tabelle degli abachi degli ICMS sono stati:

- la macrozona di pericolosità sismica del sito da cui il valore medio approssimato di a_g per un tempo di ritorno di 475 anni;
- la litologia prevalente nelle zone di approfondimento d'indagine, ricavata dai dati stratigrafici e dai modelli geo-litologici adottati;
- lo spessore dei terreni di copertura. In questo caso sempre $< 30\text{m}$ (abachi Regione Toscana);
- la V_{sh} media dei terreni di copertura, ovvero il valore della velocità media delle onde S fino all'interfaccia con il substrato sismico ($V_s > 800\text{ m/s}$).

Sono quindi state effettuate le determinazioni dei valori del fattore di amplificazione per le aree oggetto di MZS di livello 2 nei siti d'indagine, con i risultati di seguito riportati, sintetizzati nelle Carte di Microzonazione Sismica di Livello 2 (quadranti A e B), in scala 1:5.000.

Il primo valore del fattore di amplificazione (FA) riportato si riferisce al periodo 0.1-0.5 s, il secondo valore al periodo 0.4-0.8 s ed infine il terzo al periodo 0.7-1.1 s.

ZONA 2001

$$FA = 1,2 \div 1,2 \div 1,2$$

E' caratterizzata da substrato lapideo stratificato avente velocità media delle onde di taglio $S > 800$ m/s affiorante su superfici topografiche con inclinazione $> 15^\circ$, sono comprese le coltri di alterazione con spessore fino a 3 metri.

Per la determinazione dei valori dei fattori di amplificazione attesi in questa Zona ci si è attenuti agli abachi di riferimento per gli effetti topografici proposti negli ICMS parte III.

Tabella 3.3-2 – Abaco per scarpate rocciose.

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di F	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$	1.1	$A = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$	1.2	$A = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A = \frac{3}{4} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

In particolare per la determinazione del fattore FA è stata considerata la classe altimetrica tra 20 e 40 m.

Il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli amplificativi è il fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudo-accelerazione, misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione in output (PSAout) e l'omologo integrale dello spettro di accelerazione in input (PSAin), calcolato sui 3 intervalli di periodi indicati nei vigenti Standard Nazionali: In analogia a quanto richiesto dagli Standard Nazionali, gli intervalli di integrazione sono relativi a tre range di periodi:

FA01-05 (ritenuto, a meno di particolari caratteristiche dell'area di studio, il fattore principalmente diagnostico per la determinazione dell'amplificazione locale), FA04-08 ed FA07-11, in grado di fornire indicazioni sull'amplificazione per periodi più elevati.

I parametri geologici s.l. d'ingresso, per poter estrapolare il valore del fattore di amplificazione, sono due:

1. Il periodo fondamentale di vibrazione del sito (T_0) o la corrispondente frequenza fondamentale (f_0);

2. Il valore della velocità media delle Onde S fino al basamento sismico (V_{SH}) caratterizzato da $V_S > 800$ m/sec.

Per l'attribuzione dei valori dei fattori di amplificazione alle microzone in cui è suddiviso il territorio studiato del Comune di Castel San Niccolò, sono stati utilizzati gli abachi riferiti alla macroarea “Toscana Appenninica” con valore di $a_g \geq 0.15g$ ($T_R = 475$ anni) con substrato sismico $\leq 30m$, di seguito riportati (Figura 11.1):

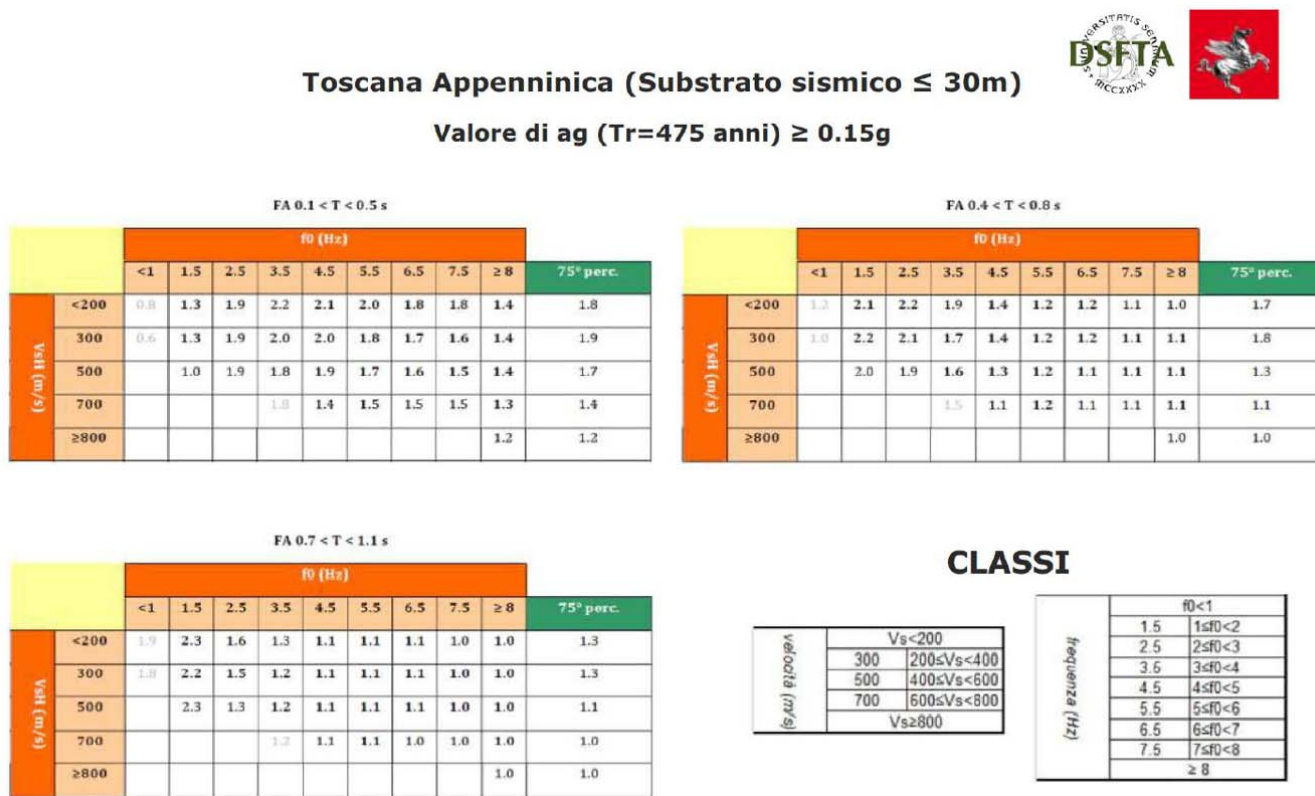


Figura 11.1: abachi regionali utilizzati per la stesura delle carte di MS2

Nelle seguenti tabelle di Figura 11.2 vengono suddivise tutte le microzone, con indicate per ciascuna, la località e le principali indagini geofisiche che hanno permesso di associare le rispettive classi di V_S e f_0 , determinando così i relativi valori di FA per i tre periodi richiesti.

Alle microzone, arealmente poco estese e con mancanza di indagini, sono stati assegnati i valori di V_S e f_0 tipici della microzona geologico-tecnica con simile comportamento sismostratigrafico.

I valori delle V_{SH} dei depositi di copertura del bedrock, risultano poco variabili e fanno rientrare tutte le microzone all'interno delle classi VS300 o VS500 m/s; mentre la variabilità dei valori di f_0 ha suggerito di suddividere alcune microzone in sottozone dotate di simili valori di f_0 e dunque con profondità del bedrock simile.

Per lo studio di MS2 sono state utilizzate, al fine di rafforzare il quadro conoscitivo di ciascuna MZ, anche le indagini sismiche realizzate all'interno dell'area di studio MS3 (centro urbano di Strada e Prato di Strada), in quanto sono costituite da moltissimi HVSR e da indagini VEL, come stendimenti di Sismica a rifrazione e prove Down-Hole.

Zona MOPS	Località	Ind. HVSR	f0	Ind. Lineare	Vsh (m/s)	Bedrock	Classi		FA carta MS2		
							Vs	f0	0,1 - 0,5	0,4 - 0,8	0,7 - 1,1
2001	Battifolle	P338	no picco	-	-	<30	800	>8	1.2	1.0	1.0
		P355	no picco	-	-						
	Poggiolino	P320	no picco	-	-						
		P332	no picco	-	-						
	Poggio Vertelli	P343	no picco	-	-						
		P351	no picco	L84	>800						
	Cortina	P331	14.8	-	-						
	Strada	P384	15.1	L24	>800						
	Rifiglio	P361	12.3	-	-						
		P263	21.2	L26	900						
Le Lastre	P359	no picco	-	-							
Prato di Strada	P254	17.6	L10	>800							
2002	Borgo alla collina	P210	13.8	L69	555	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0
		P211	12.7	-	-						
	Prato di Strada (MS3)	P255	15.7	-	-						
	Fontemarcoli	P224	12.3	-	-						
	Strada (MS3)	P235	10.7	-	-						
	Fontemarcoli	P223	15	L112	≈500						
	Cetica	P312	22	-	-						
		P317	16	-	-						
		P304	9.1	-	-						
		P306	9	-	-						
P309		10.3	-	-							
2004	Garliano	P324	9.8	L76	450	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0
		P323	10.3	-	-						
	Poggiolino	P318	19.3	-	-						
	Battifolle	P348	12.4	-	-						
	Vertelli	P345	18.2	-	-						
	Valgianni	P288	10	-	-						
	San Pancrazio	P296	17.4	-	-						
	Callagnolo-Cetica	P316	8.4	-	-						
	Battifolle	P340	7.3	-	-			7.5	1.5	1.1	1.0
	Cortina	P327	6.8	L75	≈500			6.5	1.6	1.1	1.0
P328		6.97									
30222004	Spalanni	P259	4.8			<30	500	4.5	1.9	1.3	1.2
	Garliano-Cortina	P326	3.03	L75	≈500			3.5	1.8	1.6	1.2
	Spalanni	P258	3.1	L19	526			5.5	1.7	1.2	1.1
	Valgianni	P287	5.7	-	-			>8	1.4	1.1	1.0
	Battifolle	P333	no picco	L9	450						
		P336	no picco	-	-						
		P356	8.6	-	-						
		P357	9.4	-	-						
	Poggio Vertelli	P344	no picco	-	-						
	Cortina	P329	10.3	-	-						
		P330	no picco	-	-						
	Cetica	P304	9.1	-	-						
	Pratalutoli	P300	11.9	L87	460-520						
		P297	8.8								
		P299	no picco	-	-						
	Vertelli	P347	18.3								
	Pagliericcio	P269	18.9								
		P390	11.8								

Zona MOPS	Località	Ind. HVSR	f0	Ind. Lineare	Vsh (m/s)	Bedrock	Classi		FA carta MS2		
							Vs	f0	0,1 - 0,5	0,4 - 0,8	0,7 - 1,1
30252004	Caiano	P274	8.2	-	-	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0
		P276	13.3	L74	≈500						
		P279	no picco	-	-						
		P281	17.8	-	-						
		P282	11.3	-	-						
		P285	8.2	-	-						
	Vertelli	P347	18.3	-	-						
	Cetica	P305	18.7	L52	≈500						
		P309	10.3	L50	≈450						
				L55	400-480						
		P311	10.2	-	-						
		P312	22	L100	≈500						
		P367	12.5	-	-						
2005	Borgo alla Collina	P214	31.8	-	-	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0
30222005	Borgo alla Collina	P212	no picco	L5	≈500	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0
				L110	450-500						
2006	Barbiano	P289	no picco	L90	≈300	<30	300	>8	1.4	1.1	1.0
30222006	Battifolle	P339	5	-	-	<30	500	5.5	1.7	1.2	1.1
		P341	6.9	-	500						
		P349	5.7	-	-						
	Barbiano	P358	6.8	L90	285-330		300	6.5	1.7	1.2	1.1
	Pratalutoli	P301	7.4	-	-		500	6.5	1.6	1.1	1.1
		P302	6.2	-	-						
30252006	Cetica	P366	5.7	-	-	<30	500	6.5	1.6	1.1	1.1
		P315	6.4	L55	400-480						
2008	Rifiglio (MS3)	P265	no picco	L23	350	<30	300	>8	1.4	1.1	1.0
		P261	11.1	L118	380						
	Strada (MS3)			L28	390						
	Prato di strada (MS3)	P244	10.5	-	-						
	Pagliericcio	P266	19.4	-	-						
		P389	18.4	-	-						
2009	Borgo alla Collina	P215	11.8	L98	550	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0
2010	Borgo alla Collina	P218	16.3	L86	500	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0
		P219	8.3	-	-						
		P193	8.9	-	-						
		P194	no picco	L102	417						
		P376	16.2	-	-						
		P197	8	-	-						
2013	Borgo alla Collina	P216	no picco	-	-	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0
2014	Borgo alla Collina	P374	11.5	L98	550	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0
30222014	Pagliericcio	P268	19.4	L95	360	<30	300	>8	1.4	1.1	1.0
2015	Borgo alla Collina	P253	9.4	L85	550	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0
	Strada (MS3)	P238	8.9	-	-						
		P231	9.9	-	-						
	Borgo alla Collina	P377	12.9	-	-						

Zona MOPS	Località	Ind. HVSR	f0	Ind. Lineare	Vsh (m/s)	Bedrock	Classi		FA carta MS2			
							Vs	f0	0,1 - 0,5	0,4 - 0,8	0,7 - 1,1	
2016	Borgo alla Collina	P217	no picco	-	-	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0	
		P375	9	-	-							
30252017	Caiano	P278	17.1	-	-	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0	
		P352	8.2	-	-							
		P273	7.7	L74	≈500			7.5	1.5	1.1	1.0	
	Cetica	P363	4.4	L88	430-535		500	4.5	1.9	1.3	1.1	
2017 = 2004	Borgo alla Collina	-	-	-	-	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0	
2018 = 2005	Borgo alla Collina	-	-	-	-	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0	
2019	Strada (MS3)	P236	6.8	L7	500	<30	500	6.5	1.6	1.1	1.1	
2021	Borgo alla Collina	P373	9.06	-	-	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0	
		P201	9.3	-	-							
		P202	8.8	-	-							
2022	Borgo alla Collina			P104-DH	540	<30	500	6.5	1.6	1.1	1.1	
		P207	6.6	L49	520							
2025	Strada (MS3)	-	-	-	-	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0	
2026 = 2002	Borgo alla Collina	P370	0	L43	500	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0	
2099	Le lastre	P293	no picco	L70	581	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0	
		P292	no picco	-	-							
		P295	no picco	-	-							
	Garliano	P325	no picco	L89	450-540							
	Poggiolino	P319	13.1	-	-							
		P235	10.7	-	-							
	Borgo alla Collina	P372	27.7	L44	700		700		1.3	1.1	1.0	
		P198	10.9	-	-							
		P203	19.6	-	-							
		P204	12.8	-	-							
		P205	18.5	-	-							
		P206	11.6	-	-							
		P207	6.6	P104-DH	540							
		P371	6.8	-	-		500	6.5	1.6	1.1	1.1	
30222099	Battifolle	P337	no picco	-	-	<30	500	>8	1.4	1.1	1.0	
		P334	22	-	-							
	Garliano	P322	no picco	-	-							
	Poggiolino		-	L77	-							
	Battifolle	P342	24.4	L79	≈500							
	Caiano	P275	18.8	-	-							
Pagliericcio		-	L95	360		300	>8	1.4	1.1	1.0		
30252099	Caiano	P277	no picco	L91	245-370	<30	300	>8	1.4	1.1	1.0	
		P283	no picco	-	-							
		P284	no picco	-	-							
		P280	19.4	-	-							
	Cetica	P313	no picco	L8	≈250							
		P314	no picco	-	-							

Figura 11.2: Tabelle riassuntive delle microzone con i relativi fattori amplificativi stratigrafici

Per le ulteriori “Zone soggette ad instabilità di versante”, dove non sono presenti indagini, l'assegnazione dei valori di FA è stata effettuata con criteri sostanzialmente analoghi a quelli utilizzati per le “Zone stabili suscettibili di amplificazione”, fatta salva una maggiorazione pari a 0.2, nell'intervallo FA (0,1 – 0,5 s), del valore caratteristico della microzona sottostante.

11.2. RESTITUZIONE ED ANALISI DEI RISULTATI

Le determinazioni dei valori del Fattore di Amplificazione per le aree oggetto di MZS di livello 2 nei siti d'indagine sono sintetizzati nelle Carte di Microzonazione Sismica (Quadrante A e B), in scala 1:5.000 per il solo intervallo FA (0,1 – 0,5 s), dato ritenuto maggiormente rappresentativo e statisticamente più probabile, in relazione soprattutto alla tipologia di territorio studiato.

Le aree di fondovalle sono interessate dalla presenza di esigui spessori (<20 m) di depositi alluvionali recenti e terrazzati, costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie depositi principalmente dall'Arno e dai suoi affluenti Torrente e Rio Solano. Questi depositi, caratterizzati da valori di V_s mediamente pari a circa 350-450 m/sec, poggiano direttamente sul substrato roccioso che può essere sismico ($V_s > 800$ m/sec) nel caso della F.ne delle Arenarie di M.Falterona (FAL2 o FAL3) oppure dotato di $V_s < 800$ m/sec in corrispondenza della F.ne delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Le numerosissime misure di rumore effettuate nel fondovalle hanno mostrato valori di F_0 molto frequentemente > 8 con picchi di ampiezza limitata $A_0 = 2-3$ (zona industriale Punta d'Arno); queste caratteristiche mostrano dei fattori amplificativi non elevati, con massimo di 1.4 (FA0.1-0.5 sec).

Elevate amplificazioni con picchi significativi si hanno nelle seguenti località:

- Borgo alla Collina (MZ 2099) per la presenza coperture detritiche poggianti direttamente su bedrock, con f_0 mediamente pari a 6.5 Hz;
- Strada e Prato di Strada, in porzioni delle MZ 2004, 2008, 2010 e 2019 tutte dovute alla presenza di coperture alluvionali poggianti direttamente su bedrock sismico, con f_0 mediamente pari a 6.5 Hz e picchi di elevata ampiezza ($A_0 = 5-6$). Queste zone sono state oggetto di studio MS3 con RSL2D, come descritto nella Relazione illustrativa MS3.

Tutti gli altri centri abitati sono posizionati su rilievi collinari impostati direttamente sul substrato roccioso, molte volte fratturato ed alterato nei primi metri con valori tipici di VSH pari a circa 300-500 m/sec. Anche in questo caso le numerose indagini HVSR hanno evidenziato molto spesso un $f_0 > 8$ con picchi di ampiezza limitata $A_0 = 2-3$; confermando dei fattori amplificativi non elevati, con massimo di FA = 1.4 (0.1-0.5 sec).

Le indagini sismiche effettuate sulle zone in frana presenti nelle aree collinari, hanno confermato i medesimi Fattori Amplificativi rinvenuti per la sottostante microzona, caratterizzata soprattutto

dalla presenza di una coltre detritica di limitato spessore (<10m) poggiante direttamente su substrato roccioso. Nelle zone in frana dove non sono presenti indagini geognostiche e geofisiche utili a definire i vari FA; al fine di mettere in evidenza la presenza di una forma geomorfologica è stata fatta una maggiorazione pari a 0.2 del valore caratteristico della microzona sottostante.

In accordo con il contesto geo-stratigrafico descritto, dall'analisi della distribuzione dei valori dei due parametri indice utilizzati per la classificazione è emersa una notevole affinità di comportamento in termini sismici delle diverse microzone esaminate, all'interno delle quali non sono state rilevate differenziazioni significative né particolari discordanze nei valori di VSH e f_0 , i quali hanno evidenziato una distribuzione areale particolarmente omogenea.

Le microzone con estensione areale limitata sono presenti solamente nelle zone caratterizzate da riporto o depositi superficiali di limitato spessore e dunque dotati di caratteristiche sismo-stratigrafiche molto simili alle microzone principali.

12. BIBLIOGRAFIA

- *Commissione tecnica per la microzonazione sismica* MICROZONAZIONE SISMICA STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA Versione 4.2 Roma, dicembre 2020
- *COLLANA A CURA DEL CENTRO MS A CURA DI VITTORIO D'INTINOSANTE E GRUPPO DI LAVORO FIVIZZANO* – Microzonazione sismica di livello 3: il caso del centro abitato di Fivizzano (MS) – 2019
- *NTC (2018)* - Norme Tecniche per le Costruzioni - MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI DECRETO 17 gennaio 2018 . Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» e circolare esplicativa.
- *VITTORIO D'INTINOSANTE* - Ufficio prevenzione sismica, settore sismica - Regione Toscana - Indicazioni sulla valutazione dell'amplificazione sismica in riferimento agli studi di microzonazione sismica di III livello in Regione Toscana.
- *Press. CEDIT (2013)* - Italian Catalogue Of Seismic Ground Failures (<http://www.ceri.uniroma1.it/cn/gis.jsp>).
- *MANTOVANI E., VITI M., BABBUCCI D., CENNI N., TAMBURELLI C., VANNUCCHI A., FALCIANI F., FIANCHISTI G., BAGLIONE M, D'INTINOSANTE V. & FABBRONI P. (2012)* – Potenzialità sismica della Toscana e definizione di criteri di priorità per interventi di prevenzione. Stampa Centro stampa Giunta Regione Toscana;
- *FACCIORUSSO J., MADIAI C., PULITI A., VANNUCCHI G., BAGLIONE M., FABBRONI P. & D'INTINOSANTE V. (2012)* - Seismic microzonation of an urban settlement of central Italy: geological features and selection of a proper amplification factor. Second International Conference on performance-based design in Earthquake Geotechnical Engineering. May 28-30, 2012 - Taormina (Italy).
- *Albarello D. (2012)* - Design earthquake from site-oriented macroseismic hazard estimates. Boll. Geofis. Teor. Appl., Vol. 53, n. 1, pp.7-17, DOI 10.4430/bgta 0035
- *Albarello D., Cesi C., Eulilli V., Guerrini F., Lunedei E., Paolucci E., Pileggi D. & Puzzilli L.M. (2011)* - "The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the april 6, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake" - Boll. Geof. Teor. Appl. 52, 513-538.
- *ROVIDA A., CAMASSI R., GASPERINI P., STUCCHI M. (eds.), (2011)* – *CPTI11, the 2011 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Milano, Bologna (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>).
- *Albarello D., Castellaro S. (2011)* - "Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola" - Suppl. Ingegneria Sismica, Anno XXVIII, n. 2-2011, 32-62.
- *MANTOVANI E., VITI M., BABBUCCI D., CENNI N., TAMBURELLI C., FIANCHISTI G., BAGLIONE M, D'INTINOSANTE V. & FABBRONI P. (2011)* - Quaternary Sismotettonica dell'Appennino settentrionale. Implicazioni per la pericolosità sismica della Toscana. Stampa Centro stampa Giunta Regione Toscana.
- *Mantovani E. et Alii 2011* – Sismotettonica dell'Appennino Settentrionale, implicazioni per la pericolosità sismica della Toscana.
- *Albarello et al., 2010* "The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the April 6, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake".
- *D'Amico V., Albarello D. (2008)* - SASHA: a computer program to assess seismic hazard from intensity data. Seism. Res. Lett., 79, 5, 663-671 European Committee for Standardization (CEN), Brussels.
- *ICMS (2008)* - Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica. Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province autonome; 3 vol. e 1 DVD.
- *KOTTKE ALBERT R. & RATHJE ELLEN M. (2008)* – Technical Manual for Strata - PEER 2008/10

- AA.VV. (2007) – Istruzioni tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana. VOLUME 1B Criteri, metodologie, modalità di presentazione delle indagini e degli elaborati “Programma VEL” e “Programma di valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici pubblici e/o strategici in muratura o in cemento armato (VSM e VSCA)” in Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino, Mugello ed Amiata. Regione Toscana – Direzione Generale Politiche Territoriali ed Ambientali – Servizio Sismico Regionale.
- AA.VV. (2007) – Istruzioni tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana. VOLUME 5 Legende per la realizzazione della cartografia geologica, geomorfologia e litologico-tecnica per le aree del Mugello “Programma VEL” e “Programma di valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici pubblici e/o strategici in muratura o in cemento armato (VSM e VSCA)” in Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino, Mugello ed Amiata. Regione Toscana – Direzione Generale Politiche Territoriali ed Ambientali – Servizio Sismico Regionale.
- INGV (2006) - Mappe di pericolosità sismica (http://esse1-gis.mi.ingv.it/s1_en.php).
- ISIDE–Italian Seismological Instrumental and parametric Data-base (<http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>)
- DELLE DONNE D. (2005) - Tettonica Attiva dell’Appennino Settentrionale nel settore compreso tra l’Appennino Pistoiese e l’alta Val Tiberina, Tesi di dottorato, Università di Firenze.
- Eurocode, EC8 (2003) - Design of structures for earthquake resistance: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects.
- Boncio et al., 2000 Architecture and seismotectonics of a regional low-angle normal fault zone in central Italy. *Tectonics* 19: doi: 10.1029/2000TC900023. issn: 0278-7407.
- LANZO G. & SILVESTRI F. (1999) - Risposta Sismica Locale. Edizioni Hevelius.
- BENVENUTI M. (1997) - Physical stratigraphy of the fluvio-lacustrine Mugello Basin (Plio-Pleistocene, Northern Apennines, Italy) - *Giornale di Geologia*, ser.3°, vol. 59/1-2: 91-111.
- Kramer S. L. (1996) – Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice Hall. New Jersey.
- BENVENUTI M. (1996) - Carta Geologica del bacino Fluvio-Lacustre del Mugello (Firenze) Scala 1:50.000). ARCA ed.
- MARTINI I.P. & SAGRI M. (1993) - Tectono-sedimentaries characteristics of Late Miocene-Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy. *Earth Science Reviews*, 34. 197-233.
- Ambraseys, N. (1988). Magnitude fault-length relationships for earthquakes in the Middle East, *Proc. Symposium on Historical Seismograms & Earthquakes*, Ed. W.H. Lee, 309-310 Academic
- Boccaletti et Coli, 1983 La tettonica della Toscana: assetto ed evoluzione. *Mem. Soc. Geol. It.*, 25, 51-62.
- Boccaletti et alii, 1980 –Evoluzione dell’appennino settentrionale secondo un nuovo modello strutturale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 21, 359-373.
- Kuhlemeyer R.L. & Lysimer J. (1973) - Finite element method accuracy for wave propagation problems. *J. Soil Mech. & Foundations*. Div. ASCE, 99 (SM5), pp 421-427.