



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

### Regione Emilia-Romagna

Unione dei comuni della Valmarecchia

Comuni di Sant'Arcangelo di Romagna, Poggio Torriana, Verucchio



Regione	Soggetto realizzatore	Data
	Responsabile: Dott.Geol. Paolo Ciacci  Gruppo di lavoro: Dott.Geol. Carlo Copioli Dott.Arch. Silvia Malpassi Dott.Geol. Fabio Vannoni Dott.Geol. Cristiano Guerra	Ottobre 2022

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. INTRODUZIONE .....	4
3. SISMICITA' STORICA E PERICOLOSITA' DI BASE .....	7
4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	23
4.1. Cartografia di base.....	23
4.2. Inquadramento Geomorfologico.....	23
4.3. Inquadramento Geologico-Strutturale .....	27
4.4. Assetto Stratigrafico .....	30
5. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	44
5.1. Indagini di tipo geofisico.....	45
5.2. Indagini di tipo geotecnico .....	47
6. MODELLO DI SOTTOSUOLO .....	48
6.1. <i>Andamento delle Vs nel sottosuolo</i> .....	48
7. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE .....	48
8. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	49
9. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	50
9.1 MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO I .....	50
9.1.1 Carta geologico-tecnica .....	50
9.1.2 Carta delle frequenze naturali del terreno.....	52
9.1.3 Carta delle MOPS (Microzone Omogene in prospettiva Sismica).....	55
9.2 MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO II .....	69
9.2.1. carta delle velocità delle onde di taglio Vs.....	69
9.2.2. Carta dei fattori di amplificazione stratigrafica (FA) .....	70
9.2.3 Fattori di amplificazione Topografica (FT).....	75
9.2.4 Carta del parametro di scuotimento sismico assoluto " $H_{SM}$ " .....	82
10. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	83
11 CONCLUSIONI .....	88
12. BIBLIOGRAFIA .....	90

## ALLEGATI:

- ALLEGATO 1A e 1B: Stralci carta geologica, rilievo scala 1:25.000 CARG
- ALLEGATO 2: Prove geognostiche/geofisiche di nuova realizzazione
- ALLEGATO 3: Sezioni geologiche RER
- ALLEGATO 4: Carta Geologico-Tecnica – Sezioni Geologico-Tecniche

## **1. PREMESSA**

La microzonazione sismica, cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base alla differente risposta rispetto ad un ipotetico terremoto, è uno degli strumenti più efficaci per la riduzione del rischio sismico in quanto permette, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica, di valutare la pericolosità sismica nelle aree urbane e urbanizzabili, indirizzare i nuovi interventi verso quelle zone a minore pericolosità e programmare interventi di mitigazione del rischio nelle zone in cui sono presenti particolari criticità.

La L.R. 20/2000 “Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio” e la L.R. 19/2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”, richiedono l’esecuzione di studi di microzonazione sismica per la redazione e l’approvazione dei piani urbanistici comunali.

In data 02/05/07 la Regione Emilia-Romagna con deliberazione dell’Assemblea Legislativa n.112/2007 ha approvato gli “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”. Successivamente tali indirizzi sono stati aggiornati con l’atto di indirizzo e coordinamento tecnico approvato con Del. G.R. 2193/2015 ed in ultimo la più recente Del. G.R. 630/2019 “Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR 24/2017)”. Infine con *DGR 476/2021 e successiva integrazione DGR 564/2021*, la R.E.R. ha pubblicato il recente “AGGIORNAMENTO DELL'”ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO SUGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA (ARTT. 22 E 49, L.R. N. 24/2017)” DI CUI ALLA DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 29 APRILE 2019, N. 630” cui poter far riferimento per la redazione di studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna.

Anche il Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome in data 13 novembre 2008 ha approvato gli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”, e con dall' O.C.D.C.P. n. 171 del 19 giugno 2014 e Deliberazione della Regione Emilia Romagna 1227/2015, sono stati definiti i criteri e le risorse finanziarie per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna.

L’Unione di Comuni Valmarecchia, pertanto, essendo in possesso dei requisiti indicati dall' O.C.D.P.C. n. 171/2014, ha ottenuto il relativo finanziamento e gli studi che sono stati previsti per le aree urbanizzate e urbanizzabili dei comuni destinatari del contributo per studi di Microzonazione Sismica (da qui in avanti MS) e analisi della Condizione Limite per l’Emergenza (da qui in avanti CLE); allo scopo, tali studi ed analisi sono stati eseguiti secondo le indicazioni/prescrizioni di cui alla Delibera di G.R. 630/2019, come aggiornata dalla *DGR 476/2021 e successiva integrazione DGR 564/2021* ovvero in ottemperanza agli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica dei dati di MS e CLE, rispettivamente 4.2 del 2020 e 3.2 del 2019. In particolare le analisi di CLE sono state condotte per tutti i comuni dell’Unione di Comuni, mentre gli studi di MS solamente per i comuni di Poggio Torriana, Santarcangelo di R. e Verucchio.

## 2. INTRODUZIONE

A seguito di un terremoto, si ha spesso modo di osservare come la distribuzione dei danni sul territorio sia assai eterogenea a parità di vulnerabilità dell'edificato. Le condizioni geologico-tecniche degli strati più superficiali, nonché le caratteristiche geomorfologiche possono concorrere, infatti, a modificare localmente lo scuotimento indotto da un terremoto. Per un'efficace azione di prevenzione, in materia di rischio sismico, è necessario tener conto non solo, quindi, della zonazione sismica nazionale, ma anche di eventuali sfavorevoli condizioni locali, a scala comunale o sub comunale. Particolarmente rilevanti sono i cosiddetti effetti di amplificazione di sito, ossia l'insieme delle variazioni in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, rispetto ad una formazione rocciosa di base, subisce attraversando gli strati sovrastanti, fino alla superficie. Tali effetti sono causati, essenzialmente, da un processo di intrappolamento e risonanza dell'energia del terremoto all'interno di un volume di sottosuolo costituito da materiali sedimentari a bassa impedenza sismica ( $IS$ : prodotto della velocità di propagazione dell'onda per la densità del mezzo attraversato) e posto sopra ad un dominio con più alta  $IS$ , per esempio un substrato roccioso o un suolo particolarmente rigido. L'identificazione delle aree soggette ad amplificazione sismica è dunque di fondamentale importanza per la pianificazione e lo sviluppo urbanistico comunale. Uno studio di questo genere prende il nome di Microzonazione Sismica ed ha lo scopo di individuare porzioni del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo.

La messa a punto di una procedura condivisa per lo studio di questi fenomeni è stata recentemente oggetto di un intenso lavoro di coordinamento e sintesi delle conoscenze finora disponibili da parte della Conferenza delle Regioni che, con il coordinamento del Dipartimento della Protezione Civile, ha messo all'opera una grande quantità di tecnici ed esperti per la messa a punto, nel 2008, degli **“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”** (figura 2.1).

Le prime esperienze regionali sulla microzonazione dopo vari eventi sismici e alcune normative regionali su tale ambito hanno rappresentato le condizioni preliminari per creare delle basi comuni e condivise, recependo quanto è stato elaborato e sperimentato a livello scientifico e sviluppando le istanze espresse in vario modo dalle Regioni e dalle amministrazioni.

Il gruppo di lavoro, coadiuvato anche dalle osservazioni da parte di soggetti esterni (Consiglio nazionale dei Geologi, Consiglio nazionale degli Ingegneri, Associazione Geotecnica Italiana, ecc..), nel corso della sua attività ha evidenziato che la sperimentazione e l'applicazione degli **“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”** rientra a pieno titolo nei programmi nazionali di previsione e prevenzione previsti dall'articolo 4 della legge n°225 del 24 Febbraio 1992.

Questo testo, che rappresenta un punto di riferimento per tutte le attività di microzonazione sismica ad opera degli Enti territoriali, definisce una serie di protocolli e tecniche di indagine del sottosuolo applicabile ai



settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione.



*Figura 2.1- Copertina dell'elaborato "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"*

In funzione dei diversi contesti, dei diversi obiettivi e delle disponibilità economiche le linee guida (Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica) prevedono 3 differenti livelli di approfondimento, con complessità, impegno e costi crescenti.

**Livello 1:** è un livello propedeutico ai veri e propri studi di microzonazione sismica, in quanto consiste nella messa a punto di un quadro conoscitivo generale in base a dati preesistenti ed indagini a basso costo realizzate ex-novo. L'obiettivo è l'individuazione in pianta di una serie di settori definiti "microzone" all'interno dei quali è possibile ipotizzare un comportamento sismico dei terreni omogeneo.

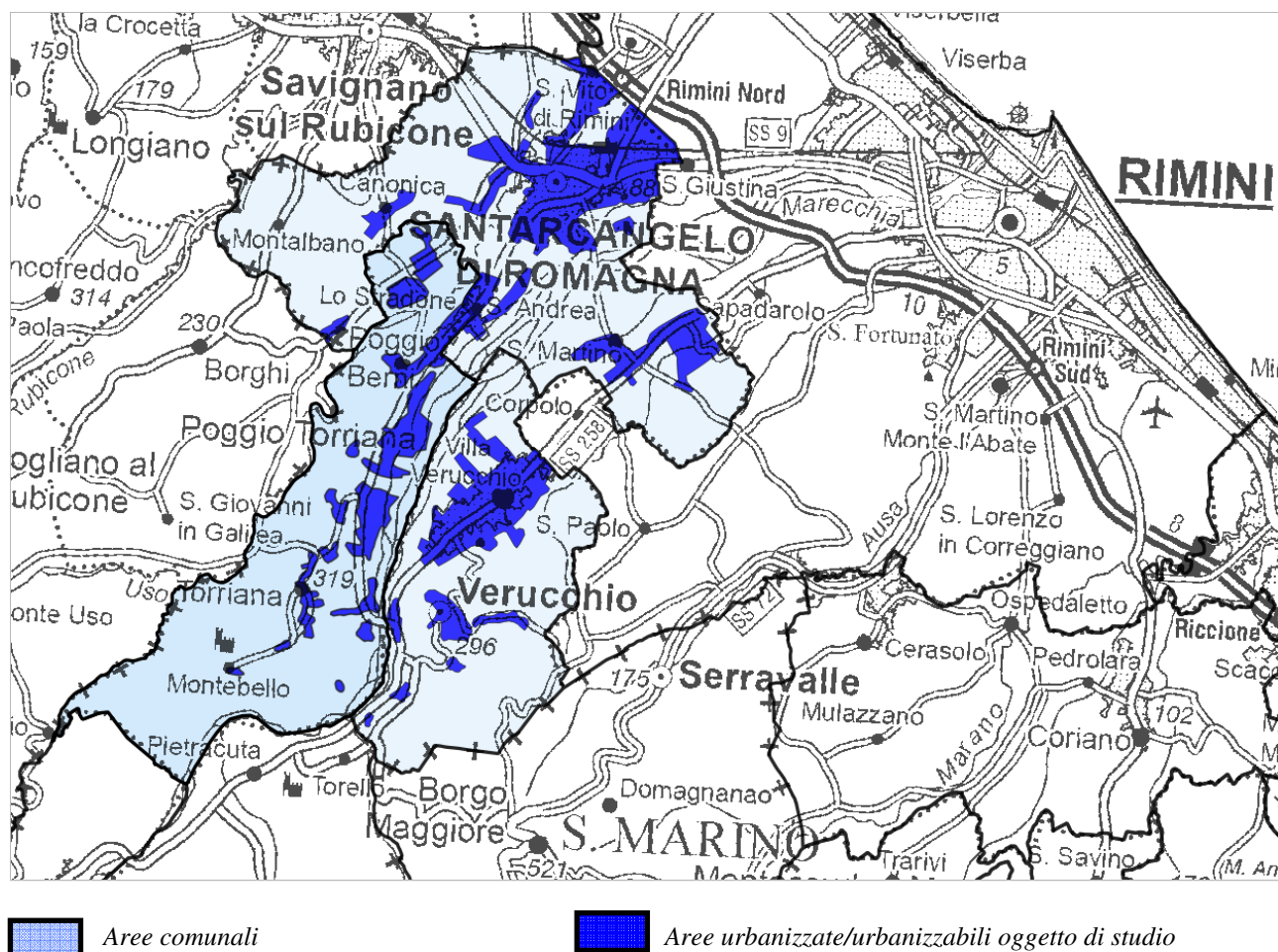
**Livello 2:** introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee definite nel livello 1. A ciascuna microzona viene associato un fattore di amplificazione (FA) computato attraverso appositi abachi realizzati "ad hoc" per tutto il territorio regionale in base alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e sismiche.

**Livello 3:** restituisce una carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari (p.es. fenomenologie legate a cedimenti e liquefazione).

Nel presente rapporto tecnico-scientifico vengono illustrati gli elaborati e i prodotti informatici relativi alle indagini e agli studi svolti nell'ambito della Microzonazione Sismica sino al I-II livello di analisi, delle aree urbanizzate e urbanizzabili presenti nel territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia, con riferimento ai comuni di Poggio Torriana, Santarcangelo di R. e Verucchio (RN), (figura 2.2). In Tabella 2.1 è riportata una sintesi della documentazione e degli elaborati cartografici redatti per il presente studio di MS:

*Tabella 2.1 – sintesi della documentazione e degli elaborati cartografici in allegato alla relazione*

<b>Titolo Elaborato</b>	<b>Scala</b>	<b>N° tavole</b>
Carta delle Indagini	Scala 1:10.000	3
Carte delle Frequenze naturali dei Terreni (F0, A0)	Scala 1:10.000	3
Carta Geologico Tecnica	Scala 1:10.000	3
Carta delle MOPS	Scala 1:10.000	3
Carta delle Velocità delle onde di taglio S	Scala 1:10.000	3
Carte di Microzonazione sismica di II Livello	Scala 1:10.000	20



*Figura 2.2- Aree urbanizzate/urbanizzabili oggetto di studio nell'ambito dell'Unione di Comuni Valmarecchia.*

### 3. SISMICITA' STORICA E PERICOLOSITA' DI BASE

Il territorio in studio dell'Unione di Comuni Valmarecchia si trova al margine settentrionale della Provincia di Rimini e, nel caso specifico, interessa i Comuni di Poggio Torriana, Santarcangelo di R. e Verucchio, contraddistinti rispettivamente dal Codice Istat 099028, 099018 e 099020, ciascuno con un'area complessiva di 34.90, 45.19 e 27.07 km quadrati, contando rispettivamente 5133, 22228 e 10043 abitanti (Figura 3.1).

Per la definizione della sismicità storica del territorio in studio è stato consultato il Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>). Le successive Tabelle 3.1 – 3.2 - 3.3 riportano i principali eventi sismici (scosse principali “mainshock”) risentiti nelle località in esame. Per ogni evento sismico sono riportate: data, area epicentrale, intensità epicentrale  $I_0$  (valori in scala MCS), magnitudo momento  $M_w$  (stimata da correlazioni empiriche o misurata) e intensità al sito  $I_s$  (MCS).



*Figura- 3.1: Evidenziato in rosso il territorio oggetto del presente studio di MS appartenente all'Unione di Comuni Valmarecchia presso il confine settentrionale della Provincia di Rimini (RN).*

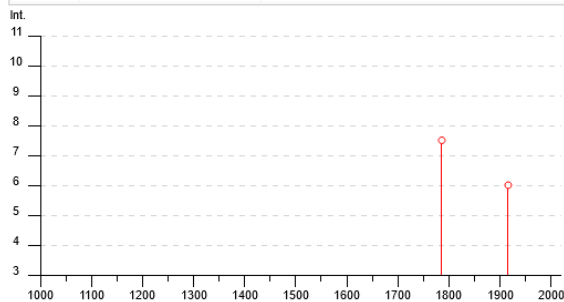
# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

## Relazione Illustrativa

Tabella 3.1 – Storia sismica del Comune di **POGGIO TORRIANA** (estratta dal DBMI15).

### Loc. Montebello

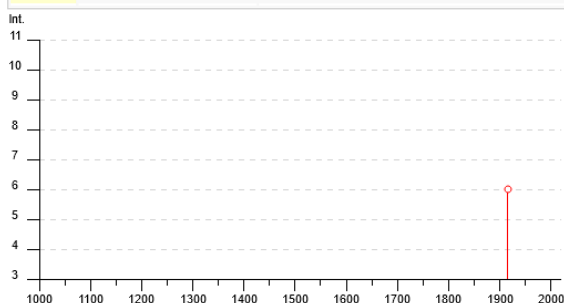
Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7-8	<a href="#">1786</a>	12	25	01			Riminese	90	8	5.66
6	<a href="#">1916</a>	08	16	07	06	1	Riminese	257	8	5.82



Distribuzione temporale degli eventi sismici considerati

### Loc. Camerano

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	<a href="#">📄</a>	1916	08	16	07	06	1 Riminese	257	8	5.82



Distribuzione temporale degli eventi sismici considerati

### Loc. Poggio Berni

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	<a href="#">📄</a>	1916	08	16	07	06	1 Riminese	257	8	5.82
2	<a href="#">📄</a>	1961	05	08	22	45	5 Forlivese	40	5	4.37
2	<a href="#">📄</a>	1969	01	10	16	17	3 Pianura Ravennate	22	5	4.38
NF	<a href="#">📄</a>	1969	08	09	09	20	5 Appennino tosco-romagnolo	33	5	4.20
NF	<a href="#">📄</a>	1986	12	06	17	07	1 Ferrarese	604	6	4.43
NF	<a href="#">📄</a>	1993	11	09	13	46	2 Cesenate	28	4-5	3.93
3-4	<a href="#">📄</a>	1995	12	27	23	44	2 Forlivese	37	5	3.97
3-4	<a href="#">📄</a>	1997	09	26	00	33	1 Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	<a href="#">📄</a>	1997	09	26	09	40	2 Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
NF	<a href="#">📄</a>	1997	10	14	15	23	1 Valnerina	786		5.62
NF	<a href="#">📄</a>	1998	04	05	15	52	2 Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
NF	<a href="#">📄</a>	1999	01	25	22	45	5 Appennino forlivese	97	5	4.36
NF	<a href="#">📄</a>	2000	05	06	22	07	0 Faentino	85	5	4.08
NF	<a href="#">📄</a>	2000	05	08	12	29	5 Faentino	126	5	4.67
NF	<a href="#">📄</a>	2000	05	10	16	52	1 Faentino	151	5-6	4.82
4-5	<a href="#">📄</a>	2000	08	01	02	34	3 Montefeltro	84	5-6	4.27
NF	<a href="#">📄</a>	2001	11	26	00	56	5 Casentino	211	5-6	4.63
NF	<a href="#">📄</a>	2003	01	29	23	50	1 Appennino forlivese	71	4-5	4.06
3	<a href="#">📄</a>	2003	12	07	10	20	3 Forlivese	165	5	4.18
NF	<a href="#">📄</a>	2005	07	15	15	17	1 Forlivese	173	4-5	4.29
NF	<a href="#">📄</a>	2006	10	21	07	04	1 Anconetano	287	5	4.21



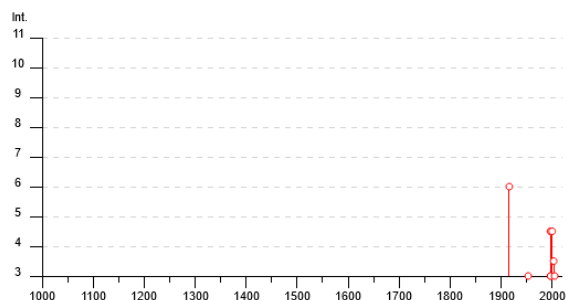
Distribuzione temporale degli eventi sismici considerati



**Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)**  
**Relazione Illustrativa**

**Loc. Torriana**

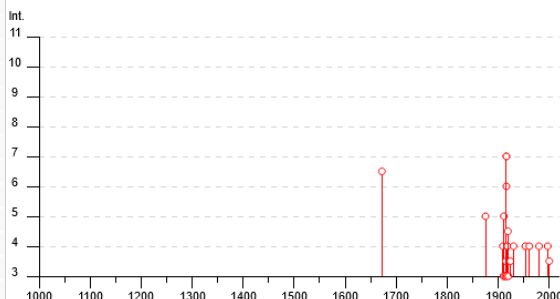
Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	1916	05	17	12	50		Riminese	132	8	5.82
3	1953	12	14	07	11	0	Appennino forlivese	48	5-6	4.70
NF	1970	09	26	16	42	2	Cesenate	18	4-5	3.93
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1987	07	05	13	12	3	Montefeltro	90	6	4.44
NF	1993	01	17	10	51	2	Alta Valtiberina	76	5	4.26
NF	1993	11	07	23	21	1	Cesenate	36	4-5	3.95
NF	1993	11	09	13	46	2	Cesenate	28	4-5	3.93
4-5	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
3	1997	10	02	19	38	0	Alta Valtiberina	55		4.42
3	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
NF	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
NF	1999	01	25	22	45	5	Appennino forlivese	97	5	4.36
2	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08
2	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	2000	08	01	02	34	3	Montefeltro	84	5-6	4.27
NF	2001	11	26	00	56	5	Casentino	211	5-6	4.63
3-4	2003	01	26	20	15	0	Appennino forlivese	63	5-6	4.50
NF	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
3	2005	07	15	15	17	1	Forlivese	173	4-5	4.29
NF	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5	4.21



*Distribuzione temporale degli eventi sismici considerati*

**Tabella 3.2 – Storia sismica del Comune di SANTARCANGELO DI ROMAGNA (estratta dal DBMI15).**

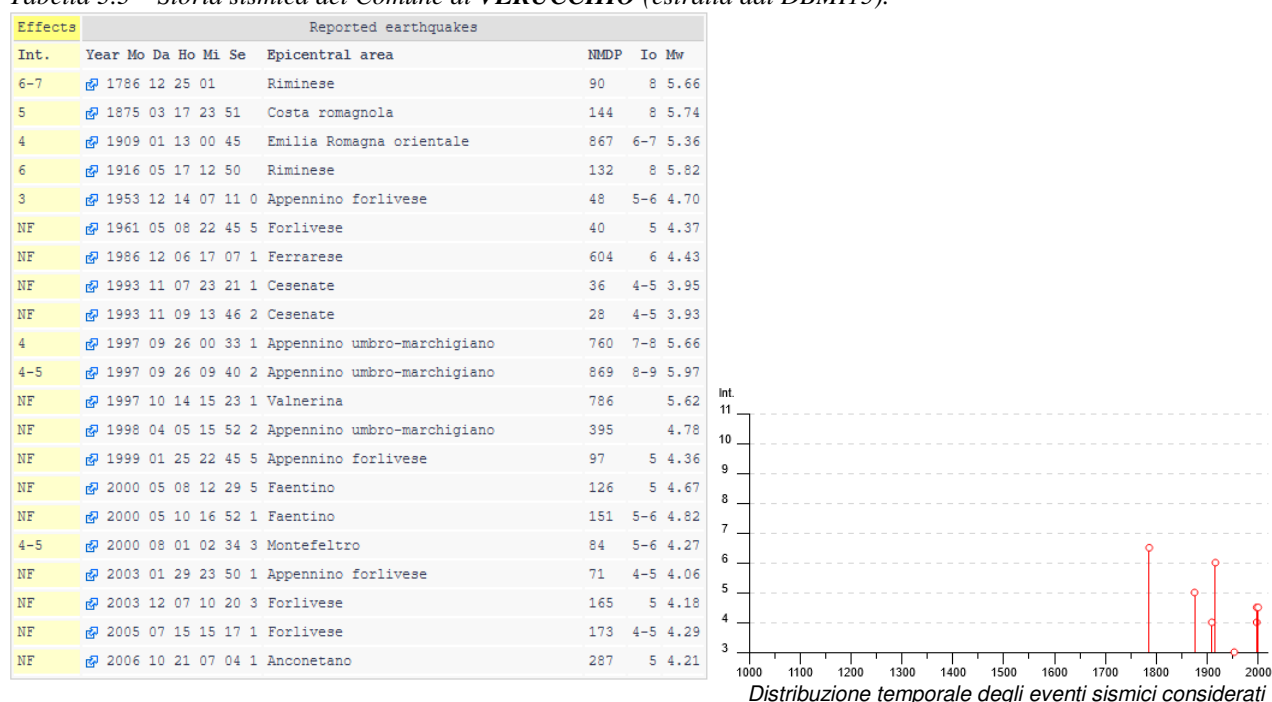
Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6-7	1672	04	14	15	45		Riminese	92	8	5.59
5	1875	03	17	23	51		Costa romagnola	144	8	5.74
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
3	1911	03	20	15	47		Forlivese	25	6	5.09
5	1911	03	26	13	51		Riminese	9	5	5.04
3	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
3-4	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
7	1916	05	17	12	50		Riminese	132	8	5.82
6	1916	06	16	01	27		Riminese	17	6	4.82
7	1916	08	16	07	06	1	Riminese	257	8	5.82
3	1917	04	26	09	35	5	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
4	1918	11	10	15	12	2	Appennino forlivese	187	9	5.96
4-5	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
3	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
3-4	1924	01	02	08	55	1	Senigallia	76	7-8	5.48
4	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8	5.83
4	1953	12	14	07	11	0	Appennino forlivese	48	5-6	4.70
4	1961	05	08	22	45	5	Forlivese	40	5	4.37
NF	1969	08	09	09	20	5	Appennino tosco-romagnolo	33	5	4.20
NF	1970	09	26	16	42	2	Cesenate	18	4-5	3.93
4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1993	11	07	23	21	1	Cesenate	36	4-5	3.95
NF	1993	11	09	13	46	2	Cesenate	28	4-5	3.93
NF	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
NF	1999	01	25	22	45	5	Appennino forlivese	97	5	4.36
NF	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08
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
3-4	2000	08	01	02	34	3	Montefeltro	84	5-6	4.27
NF	2001	11	26	00	56	5	Casentino	211	5-6	4.63
NF	2002	11	02	10	57	4	Ferrarese	79	4	4.21
NF	2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18
NF	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5	4.21



# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

## Relazione Illustrativa

Tabella 3.3 – Storia sismica del Comune di VERUCCHIO (estratta dal DBMI15).



Estratto della tabella esplicativa riportante i parametri che costituiscono il formato sintetico del database:

Field	Description
<b>N</b>	Record number (in chronological order)
<b>Year</b>	Origin time: year
<b>Mo</b>	Origin time: month
<b>Da</b>	Origin time: day
<b>Ho</b>	Origin time: hour
<b>Mi</b>	Origin time: minutes
<b>Se</b>	Origin time: seconds
<b>EpicentralArea</b>	Epicentral area or area of the largest macroseismic effects
<b>Mw</b>	moment magnitude
<b>NMDP</b>	Number of macroseismic data point
<b>Imax</b>	Maximum intensity
<b>Io</b>	Epicentral intensity
*N.F (not felt-non avvertito)	

L'esame della storia sismica risulta carente di informazioni storiche (verosimilmente a causa dello sviluppo recente di buona parte degli abitati) eccetto che per i nuclei storici più antichi di Santarcangelo e Verucchio. L'evento a maggior intensità è stato registrato presso Montebello in occasione del terremoto "Riminese" del 1786, con una intensità  $VII \leq I_s \leq VIII$  MCS, mentre quello più antico è stato avvertito con una intensità  $VI \leq I_s \leq VII$  MCS presso Santarcangelo di R. in occasione del terremoto "Riminese" del 1672. Tuttavia emerge come evento di maggior rilevanza e registrato in tutte le località, il terremoto "Riminese" del 1916 avvertito generalmente con una intensità  $VI \leq I_s \leq VII$  MCS. Tale sisma, ha generato in prossimità della zona epicentrale il massimo risentimento e danno con  $VII \leq I_s \leq VIII$  MCS, mentre in corrispondenza delle aree in studio ha determinato un risentimento leggermente inferiore pari a  $VI \leq I_s \leq VII$  MCS.

Di seguito si riportano quindi gli stralci dei risentimenti macrosismici INGV rilevati per questo evento principale. Inoltre in fig. 3.3 si propongono le carte delle isosisme ricostruite da INGV per i maggiori terremoti storici che hanno interessato i territori della Romagna.

*Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)*  
Relazione Illustrativa

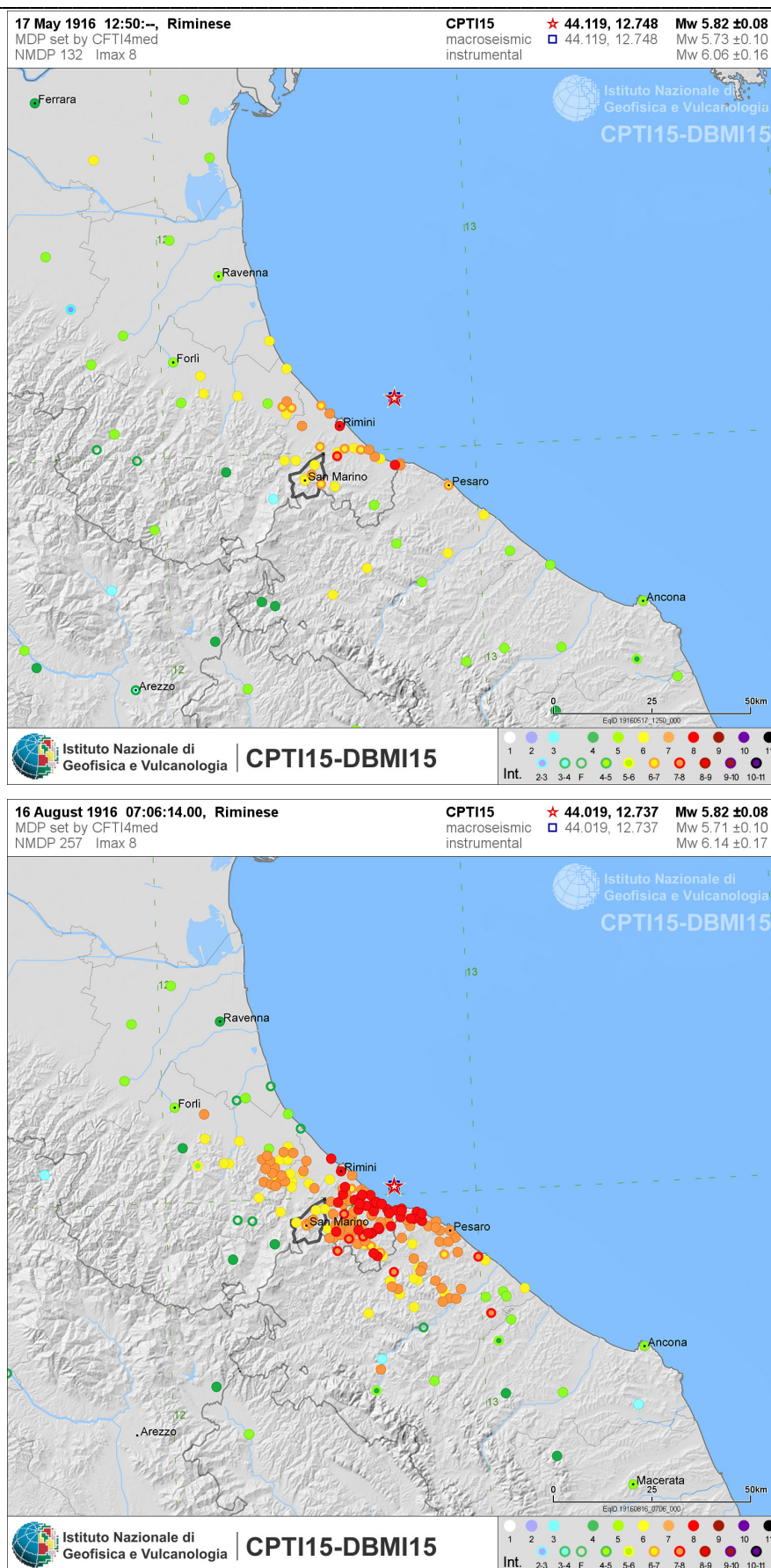
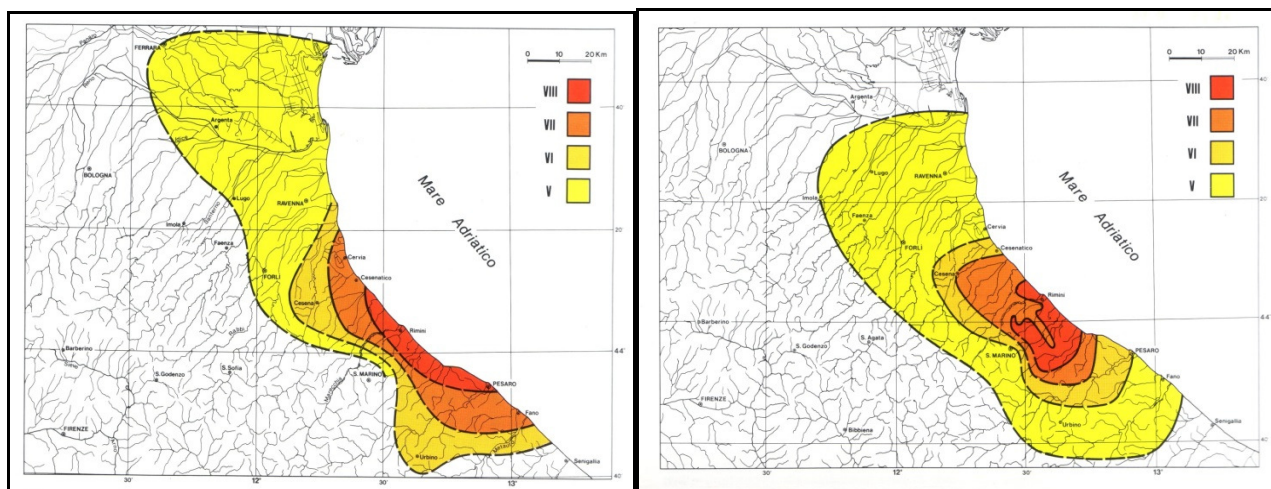


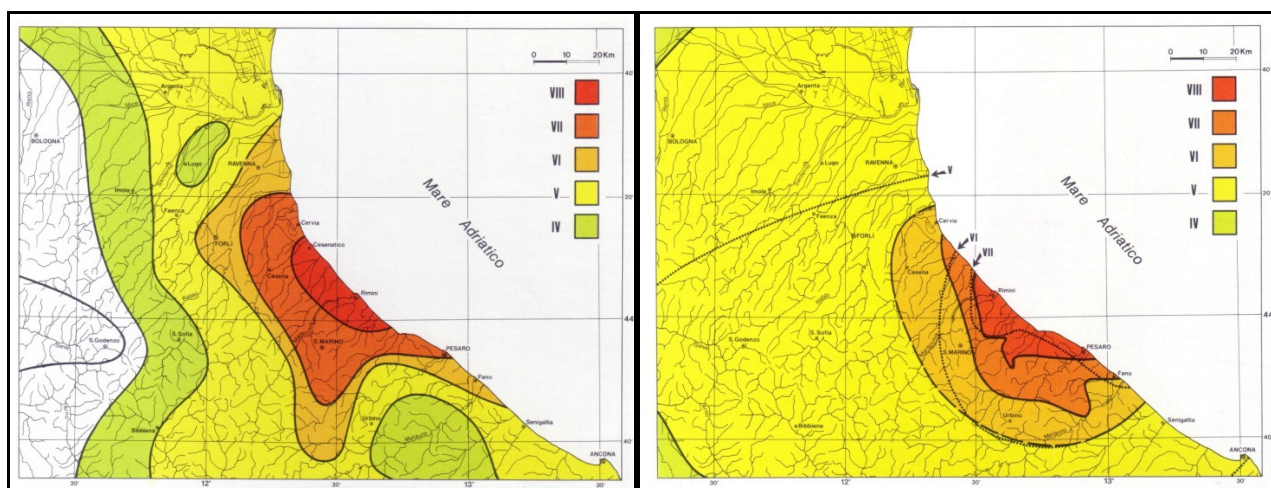
Figura- 3.2: Carta del risentimento macrosismico – terremoto Riminese eventi maggio/agosto 1916 - DBMI15.





**Terremoto del 14 aprile 1672**

**Terremoto del 25 dicembre 1786**



**Terremoto del 17 marzo 1875**

**Terremoto del 17 maggio – 16 agosto 1916**

*Figura - 3.3: Carte delle isosisme in cui le aree colorate dal rosso al verde corrispondono a parti di territorio colpite da effetti di severità decrescente. (DISS3/INGV).*

In base alla disposizione degli epicentri, nonché da una verifica sul database DISS 3.3.0 (Database of Individual Seismogenic Sources) realizzato dal'INGV, è possibile risalire alle aree sismogenetiche che hanno contribuito alla sismicità storica della zona in studio ed alla pericolosità sismica dell'area (vedi fig. 3.4); in tal caso, si tratta di sistemi di faglia appenninici e costieri prevalentemente di natura compressiva.



*Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)*  
 Relazione Illustrativa

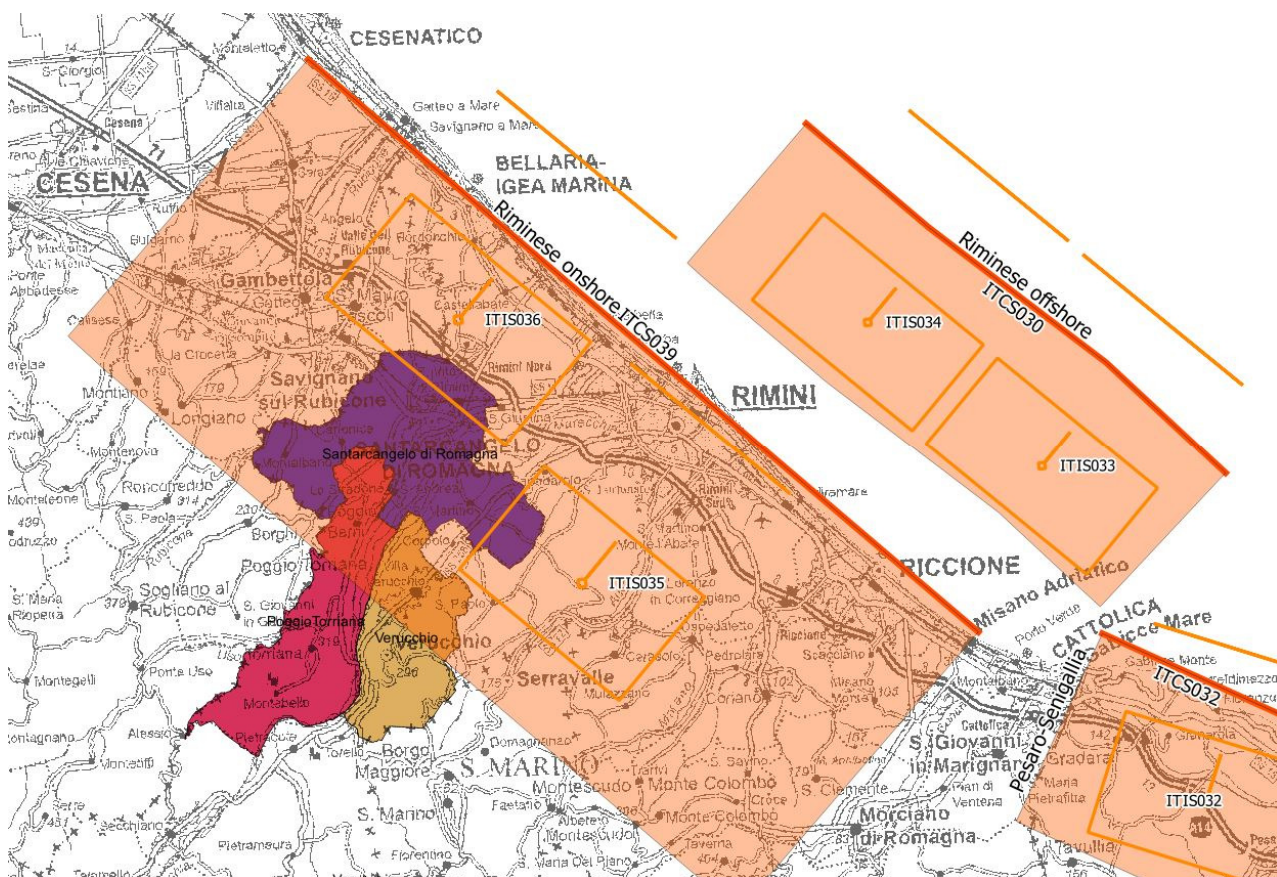
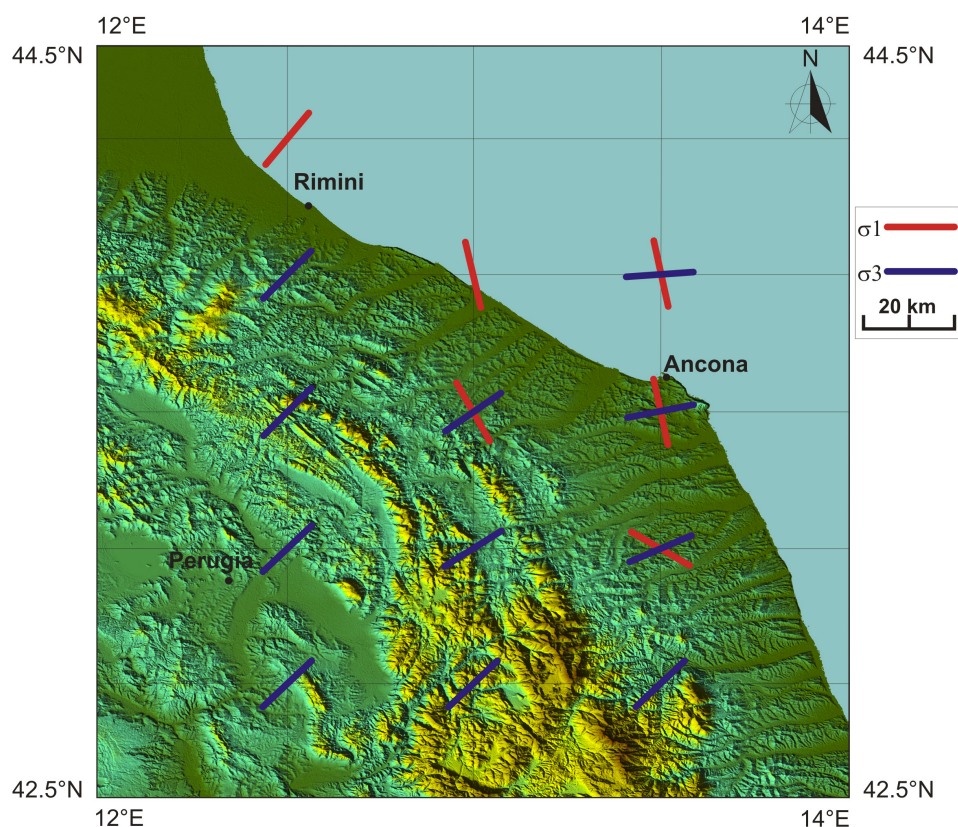


Figura – 3.4: Sorgenti sismogenetiche (Id-Nome-Max Magnitudo) individuate dal catalogo DISS 3.3.0 (Database of Individual Seismogenic Sources) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.



Come riportato da “La sismicità della zona costiera adriatica nord-marchigiana di Stefano Mazzoli e Chiara Macchiavelli” si trae che studi effettuati in tempi recenti da gruppi di ricerca (Borraccini et alii, 2002, 2005; Di Bucci et alii, 2003; Santini et alii, 2011; Macchiavelli et alii, 2012), la sismicità della zona costiera e delle Marche settentrionali mostra un comportamento complesso, caratterizzato da una notevole variabilità delle orientazioni degli assi di massima e minima compressione (Fig. 3.5)



*Figura 3.5 – Proiezione in mappa degli assi di massima compressione ( $\sigma_1$ ) e minima compressione ( $\sigma_3$ ) per l'area umbro-marchigiano-romagnola (da Macchiavelli et alii, 2012).*

Nonostante un notevole dibattito scientifico esista circa la cinematica delle faglie attive ed campo di stress attualmente dominante nell'area d'interesse (Frepoli & Amato, 1997, 2000; Montone et alii, 1999, 2004, 2012; Boncio et alii, 2000; Di Bucci & Mazzoli, 2002; Vannoli et alii, 2004; Chiarabba et alii, 2005; Pondrelli et alii, 2006; Basili et al., 2007; Boncio & Bracone, 2009; Piccinini et alii, 2009; Pierdominici et alii, 2012; Macchiavelli et alii, 2012), tutti gli Autori concordano sul fatto che le faglie attive principali che controllano la sismicità dell'area siano rappresentate da strutture con direzione circa parallela alla costa e immersione dominante verso sud-ovest (costituite, almeno originalmente, da faglie inverse).

Inoltre dai diagrammi di disaggregazione per magnitudo (M) e distanza (R) in Figura 3.6 ( $T_r$  475 anni), desunti dal Progetto DPC-INGV-S1 (2006) e Iervolino et Al. 2011, si osserva come i maggiori contributi alla pericolosità dell'area siano legati al sistema di faglie costiere adriatiche (onshore e offshore) ed appenniniche entro i 20 Km di distanza (valore medio  $R < 10$  km). In maniera minore sembrano intervenire, quindi, i grandi sistemi appenninici conosciuti in letteratura come Etrurian Fault System (EFS) e Umbria Fault System.

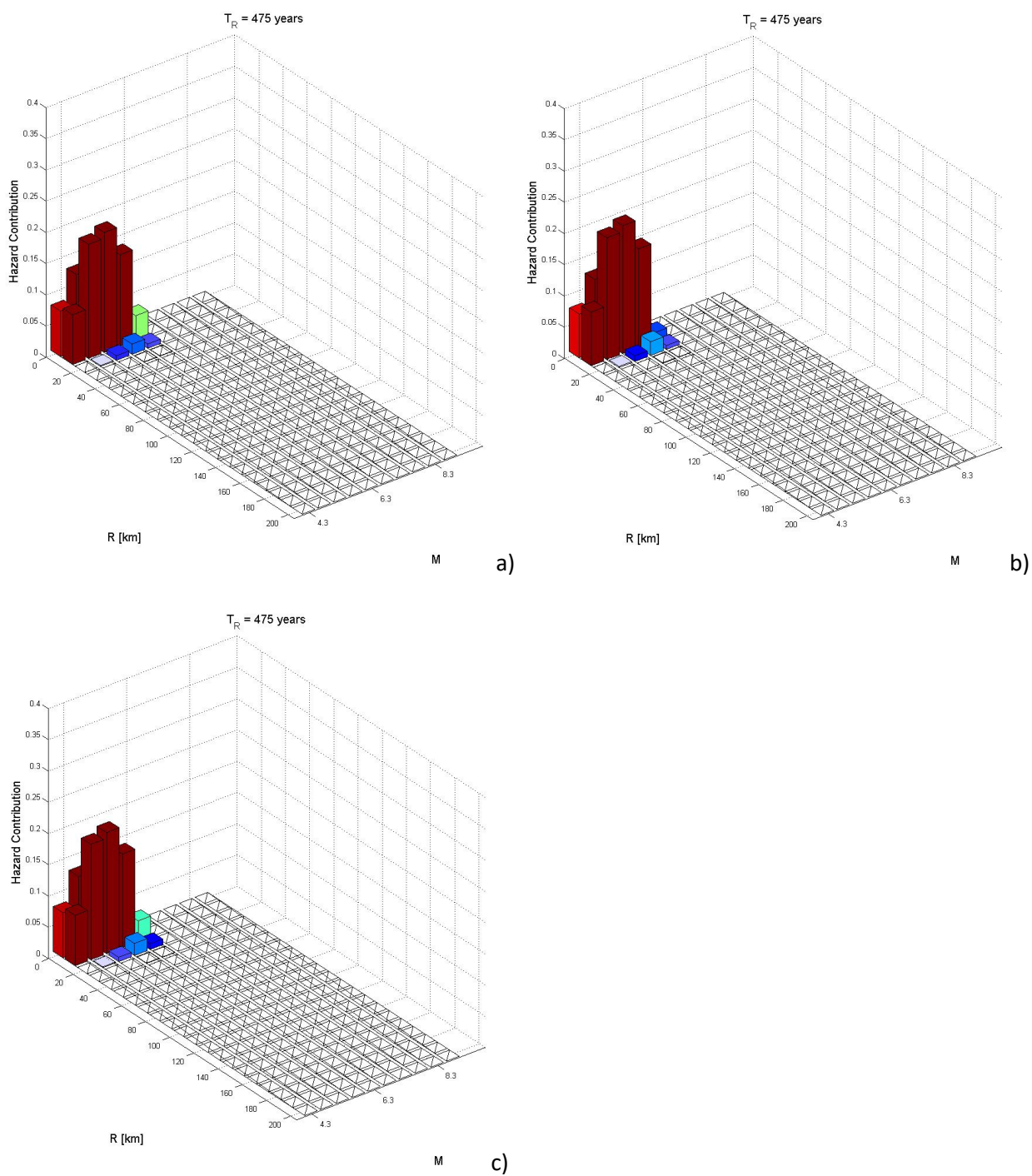
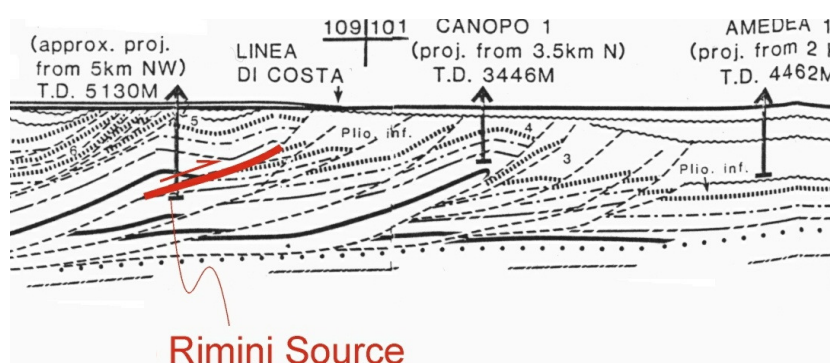


Figura 3.6 – Diagramma di disaggregazione riferito ai comuni di Poggio Torriana (a), Santarcangelo di R. (b) e Verucchio (c).

Nelle tabelle 3.7, 3.8, 3.9 e 3.10 vengono indicate le caratteristiche generali dei principali sistemi sismogenetici composti **ITCS039-030** e quelli individuali **ITIS035** e **ITIS036** sulla base di evidenze empiriche e dati di letteratura da catalogo DISS 3.3.0:

*Tabella 3.7 Principali parametri della sorgente sismogenetica ITCS039 (da DISS 3.2.1).*

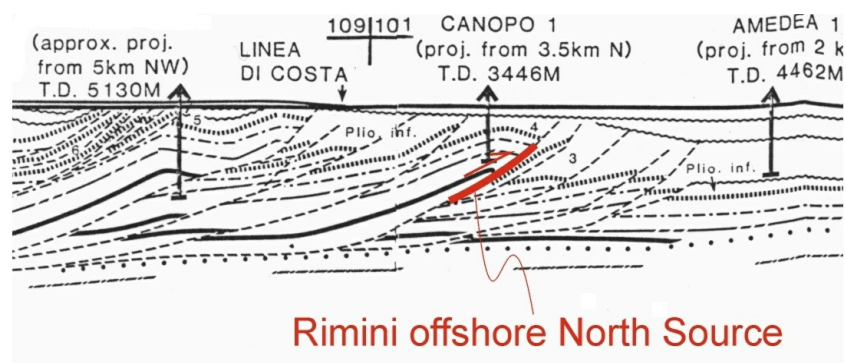
<b>ITCS039 – RIMINESE ONSHORE</b>	
Min Depth (km)	2
Max Depth (km)	10
Strike (deg)	120 - 140
Dip (deg)	25 - 35
Rake (deg)	80 - 100
Slip Rate (mm/y)	1.0 - 1.07
Max Magnitude (Mw)	7.0



*Sorgente sismogenetica ITCS039 - Riminese “on-shore” proiettata su Sezione Amedea-M.te.Amiata di Bally et al. [1986]. Basili, R., U. Fracassi and S. Mariano 2006*

*Tabella 3.8 Principali parametri della sorgente sismogenetica ITCS030 (da DISS 3.3.0).*

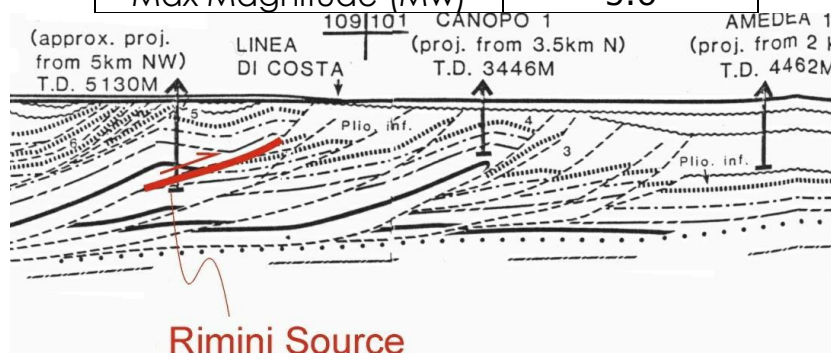
<b>ITCS030 – RIMINESE OFFSHORE SOUTH</b>	
Min Depth (km)	3
Max Depth (km)	7
Strike (deg)	120 - 140
Dip (deg)	25 - 35
Rake (deg)	80 - 100
Slip Rate (mm/y)	0.2 - 0.52
Max Magnitude (Mw)	6.2



*Sorgente sismogenetica ITCS030 - Riminese “off-shore” proiettata su Sezione Amedea-M.te.Amiata di Bally et al. [1986]. Basili, R., U. Fracassi and S. Mariano 2006.*

Tabella 3.9 Principali parametri della sorgente sismogenetica ITS036 (da DISS 3.3.0).

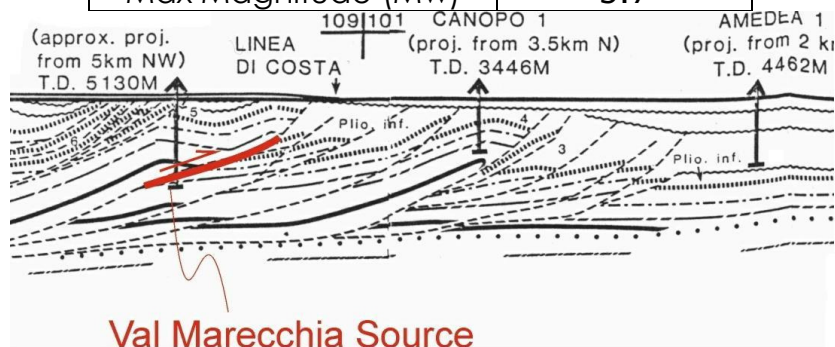
<b>ITIS035 – Rimini</b>	
Length (km)	8
Width (km)	6
Min Depth (km)	3
Max Depth (km)	6
Strike (deg)	132
Dip (deg)	30
Rake (deg)	90
Slip Rate (mm/y)	0.1 – 0.5
Max Magnitude (Mw)	5.6



*Rimini Source projected onto cross-section Amedea-Mt. Amiata of Bally et al. [1986]. Notice the coastal anticline whose growth may be driven by sustained slip along the Val Marecchia blind thrust fault..*

Tabella 3.10 Principali parametri della sorgente sismogenetica ITS036 (da DISS 3.3.0).

<b>ITIS036 – Val Marecchia</b>	
Min Depth (km)	3
Max Depth (km)	6
Strike (deg)	132
Dip (deg)	30
Rake (deg)	90
Slip Rate (mm/y)	0.1 – 0.5
Max Magnitude (Mw)	5.7

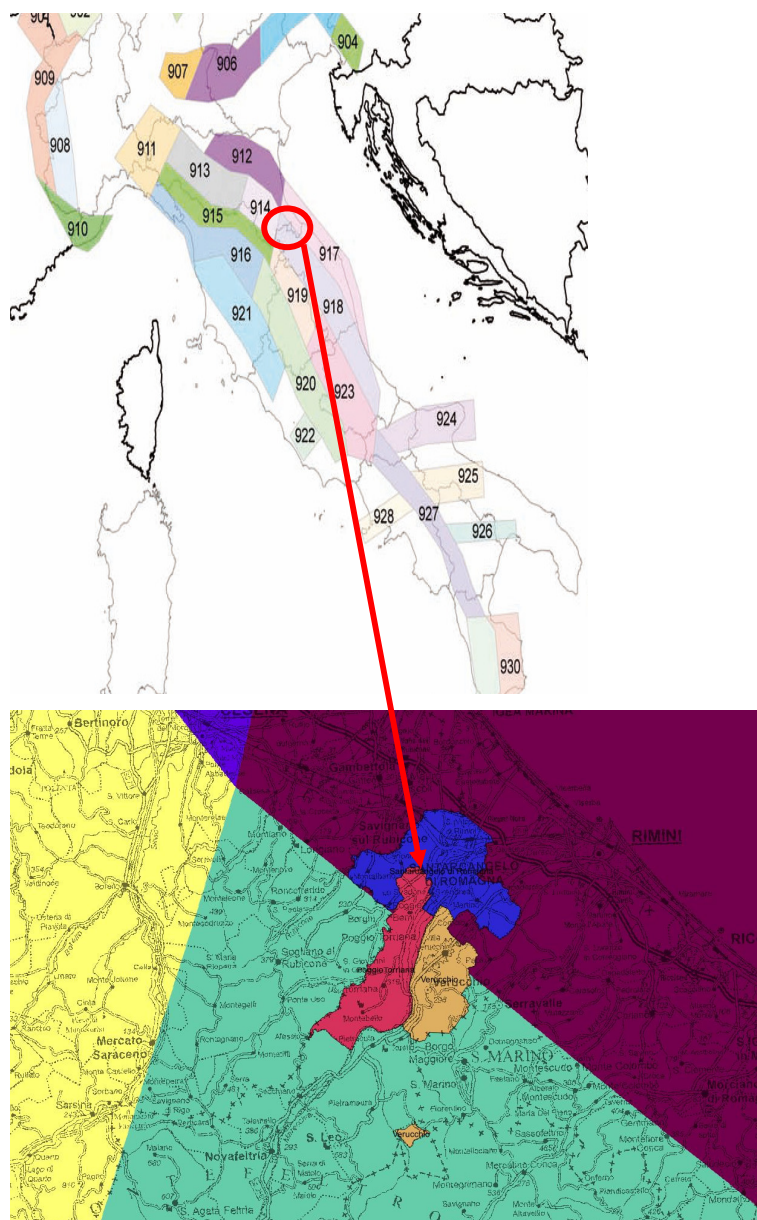


*Val Marecchia Source projected onto cross-section Amedea-Mt. Amiata of Bally et al. [1986]. Notice the coastal anticline whose growth may be driven by sustained slip along the Val Marecchia blind thrust fault..*



Infine per quanto attiene la stima dei valori di Mw attesi nell'area può essere utilizzato lo studio ZS9 del 2004 ("Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa della Pericolosità Sismica" dell'INGV), il quale è una rielaborazione della precedente sismozonazione ZS4 (Meletti et al, 2000), ripensata in base sia a nuove valutazioni del potenziale sismogenetico sia rispetto a nuove analisi eseguite sui terremoti storici e considerazioni statistiche.

La zona di studio ricade a cavallo delle zona "Rimini - Ancona" definita come ZS n. 917 (a NE) e n. 918 denominata "Medio-Marchigiana/Abruzzese" (a SW), come evidenziato in figura 3.7.



*Figura 3.7–Dettaglio della Zonazione Sismogenetica ZS9 ("Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa della Pericolosità Sismica" dell'INGV, 2004). Evidenziata in viola la ZS n. 917 "Rimini-Ancona" ed in celeste la ZS n. 918 "Medio-Marchigiana/Abruzzese".*

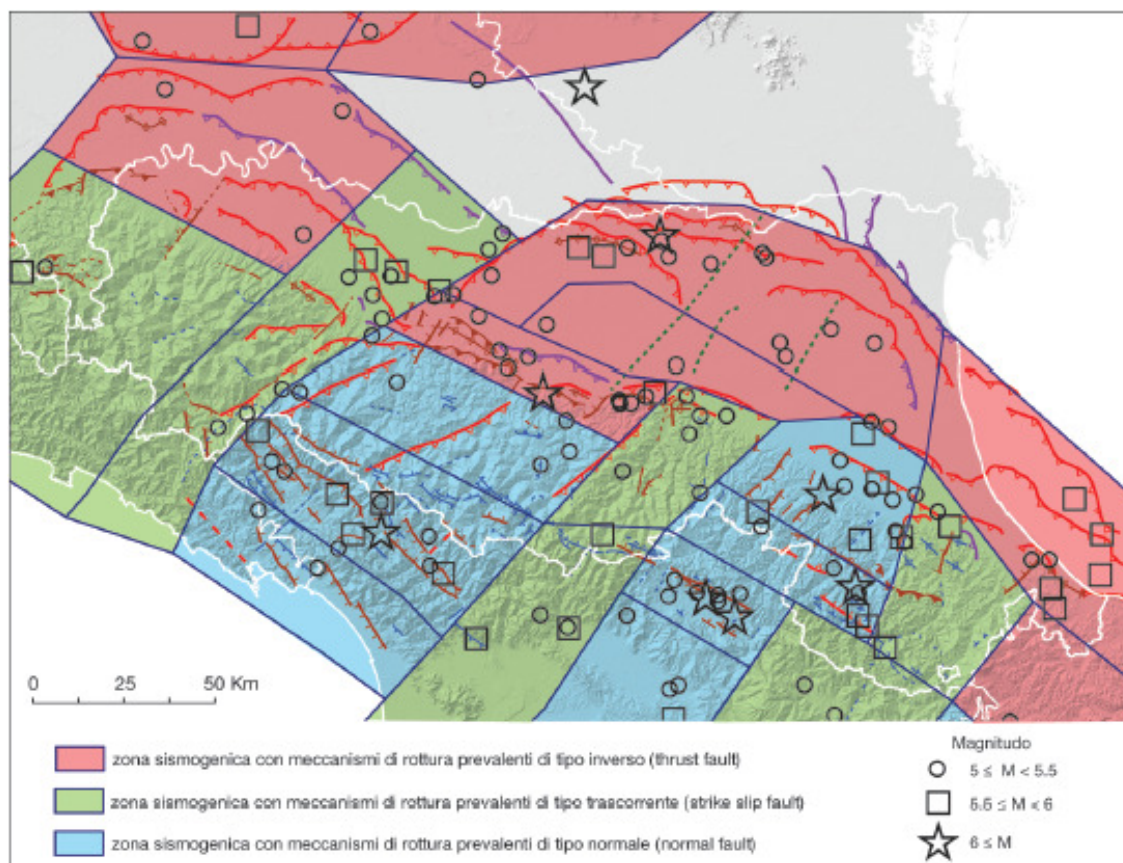
Le caratteristiche associate a tali zone prevedono:

- Un meccanismo focale prevalente.
- Una Magnitudo Momento Massima “Osservata” ( $M_w$ -max1) definita sia dalle analisi legate agli eventi storici sia su basi geologiche legate al Database of Individual Seismogenic Sources (DISS).
- Una Magnitudo Momento Massima “Cautelativa” ( $M_w$ -max2) definita aggiungendo un margine di sicurezza rispetto alla  $M_w$ -max1 in relazione alle conoscenze strutturali, geofisiche e sismologiche.

Zone	917	918
Meccanismo focale	inverso	indeterminato
Mw-Max	6.14	6.37

Tali valori risultano sostanzialmente in linea con la recente carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna – Edizione 2016, di cui in figura 3.8a e 3.8b se ne riporta uno stralcio illustrativo.

Anche in quest’ultima zonazione proposta dalla regione le aree in studio ricadono a cavallo della **Zona 4** e **Zona 17**, per le quali i meccanismi focali associabili alle principali faglie attive risultano rispettivamente di tipo inverso e trascorrente/inverso, con orientazione caratteristica (direzione di immersione) SW/30 e SSW/30, profondità ipocentrali comprese fra 5-15 km. Nell’ambito di tali zone la magnitudo massima osservata storicamente risulta pari a  $M_w = 6.1$  e  $6.0$ , mentre quella massima calcolata per scenari futuri, sulla base dei modelli di analisi adottati, porta a valori rispettivamente pari a  $M_{wmax} = 6.16 \pm 0.21$  e  $5.96 \pm 0.26$ .



a)



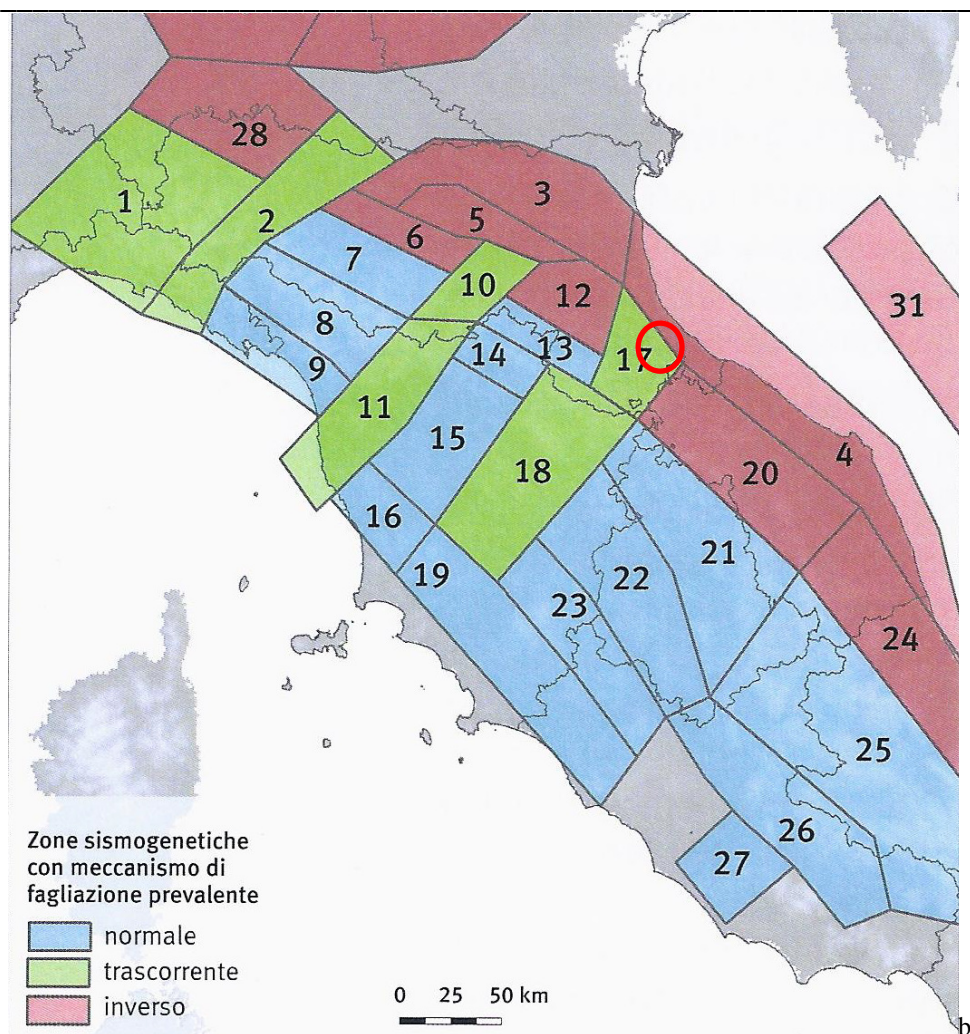


Fig. 3.8 - Stralcio cartografia zonazione carta sismotettonica 2016 Emilia Romagna (a-b)

In conclusione si può osservare come diversi terremoti significativi verificatisi nella storia sismica della Romagna abbiano presentato delle magnitudo inferiori a 5/5.5 e grado di intensità MCS<7-8. Pertanto, considerati i cataloghi storici e le relative incertezze, gli studi dell'INGV, la zonazione ZS9 e le indicazioni I.C.M.S. nonché la recente Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, in relazione alle finalità e tipologia di studio, si ritiene sufficientemente cautelativo adottare le magnitudo momento **Mw-max = 6.14 e 6.37** come definite ed individuate nell'ambito della zonazione ZS9.

In figura 3.9 invece viene riportato un ulteriore dettaglio dell'area. Oltre alle zone sismogenetiche individuate dal DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia, in quest'altra figura vengono visualizzati gli andamenti delle principali faglie attive e capaci tratte dal catalogo *ITHACA* (ITHACA Working Group (2019). *ITHACA (Italy HAZard from Capable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>*).



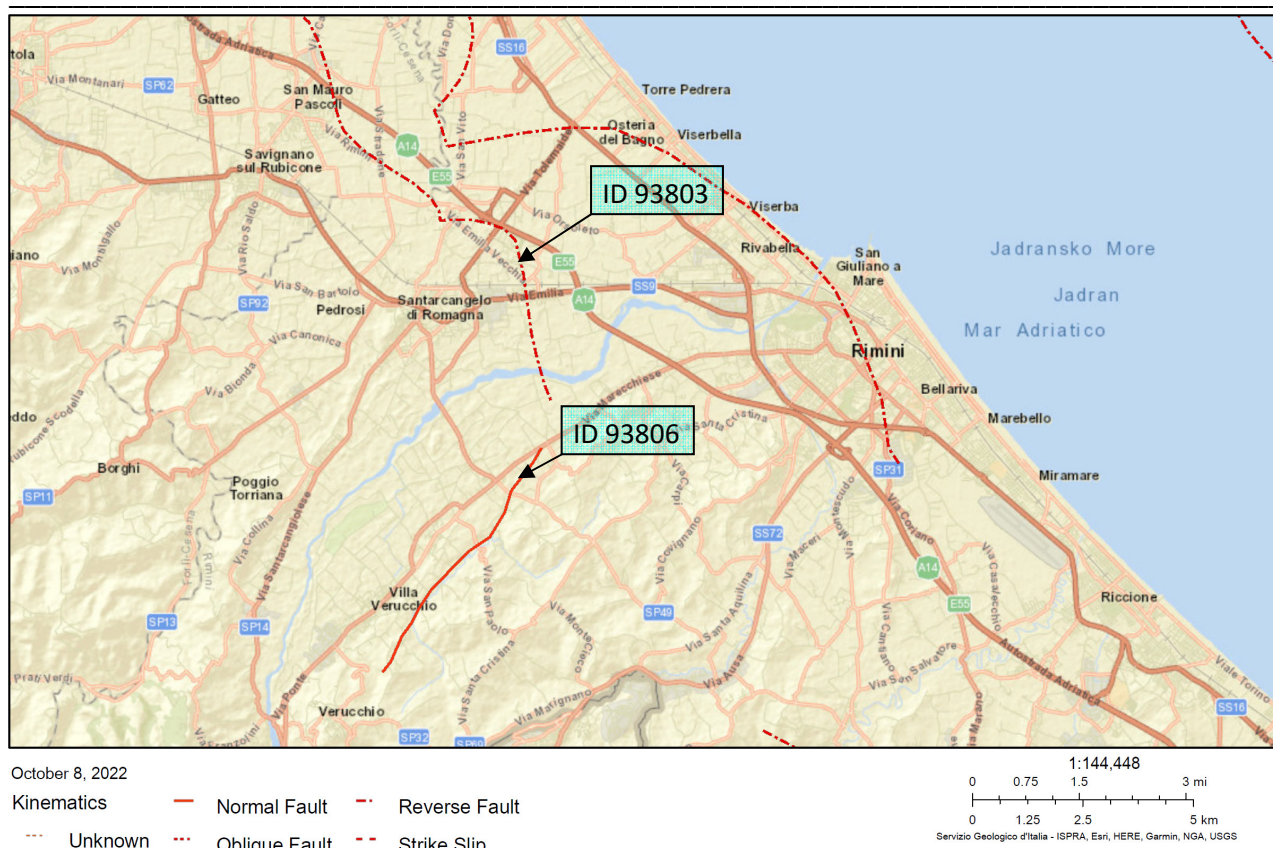


Figura 3.9 – Dettaglio catalogo ITHACA delle faglie attive e capaci e relativo codice identificativo.

Dalla figura 3.9 si evince come solo il territorio comunale di Santarcangelo e di Verucchio venga marginalmente lambito da due strutture di faglia di cui una con cinematismo “inverso”, con direzione NW-SE, denominata “Sant’Arcangelo di Romagna - Ravenna” (Fault code 93803) ed una seconda di ordine minore a cinematismo “normale”, orientato NE-SW, denominato “F. Marecchia – Ravenna” (Fault code 93806); tuttavia i dati disponibili nel catalogo ITHACA riportano una scarsa conoscenza di tali strutture, trattandosi di sovrascorrimenti profondi post-tortoniani dedotti (secondo carta geologica Web-Gis Emilia Romagna), così come non ci sono evidenze superficiali né elementi noti su recenti attività, per cui la qualità delle informazioni è ritenuta bassa.

In conseguenza di ciò si può affermare che nel territorio oggetto di studio non vi siano situazioni accertate riconducibili a “zone di faglia attiva e capace” in grado di condizionare la pericolosità sismica locale e che, pertanto, possano essere segnalate negli studi di Microzonazione Sismica, come previsto negli I.C.M.S. (gruppo di lavoro MS 2008), nella versione 1.0 a titolo “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci FAC”.

Per completare l’inquadramento sismico dell’area, in accordo con quanto descritto nell’Allegato A4 alla Delibera di G.R. 630/2019, come aggiornata dalla DGR 476/2021 e successiva integrazione DGR 564/2021, per ciascuna zona significativa interna al Comune in studio è possibile, infine, calcolare lo spettro

di risposta elastico a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (smorzamento pari al 5%) a partire da un moto di riferimento al bedrock ( $a_{refg}$ ). La definizione del moto sismico di riferimento (in termini di  $a_{refg}$  al bedrock) si basa sui valori di pericolosità elaborati da INGV per il territorio nazionale resi disponibili per il territorio regionale sui punti di una griglia con passo 0.05 gradi (circa 5.5 km) nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, tema “Sismica Microzonazione Sismica”.

Il valore di  $a_{refg}$  relativo a ciascun sito analizzato si ottiene quindi interpolando i valori di  $a_{refg}$  definiti nei punti della griglia più prossimi al sito oppure utilizzando il valore del punto della griglia più vicino (nodi ID-18743 – 18744 – 18965 – 18966 – 18967 – 19187 - 19188). Tale valore corrisponde all’accelerazione di ancoraggio prevista al bedrock per lo spettro elastico normalizzato regionale e per cui:

- la forma dello spettro di risposta normalizzato è rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%);
- i valori di  $a_{refg}$  di ogni comune sono riferiti al 10% di probabilità di superamento in 50 anni;

Nell’ambito in studio le accelerazioni definite al suolo rigido ricadono nel range  $0.18 \text{ g} \leq a_{refg} \leq 0.1877 \text{ g}$ .

In figura 3.10 viene illustrato uno stralcio di insieme della griglia di punti con i valori di  $a_{refg}$  di riferimento sostanzialmente derivato dal progetto DPC-INGV-S1:

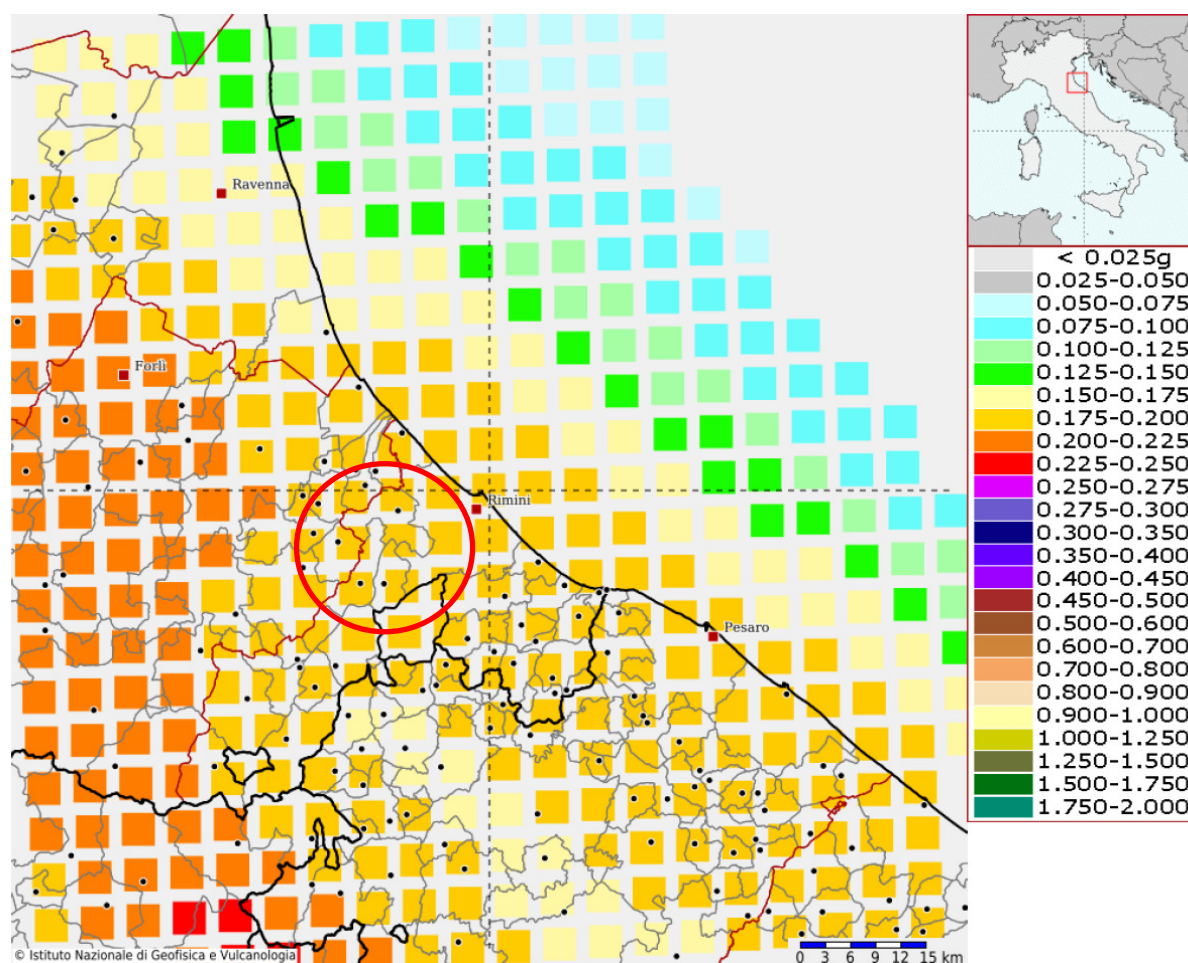


Figura 3.10 – Dettaglio griglia punti di analisi  $a_{refg}$  attraverso disaggregazione, progetto DPC-INGV-S1 Web-Gis



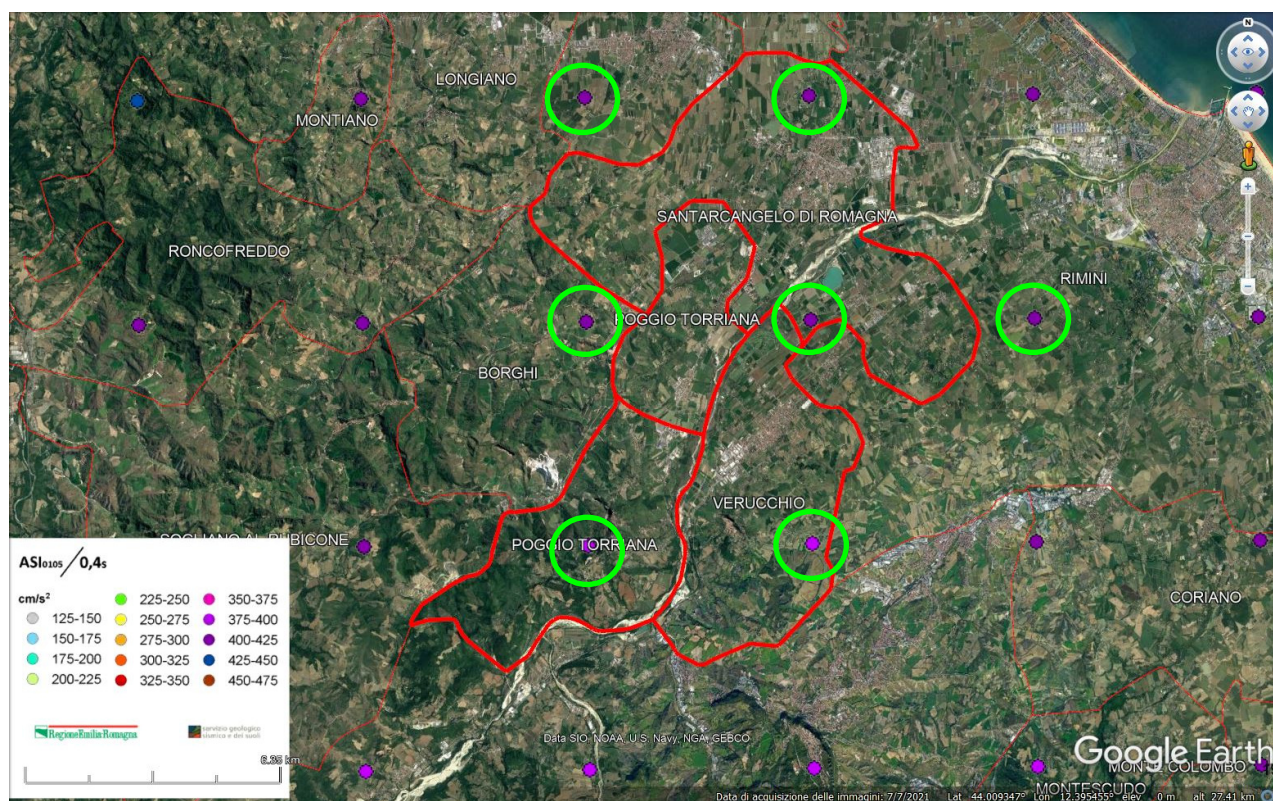


Figura 3.11 – Dettaglio griglia punti di analisi (cerchiati in verde)  $a_{refg}$  utilizzati per le analisi del territorio in studio.

## 4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

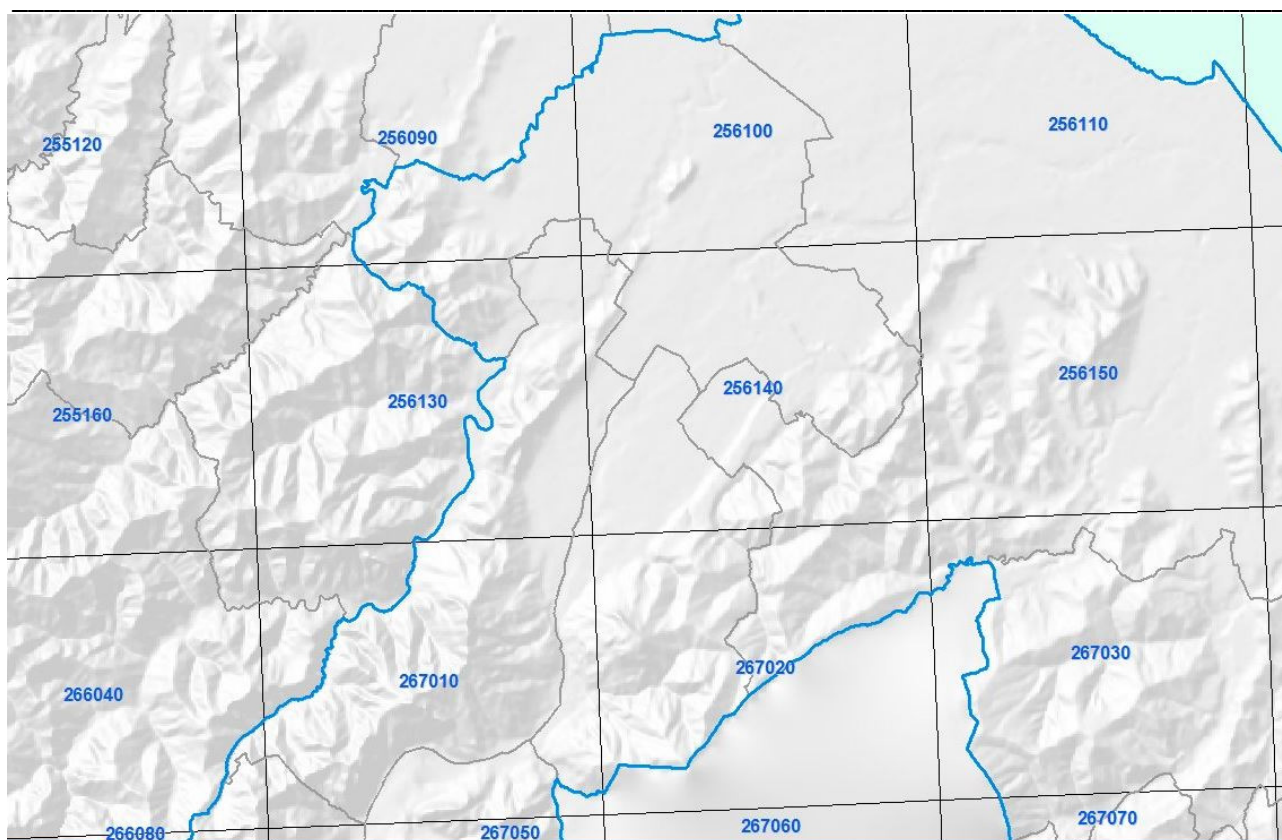
### 4.1. Cartografia di base

Al fine di realizzare un corretto inquadramento del sito di interesse, è stata reperita la seguente documentazione pregressa:

- Carta Geologica D'Italia Foglio 267 (S. Marino) e 256 (Rimini) scala 1:50.000 (Progetto Carg).
- Banca Dati della Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna.
- Quadro Conoscitivo PTCP Provincia di Rimini
- PSC del Comune di Verucchio e Santarcangelo di R.
- PRG dei comuni (pre-fusione amministrativa) di Poggio Berni e Torriana.

### 4.2. Inquadramento geomorfologico

Il territorio del comune di Gambettola è caratterizzato da una morfologia sostanzialmente pianeggiante che si sviluppa al piede delle ultime pendici collinari.



*Figura 4.1 – Assetto morfologico dei territori in studio presso Poggio Torriana, Santarcangelo di R. e Verucchio*

Come si può osservare dalla carta sopra riportata, gli assetti morfologici dei comuni in studio risultano sensibilmente variabili attraverso i vari settori di territorio e, sostanzialmente, in funzione della distanza dalla costa per cui, muovendosi da NE verso SW si passa da contesti di piana alluvionale a zone collinari, di pianura intravalliva terrazzata e, quindi, nelle zone interne a contesti di bassa montagna con rupi e creste rocciose.

Parallelamente allo sviluppo delle valli alluvionali sopracitate, in direzione NE-SW si osservano le linee di crinale collinare che fungono da spartiacque tra i bacini idrografici principali dell'Uso, Marecchia ed Ausa e subordinatamente degli altri corsi d'acqua minori. Tali corsi d'acqua principali, nel loro sviluppo longitudinale, arrivano poi a sfociare direttamente in mare.

Lungo tali crinali e lungo gli assi vallivi principali si imposta altresì la viabilità principale di collegamento fra le varie frazioni e località.

Il territorio è quindi caratterizzato dalla presenza di lineamenti geologico-strutturali (pieghe, contatti stratigrafici, sovrascorrimenti, ecc.) ad andamento prevalentemente appenninico orientato in direzione NW-SE impostati su formazioni geologiche autoctone plio-pleistoceniche (marnoso-argilloso-arenacee) ed alloctone paleoceniche-mioceniche, a tratti con tessitura fine caotica e/o lapidea (vedi figura 4.2 sottostante), caratterizzate da coperture superficiali e depositi gravitativi di spessore talora significativo; diversamente i fondovalle sono interessati dapprima da depositi di argine, canale e rotta fluviale e, in ultimo più verso mare, di piana fluviale.



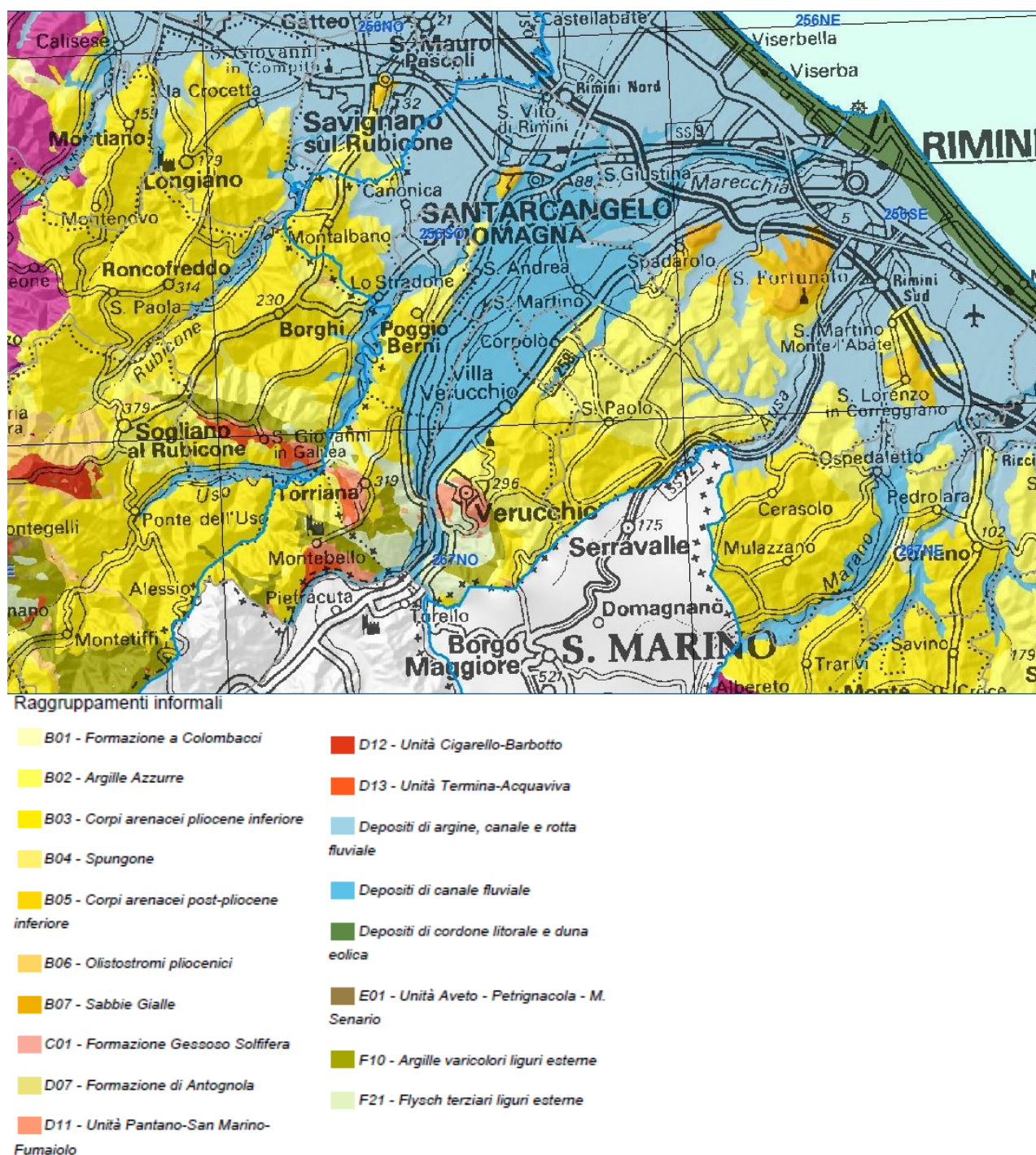


Figura 4.2 – Inquadramento geologico generale (cartografia e banca dati RER su scala di acquisizione 1:50.000)

Mentre nei settori intravallivi e sub pianeggianti gli assetti morfologici e geomorfologici risultano modellati prettamente dai processi fluviali e relative strutture erosive/de posizionali, in quelli collinari e montani le forme del territorio vengono condizionate prettamente dagli assetti strutturali congiuntamente all'azione delle acque superficiali (erosione-trasporto-deposito) ed ai fenomeni gravitativi di massa.

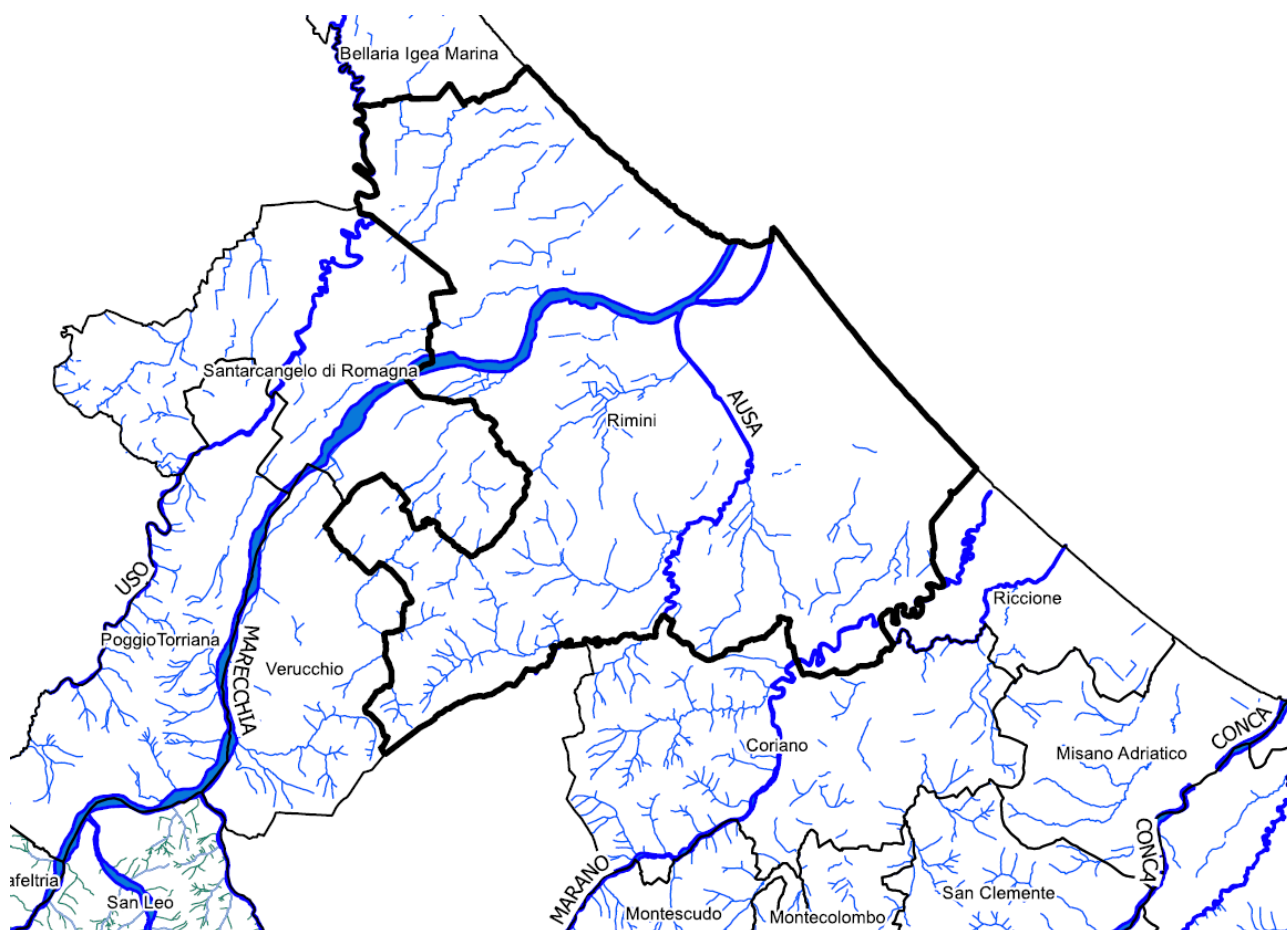
Nella parte meridionale del territorio, in prossimità delle rupi e nei settori più a monte, si rileva infine la presenza di estese aree prettamente argillose, dominate talora da una morfologia calanchiva.

Le quote massime, minime e medie rilevabili nell'ambito del territorio in studio, espresse in metri sul livello del mare, sono riportate nella seguente tabella riassuntiva:

Comune	Altitudine Minima	Altitudine Massima	Altitudine Media
<a href="#"><u>Santarcangelo di R.</u></a>	20	186	42
<a href="#"><u>Poggio Torriana</u></a>	44	455	155
<a href="#"><u>Verucchio</u></a>	61	503	330

Dal punto di vista idrografico, nel territorio in studio dell'Unione di Comuni Valmarecchia si possono distinguere 2 corpi idrici principali con foce diretta in Adriatico: Uso e Marecchia. Si evidenziano inoltre piccoli rii e fossi affluenti dei corsi d'acqua principali.

Lo schema generale del reticolo idrografico viene riportato nella seguente carta di inquadramento generale.



*Figura 4.3 – Carta del reticolo idrografico principale*

In linea generale, anche per i corsi d'acqua principali, si tratta di corsi d'acqua a carattere torrentizio con forti magre estive e piene straripanti nei periodi autunno-invernali. Tale situazione di portate estreme è

dovuta principalmente al regime pluviometrico (deflussi legati agli afflussi meteorici) ed alla presenza di terreni scarsamente permeabili (argille, marne, argille marnose).

La rete idrografica minore è caratterizzata da criticità connesse a problematiche assai dissimili a quelle relative alle aste principali: negli areali di pianura le situazioni di pericolosità sono infatti essenzialmente legate a difficoltà nello smaltimento delle acque piovane in occasione di eventi di pioggia particolarmente intensi, in relazione ai tombinamenti dei tratti urbani, mentre nel territorio montano-collinare si evidenziano criticità spesso connesse a fenomeni di sovralluvionamento o di erosione di sponda.

#### **4.3 Inquadramento geologico-strutturale**

Il bordo appenninico esterno e l'attuale fascia costiera sono il prodotto del sistema ad embrici e accavallamenti che regola il sollevamento e lo sviluppo della catena appenninica.

Secondo le recenti ricerche dell'AGIP (Pieri e Groppi, 1981) la Pianura Padana meridionale costituisce una stretta fascia allungata parallelamente ai rilievi del bordo appenninico entro cui si è verificato un consistente accumulo di depositi soprattutto neogenici. La presenza di strutture tettoniche sepolte drappeggiate ed annegate da tali depositi, storicamente ipotizzata, è stata accertata attraverso la realizzazione di "sezioni sismiche".

Lungo il bordo appenninico esterno e la fascia di pianura antistante gli elementi strutturali accatastati vengono a formare un prisma di accrezione che per la complessa interferenza tra l'attività tettonica e quella sedimentaria assume i caratteri di una pronunciata fossa tettonica (Scandone, 1980) denominata "Avanfossa appenninico-adriatica" (Ori G.G., Roveri M. e Vannoni F., 1986). L'intrecciarsi di complessi meccanismi sedimentari e tettonici hanno dato luogo alla formazione di bacini alla fronte e sulla parte retrostante degli accavallamenti traslando con essi all'interno della avanfossa. Il risultato finale è quello di un consistente impilamento di sedimenti caratteristici della successione sedimentaria plio-peistocenica sino a quelli olocenici della zona di studio.

Di seguito si riporta uno schema tettonico dell'Appennino Settentrionale - Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna (Servizio Geologico, 2004) e una sezione trasversale regionale (Fantoni e Franciosi, 2009) (Figure 4.4 e 4.5).

La tettogenesi della nostra area inizia nel Tortonian, in corrispondenza di una fase tettonica molto accentuata ad occidente, quando la fascia romagnolo - marchigiana interna, ubicata sul fronte della catena, costituisce una depressione fortemente articolata in piccoli bacini con sviluppo parallelo all'asse appenninico ("Bacini minori intrappenninici"; Ricci Lucchi, 1975). Il bordo appenninico esterno e l'avanfossa appenninica - adriatica propriamente detta, iniziano a delinarsi durante il Messiniano migrando nella fascia esterna e trovano il loro massimo sviluppo nel pliocene inferiore quando la tettogenesi appenninica raggiunge il suo acme e la catena si estende ormai su tutta l'area.



*Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)*  
Relazione Illustrativa

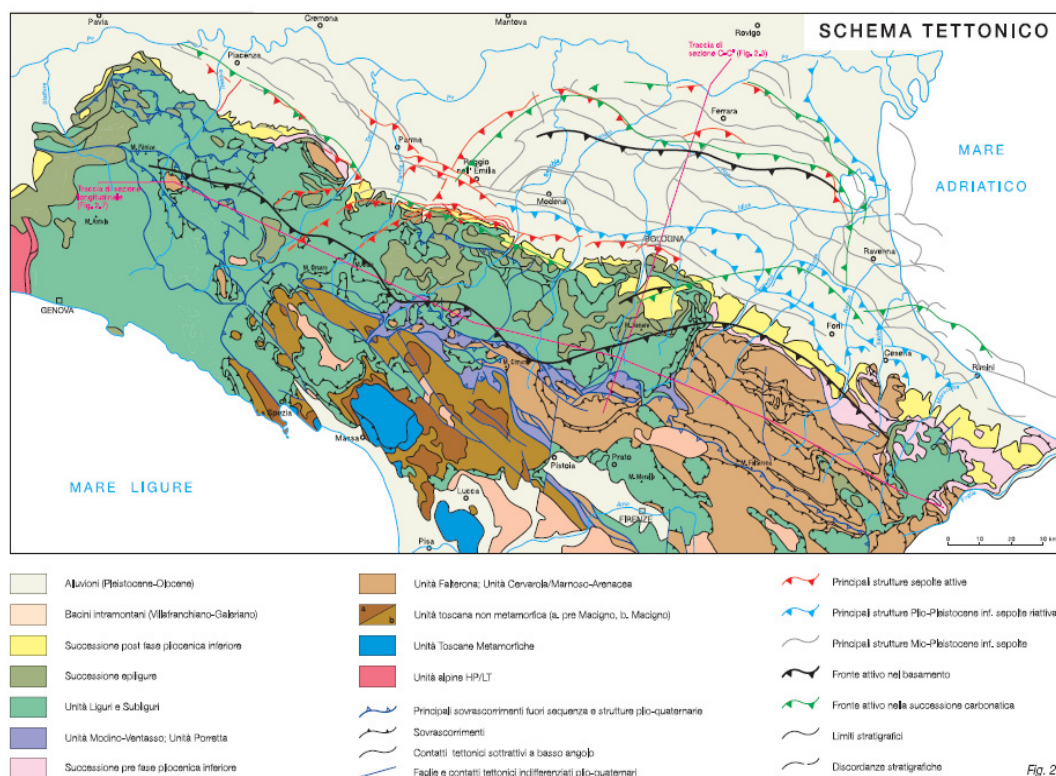


Figura 4.4 – Schema tettonico dell'Appennino Settentrionale - Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna.

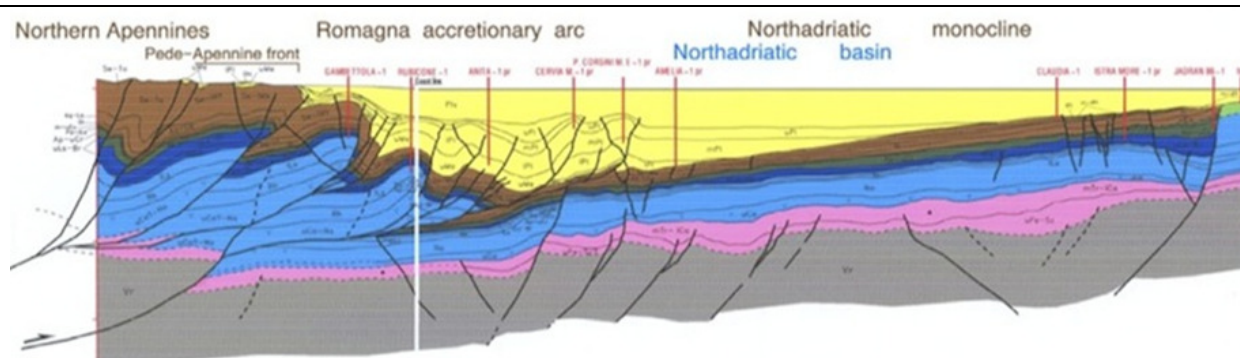


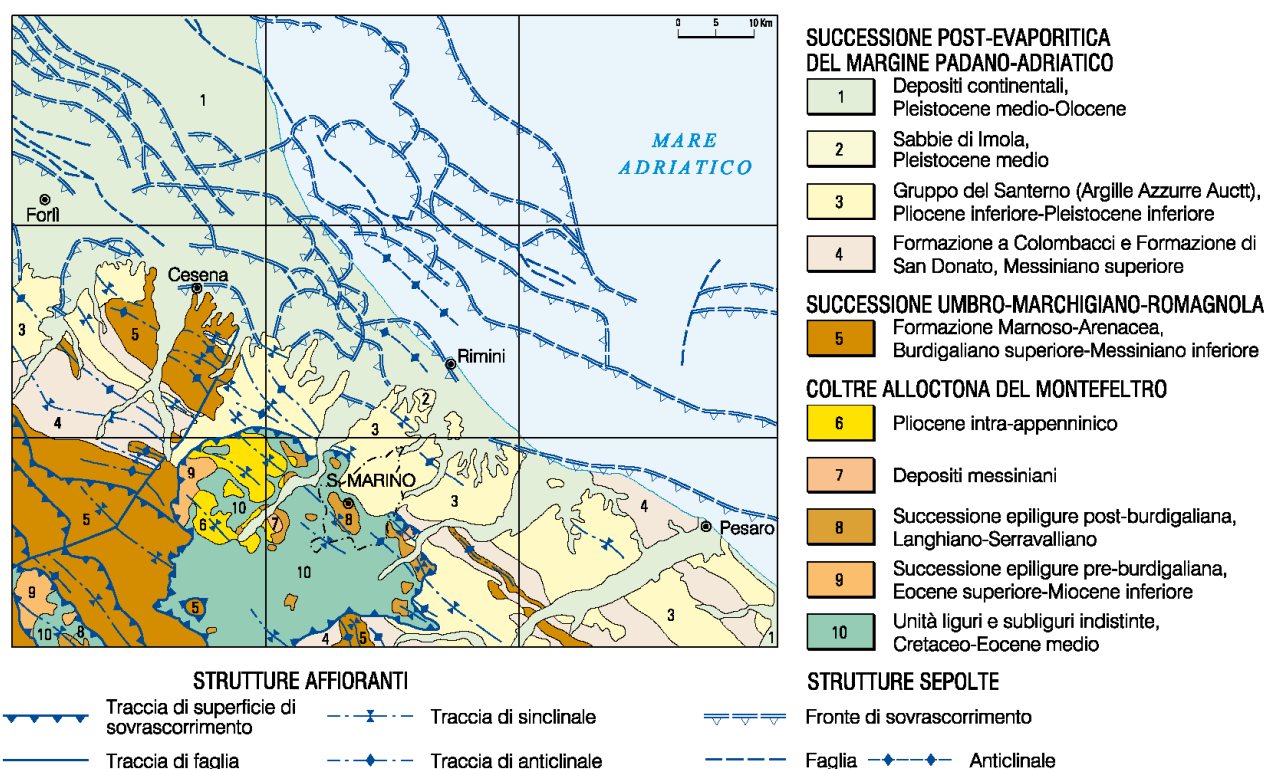
Figura 4.5 – Sezione trasversale regionale (Fantoni e Franciosi, 2009)

Durante il pliocene medio - superiore la distensione, legata all'avanzamento del fronte estensionale tirrenico, comincia ad interessare la parte più interna della catena mentre i principali fronti compressivi sono ubicati nella fascia romagnolo - marchigiana esterna determinandone il sollevamento e la parziale emersione.

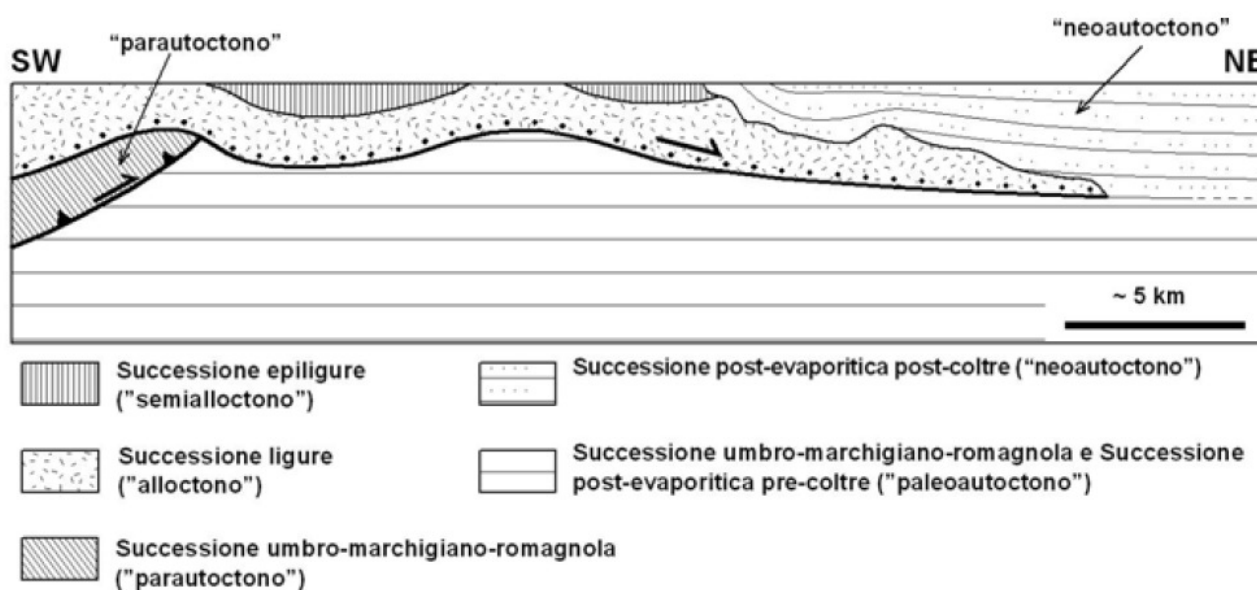
Nel pleistocene inferiore - medio i fronti compressivi migrano in Adriatico. Si hanno movimenti differenziali verticali delle aree che continuano anche nel "Pleistocene glaciale" influenzando lo sviluppo e la tipologia della sedimentazione. L'attività tettonica non si è ancora esaurita, almeno nella fase avanzata dell'orogenesi (Pianura Padana, Adriatico) come è dimostrato dalla frequente attività sismica della regione. Lo schema tettonico-strutturale generale è quindi apprezzabile nelle figure 4.6 a) e b) relative al rilievo CARG dei fogli 256 e 267.



## SCHEMA DI INQUADRAMENTO REGIONALE



a)



b)

Figura 4.6 – Schema di inquadramento regionale generale – progetto CARG, Foglio 526 Rimini (a) e sezione geologica schematica attraverso l'area studiata (note Foglio 267 San Marino) (b).

#### **4.4 Assetto stratigrafico**

Le caratteristiche geologiche del territorio comunale tendono a variare sensibilmente nello spazio in quanto interessano ambiti orografici e deposizionali molto diversi. Nelle parti più interne del territorio affiorano le formazioni geologiche più antiche del periodo Paleogenico-Neogenico, migrate in senso orizzontale e costituenti i rilievi e le rupi principali; queste unità alloctone, chiamate Liguri ed Epiliguri, sotto l'azione di spinte tettoniche sono sovrascorse impilandosi sui depositi semiautoctoni Plio-Pleistocenici che litologicamente costituiscono prevalentemente i sottostanti rilievi collinari sino alle ultime pendici di transizione alla pianura. Qui le azioni di natura prevalentemente compressiva hanno determinato elementi strutturali (pieghe, faglie, accavallamenti, ecc.) a prevalente orientamento appenninico ed un significativo sollevamento rispetto agli originari bacini deposizionali. Infine in corrispondenza ed a valle delle ultime pendici collinari, di età sostanzialmente Pliocenica-Pleistocenica, si trovano le alluvioni continentali terrazzate intravallive (Pleistocene- Olocene) ed i depositi di piana alluvionale (Olocene-attuali). In quest'ultimo ambito i terreni affioranti si sono venuti costituendo in posto (a differenza di quelli impilati e sovra scorsi dell'entroterra) e, pertanto, si presentano in successione stratigrafica normale, con termini più antichi in basso e i più recenti in alto.

In tal senso le unità alluvionali di fatto cartografate, quindi, corrispondono a pacchi di sedimenti delimitati da superfici-tempo e, per questo, coincidono con unità stratigrafico-deposizionali, di cui le sequenze deposizionali costituiscono un estremo. I subsistemi sono stati inoltre caratterizzati dal punto di vista litologico e paleoambientale; la rappresentazione dei caratteri di facies dei principali corpi sedimentari riconosciuti attraverso l'impiego dei più comuni criteri litostratigrafici, è stata in questo modo sviluppata all'interno di unità inquadrare dal punto di vista cronostratigrafico.

Per il territorio dei comuni di Santarcangelo di R., Poggio Torriana e Verucchio sono, dunque, state individuate 3 principali macro-aree:

- **MACROAREA ALLUVIONALE:** comprende la piana alluvionale del sistema Marecchia-Uso, prevalente lungo i settori intravallivi dei due corsi d'acqua principali e sul settore nord orientale del territorio in studio sino alle ultime propaggini di Santarcangelo di R. e di Verucchio.
- **MACROAREA DI BASSA COLLINA:** riguarda tutta la zona collinare, i cui crinali si sviluppano in direzione antiappenninica, parallelamente ai corsi d'acqua principali ed i cui versanti delimitano i relativi depositi alluvionali di fondovalle; tale configurazione tende a chiudersi circa in corrispondenza della strettoia della conoide del F. Marecchia in corrispondenza di Ponte Verucchio e di quella del T. Uso in prossimità della loc. Masrola. Tale zona risulta prettamente interessata dall'affioramento delle formazioni geologiche Plio-Pleistoceniche ed in subordine quelle alluvionali terrazzate.

- 
- **MACROAREA DI ALTA COLLINA/RUPESTRE:** riguarda il restante territorio a monte della chiusura delle conoidi dei corsi d'acqua principali, caratterizzata da rilievi con le maggiori quote altimetriche, dalla presenza di rupi con profili abrupti e talora irregolari, in cui i crinali principali dei rilievi e le creste rocciose tendono a svilupparsi in direzione prevalentemente appenninica. In tale settore si alterna la presenza di unità alloctone e semiautoctone lungo i lineamenti strutturali principali, con ampia diffusione di aree calanchive e franose.

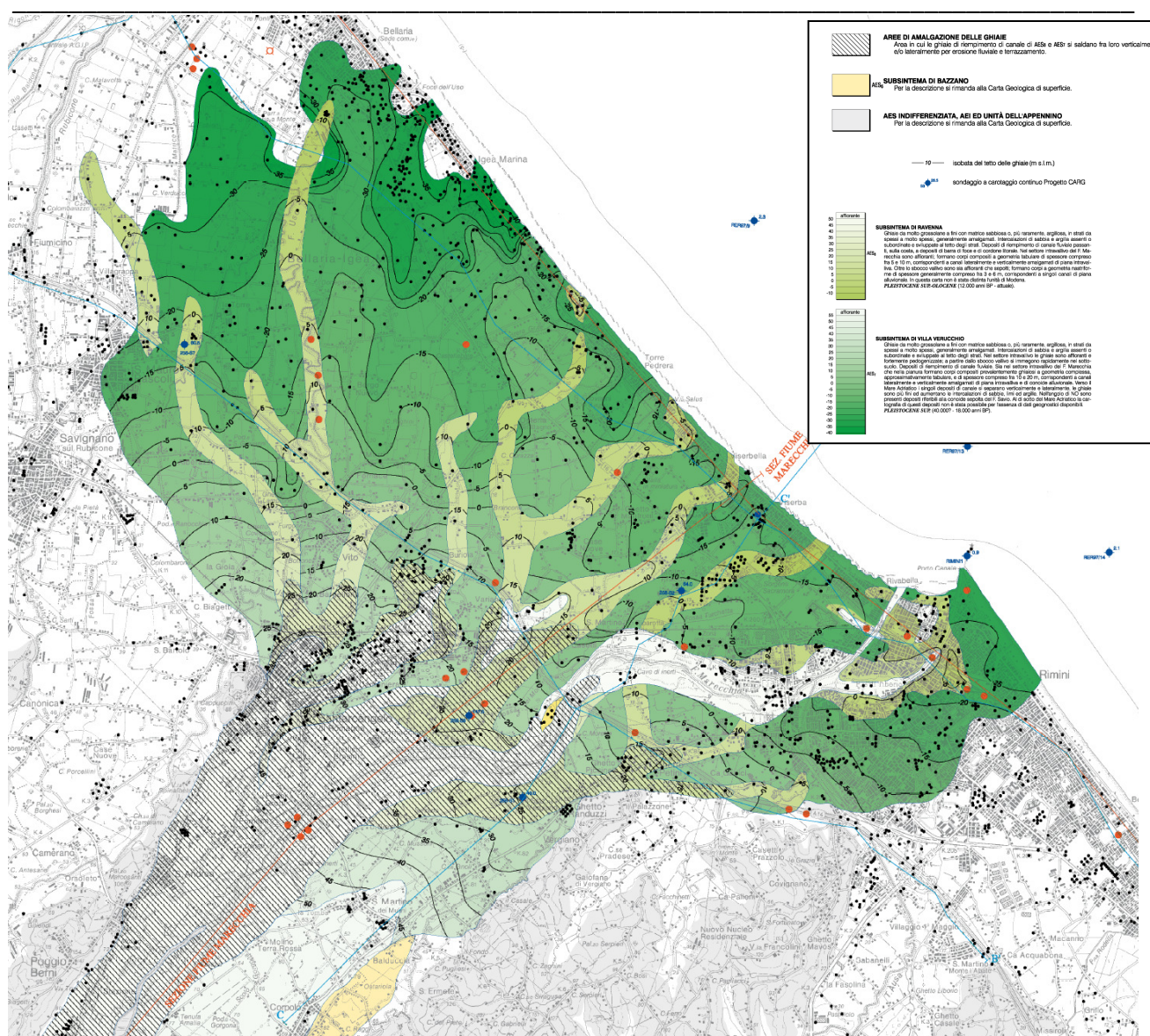
Di seguito è riportata una breve descrizione delle caratteristiche geo-litologiche di ciascuna macro-area rilevata.

#### **MACROAREA ALLUVIONALE**

I depositi continentali sono per lo più sedimentati per opera delle acque del Fiume Marecchia, principale corso d'acqua della provincia riminese, che con le improvvise e notevoli piene ha originato alternanze di ghiaie più o meno grossolane, limi, argille e sabbie. Gli spessori maggiori si hanno nella zona nord di Rimini (fino a 300 mt), ove la conoide si apre verso il mare a seguito delle divagazioni fluviali. Soprattutto nel settore centrale e settentrionale della piana alluvionale e costiera, nell'ambito dei depositi di copertura superficiali, si rilevano frequenti strutture ghiaiose di paleolaveo (vedi figura 4.7 sottostante). Essi formano corpi a geometria nastriforme, larghi qualche centinaio di metri, che incidono con contatto netto ed erosivo le tracimazioni fluviali adiacenti (canali singoli di piana alluvionale).

Talora i singoli depositi di canale si saldano lateralmente e verticalmente e formano dei corpi composti con geometria d'insieme relativamente tabulare e spessore fino a 15 metri; i diversi corpi ghiaiosi sono separati da orizzonti di depositi fini con spessore massimo verso mare formando una conoide multistrato. Procedendo verso monte i lobi di conoide tendono a convergere sempre più tra loro sino all'imboccatura della zona intravalliva (S. Giustina/Santarcangelo) ed a divenire sostanzialmente coalescenti. La conoide del F. Marecchia è infatti costituita da una zona apicale in cui le ghiaie sono amalgamate tra loro e formano un acquifero freatico monostrato compreso tra la superficie topografica ed il substrato marino prevalentemente argilloso. La zona di amalgamazione delle ghiaie è quella in cui si verifica la ricarica diretta di tutta la conoide, sia dalle infiltrazioni efficaci, sia dall'alveo. La chiusura apicale della conoide viene individuata circa all'altezza del Ponte Verucchio, a monte del quale i depositi ghiaiosi si riducono sensibilmente in spessore ed ampiezza.

*Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)*  
Relazione Illustrativa



*Figura 4.7 – Estratto della carta del tetto delle ghiaie della conoide alluvionale del Fiume Marecchia.*

Depositi alluvionali di minore entità e con tessiture granulometriche più fini si hanno per opera del Fiume Uso che, a mare dell'abitato di Santarcangelo di R., si interdigitano con quelli del Fiume Marecchia con spessori di alcune decine di metri, incrementando poi significativamente il loro spessore verso mare.

I depositi alluvionali appartengono al Sintema Emiliano - Romagnolo superiore (AES), all'interno del quale vengono individuati il Subsintema di Ravenna (AES<sub>8</sub>) e l'Unità di Modena (AES<sub>8a</sub>), costituiti essenzialmente da materiali grossolani (sabbie e ghiaie) alternati a materiali a granulometria più fine (limi e argille); questi ultimi, in corrispondenza del terrazzo superiore, occupano la parte più superficiale del deposito. In profondità ed al crescere dell'età dei cicli deposizionali (e corrispondenza dei terrazzi più alti, presenti a tratti a margine delle valli alluvionali), sono rilevabili orizzonti appartenenti al Subsintema di Villa Verucchio (AES7) ed al Subsintema di Bazzano (AES6).



L'insieme dei depositi ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale, affioranti e sepolti lungo la valle del F. Marecchia, a ridosso dello sbocco vallivo e nella pianura antistante, costituisce un serbatoio idrico di notevole importanza, ampiamente sfruttato sia per fini pubblici (idropotabili), che privati (agricoli, industriali, zootecnici).

I diversi acquiferi sono quindi disconnessi dalla superficie e acquisiscono tutti condizioni di artesianità. I principali acquiferi, ovvero quelli più spessi ed arealmente più continui, corrispondono alle porzioni regressive terminali dei cicli deposizionali riconosciuti nel sottosuolo, caratterizzate per l'appunto dallo sviluppo di estesi lobi di conoide alluvionale.

Gli acquitardi più estesi corrispondono invece alla argille e limi presenti nella parte inferiore di ciascuna unità idrostratigrafica di sottosuolo. Le Unità Idrostratigrafiche presenti in sito sono infatti formate da più sequenze deposizionali caratterizzate da alternanze cicliche di depositi fini, o aquitardi (presenti alla base) e grossolani (al tetto) molto spessi sede degli acquiferi. Una sequenza deposizionale è una successione di sedimenti geneticamente legati tra loro (sono depositi durante lo stesso intervallo di tempo e con meccanismi della sedimentazione legati tra loro), compresi alla base e al tetto da superfici di discontinuità della sedimentazione e da superfici di continuità ad esse correlate.

All'interno di ciascun "Gruppo Acquifero", partendo dalla superficie, vengono distinti diversi "Complessi Acquiferi" gerarchicamente inferiori (a cui comunque corrisponde un'unità stratigrafica della Carta Geologica) identificate dal nome del Gruppo Acquifero di appartenenza, seguito da un numero progressivo (A0, A1 ecc.).

Per quanto riguarda la corrispondenza tra le unità geologiche, a cui i diversi corpi ghiaiosi sono attribuiti e quelle idrostratigrafiche, si fa riferimento alla sottostante Tabella 4.1 (tratta da Severi et al., 2014).

AES	AES8	GRUPPO ACQUIFERO A	COMPLESSO ACQUIFERO A0
	AES7		COMPLESSO ACQUIFERO A1
	AES6		COMPLESSO ACQUIFERO A2
	AES indistinto		COMPLESSO ACQUIFERO A3+A4
AEI		GRUPPO ACQUIFERO B	
IMO		GRUPPO ACQUIFERO C	

*Tabella 4.1 – Corrispondenza tra Unità Geologiche e Unità Idrostratigrafiche*

La conoide alluvionale, in funzione dell'assetto e interconnessione dei livelli ghiaiosi e del rapporto con le zone di alimentazione entro il bacino di ricarica, viene distinta in tre zone principali denominate da monte verso valle rispettivamente come: pianura intravalliva, conoide amalgamata e conoide multistrato (vedi figura 4.8 a e b).

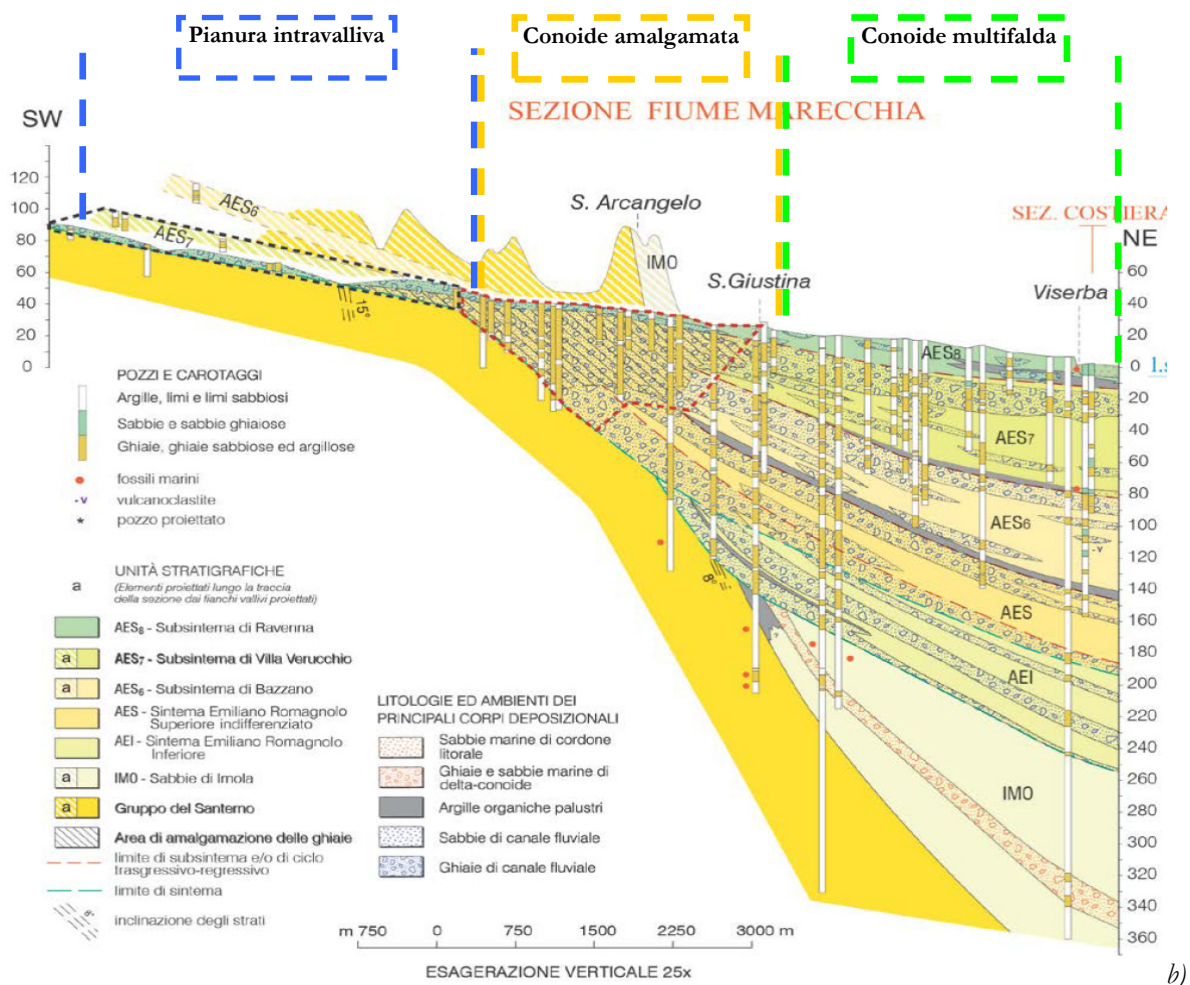
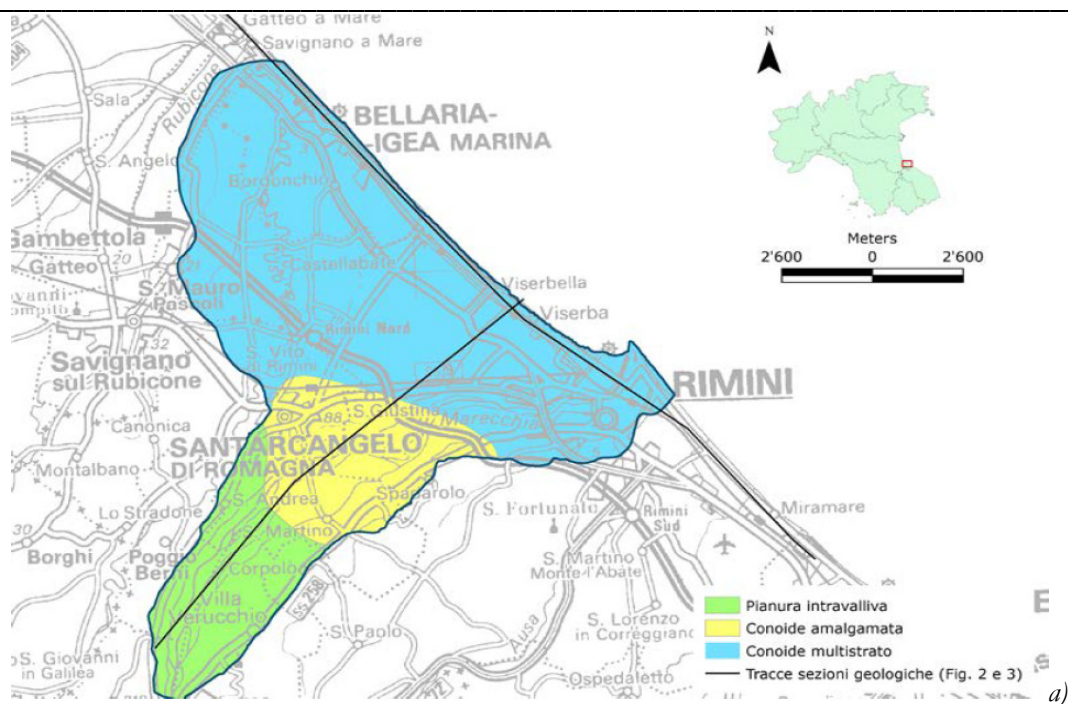


Figura 4.8 – Ambiti della conoide del Marecchia (a); sezione geologica rappresentativa della conoide del Marecchia perpendicolare alla costa e passante per il tratto costiero di Rimini Nord (b).

La conoide del Fiume Marecchia ha una forma vagamente ellittica con inflessione verso la destra idrografica ed ha uno spessore dei materiali alluvionali che varia da circa 2 mt all'altezza dell'apice a Ponte Verucchio, a circa 230 mt nella zona di piana e costiera di Rimini Nord. La diffusione dei materiali pefitici e psammitici costituiti da ghiaie e sabbie grossolane, consente una notevole permeabilità sia verticale che orizzontale con conseguente comunicazione tra i livelli più superficiali della falda acquifera e valorizzazione delle portate in emungimento. La falda acquifera assume caratteri di spiccata freaticità per i primi per i primi 20-30 mt di profondità dal p.c. e semiartesianità/artesianità a profondità maggiori a causa dei primi consistenti strati di materiali a granulometria fine avente una notevole impermeabilità e continuità.

L'alternanza poi di livelli a diversa permeabilità determina condizioni di artesianità a varia profondità in relazione con le tre falde acquifere profonde, che appaiono non comunicanti per la discontinuità dei vari corpi idrogeologici grossolani che le inglobano, essendo questi isolati da potenti strati di depositi fini che li avvolgono quasi sempre completamente preservandoli anche dal punto di vista batteriologico e parzialmente dal punto di vista chimico.

L'alimentazione delle falde distribuite nell'area della conoide sembra avvenire quasi esclusivamente ad opera di acque fluenti lungo il corso del Fiume Marecchia e di superficie a valle della stretta di Ponte Verucchio, ovvero subordinatamente ad opera di numerose sorgenti, a volte confluenti in corsi d'acqua laterali ed immissari del corso d'acqua principale; assumono un ruolo anche le falde acquifere in ambito pedecollinare inserite nella sabbie e limi del Pliocene superiore e nei conglomerati regressivi plio-pleistocenici. Seguono poi nell'ordine altri fattori quali il regime delle precipitazioni meteoriche, almeno per la falda più superficiale ed altri di minor influenza.

## MACROAREA COLLINARE

Nelle zone collinari i terreni del substrato geologico sono ricoperti da coltri di alterazione e depositi quaternari (depositi di frana, di versante ed eluvio-colluviali) di variabile spessore, generalmente crescente dalla sommità dei rilievi verso il piede del versante, mediamente compreso tra i 3 ed i 7 m, ove si ritrova il maggior spessore. Alla stregua delle coltri di alterazione i posto, in corrispondenza delle aree in studio, si rinvencono anche alcuni depositi detritici di versante e/o di accumulo eluvio-colluviale, prettamente attestati su tratti di versante conformati ad impluvio morfologico, anch'essi con spessore massimo sino a 7 m. I movimenti gravitativi rilevati, di tipo sia attivo che quiescente, presentano una dinamica prevalente per scorrimento e spessori massimi sino a 7 m, solitamente nella parte bassa del versante; tali movimenti, in presenza di particolari condizioni al contorno (pendenza del versante, circolazioni idriche nel sottosuolo, sovraccarichi, ecc.) tendono ad innescarsi ed a svilupparsi all'interno degli orizzonti a minor resistenza geomeccanica quali le coltri alterate o i depositi eluvio/colluviali e/o di versante, presentando una natura litologica prevalentemente limo-argillosa.

Le unità geologiche di base della conoide alluvionale così come quelle affioranti sulle aree collinari in studio sono di età Plio-Pleistocenica e rappresentate, cronologicamente dalle più recenti a quelle più antiche, dalle Sabbie di Imola (IMO), le Arenarie e Argille di Savignano (SVG) e la Formazione delle Argille Azzurre (FAA) nelle sue litofacies “pelitico arenacea” (FAA2pa) e “arenaceo-pelitica” (FAA2ap).

Si vuol segnalare altresì la presenza di numerose cavità di tipo antropico scavate storicamente nel primo sottosuolo arenaceo in corrispondenza del rilievo del M. te Giove presso l’abitato di Santarcangelo di R., quale pratica diffusa dagli abitanti in quell’area e di cui si ha una significativa mappatura; l’assetto, distribuzione e stato di conservazione di tali cavità in ambito urbano, soprattutto a seguito del crollo di alcune di esse, ha reso necessario l’inserimento di parte del centro storico fra gli abitati da consolidare ex legge 445/1908.

#### MACROAREA DI ALTA COLLINA/RUPESTRE

In prossimità della chiusura di monte delle conoidi dei corsi d’acqua principali, i rilievi si innalzano sensibilmente, sviluppando a tratti profili abrupti e talora irregolari, in cui i crinali principali dei rilievi e le creste rocciose tendono a svilupparsi in direzione prevalentemente appenninica. dove affiorano i terreni delle Liguridi e della Successione epiligure, i forti contrasti di competenza hanno guidato l’erosione selettiva verso il modellamento di un paesaggio a forte influenza litologica, che ha valso l’istituzione di una peculiare unità fisiografica “rupestre e calanchiva”. Le forme caratteristiche sono per tanto date da ampie zone calanchive, rese uniche dai vivaci colori del substrato, e dalle isolate rupi calcaree (San Marino, Montone, San Leo, Montefotigno, Sassofeltrio), che spiccano come imponenti forme lito-strutturali, superando dislivelli anche di svariate centinaia di metri con scarpate sub-verticali che evolvono per arretramento parallelo (parallel retreat, KING, 1953, 1957), in virtù dei sistemi di fratturazione sub-verticali e della rapida rimozione del detrito al piede che impedisce l’accumulo di una falda detritica e lo sviluppo di un versante di sostituzione. Il reticolo idrografico è prevalentemente di tipo dendritico, in continua evoluzione a causa del modellamento gravitativo dei versanti. Le coltri formazionali alterate e detritiche al piede delle rupi e sino al fondovalle presentano spessori generalmente più consistenti rispetto alla collina pliocenica, talora anche sino a 8-12 m.

In tale contesto, presso il comune di Verucchio, prendono origine anche grandi movimenti di massa del tipo lateral spread e DGPV. La placca di Verucchio, intensamente fratturata e tettonizzata per via della sua messa in posto è in realtà frammentata in due placche: la separazione avviene in corrispondenza della Piazza Malatesta ove risalgono per un fenomeno di lateral spread i terreni plastici del complesso di base frammisti a materiale detritico fornito dai blocchi in movimento. Le deformazioni gravitative profonde di versante (D.G.P.V.) paiono invece interessare gran parte del versante occidentale del colle di Verucchio compreso tra la placca calcarea e l’alveo del Fiume Marecchia. Si tratta di fenomeni gravitativi a lungo termine (fino a decine di migliaia di anni) che dislocano ammassi di terreno di notevole dimensioni lungo discontinuità



preesistenti e/o di neoformazione, con effetti geomorfologici visibili o movimenti rilevabili solo strumentalmente, nell'ambito dell'evoluzione morfologica del sistema crinale-versante-fondovalle. I versanti interessati da questo fenomeno si presentano dal punto di vista geomorfologico disarticolati, non regolarizzati, con presenza di contropendenze che non possono trovare giustificazione nell'affioramento di litologie diverse (terreni più o meno competenti). Tali processi avvengono generalmente ad una scala temporale comparabile a quella dei fattori predisponenti e di controllo dinamico e, considerata la lenta evoluzione del fenomeno, i danni alle strutture/infrastrutture presenti in tali aree possono risultare di difficile interpretazione perché determinati da una sovrapposizione di fenomeni.

I corsi d'acqua principali hanno direzione SW-NE e presentano locali fenomeni di inadattamento litostrutturale dell'idrografia. Il Fiume Marecchia per il parziale tratto in studio riceve i suoi principali affluenti di destra, T. Mazzocco e T. San Marino, ove presenta un ampio letto ghiaioso di tipo braided ed un'piana alluvionale terrazzata con bruschi restringimenti in corrispondenza delle soglie erosive rappresentate dalle rupi calcaree. Il Marecchia poi, a valle della soglia di Ponte Verucchio e sino quasi a Santarcangelo, si trova a scorrere incassato per diversi metri nel substrato formazionale, originando un vero e proprio Canyon.

I fenomeni carsici all'interno delle calcareniti della Formazione di San Marino della Successione epiligure risultano modesti: la dissoluzione, favorita dalle diaclasi principali, non ha portato allo sviluppo di una speleogenesi significativa. Alcune cavità di maggior rilevanza vengono individuate in località Saiano (Poggio Torriana) e in corrispondenza della placca calcarea di Verucchio. In quest'ultima località, soprattutto in corrispondenza del centro storico sono altresì presenti diverse cavità di origine antropica.

In questa area si riconoscono due principali insiemi strutturali, riferiti a successioni appartenenti a domini paleogeografici distinti:

- a) l'insieme della "Successione umbro-marchigiano-romagnola" e della "Successione post-evaporitica del margine padano-adriatico" in posizione sostanzialmente autoctona, deposti in un intervallo di tempo che va rispettivamente dal Tortoniano al Messiniano e dal Messiniano superiore al Pleistocene inferiore;
- b) la "Coltre della Val Marecchia" in posizione alloctona, costituita da una successione cretaceo-terziaria intensamente deformata ("Liguridi") e da una sovrastante successione oligo-miocenica meno deformata ("Successione epiligure").

Sulla base dei rapporti con la Coltre della Val Marecchia, l'insieme autoctono (Successione umbro-marchigiano-romagnola e Successione postevaporitica del margine padano-adriatico) può essere suddiviso in:

- una successione "paleoautoctona" rappresentata dalle unità litostratigrafiche deposte precedentemente alla messa in posto della Coltre della Val Marecchia;
- una successione "paraautoctona" che ha subito traslazioni maggiori rispetto alla successione paleoautoctona;

- una successione “neoautoctona” deposta al di sopra dei termini alloctoni, successivamente alla loro messa in posto. La parte più esterna della successione neoautoctona è blandamente deformata, mentre nelle porzioni più interne, deposte negli stadi finali della messa in posto dell’alloctono, si presenta più deformata.

Le unità della Coltre della Val Marecchia possono essere suddivise in unità che hanno subito importanti traslazioni (“alloctono”, cioè le Liguridi s.s.) e quelle deposte sulle unità alloctone mentre queste si deformavano (“semialloctono”, cioè la Successione epiligure). Risulta quindi impossibile organizzare una legenda delle unità litostratigrafiche strutturata per semplice sovrapposizione geometrica. Per questo motivo, la legenda è organizzata per grandi insiemi, corrispondenti a domini paleogeografici, solo in parte corrispondenti all’attuale posizione geometrica in catena. I principali insiemi sono i seguenti:

- a) Liguridi
- b) Successione epiligure
- c) Successione umbro-marchigiano-romagnola
- d) Successione post-evaporitica del margine padano-adriatico.

Uno schema generale dei rapporti stratigrafici delle unità rinvenibili nell’area viene illustrato in figura 4.9.

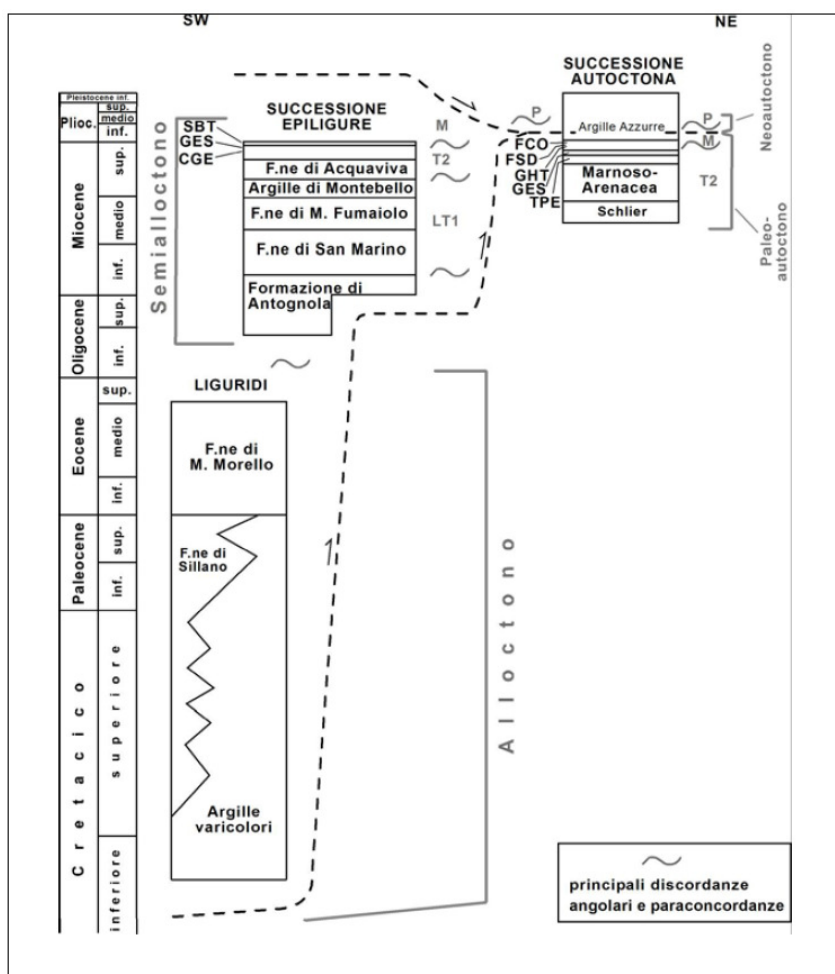


Figura 4.9 – Schema dei rapporti tra le successioni stratigrafiche affioranti (Note Foglio 267 CARG).

Di seguito si fornisce una descrizione dettagliata delle formazioni geologiche presenti e affioranti nei territori studiati, come illustrate negli stralci dell'Allegato 1A e 1B (settori centro-nord e centro-sud), tratta dal Catalogo dei Dati Geografici del Servizio Geologico e Sismico della Regione Emilia Romagna.

## **DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI**

### **a1 Frane attive**

Depositi di litotipi eterogenei più o meno caotici, delle dimensioni dai blocchi alle argille, con contenuto in matrice variabile; frane di diverse tipologie con evidenze di movimenti in atto o recenti.

### **a2 Frane quiescenti**

Depositi di litotipi eterogenei più o meno caotici, delle dimensioni dai blocchi alle argille, con contenuto in matrice variabile; frane di diverse tipologie senza evidenze di movimenti in atto o recenti.

### **a3 Detriti di versante**

Depositi eterometrici, angolosi, con matrice in proporzione variabile, a luoghi stratificati e/o cementati. Origine gravitativa e/o ruscellamento.

### **a4 Depositi eluvio-colluviali**

Depositi eterometrici, spesso siltoso-sabbiosi, generalmente privi di strutture sedimentarie e non cementati.

### **b1 Alluvioni attuali**

Depositi dei fondovalle attuali, eterometrici (dalle ghiaie alle argille), che costituiscono le forme di letto dei fiumi e che vengono rimaneggiati durante gli eventi alluvionali principali.

## **SINTEMA EMILIANO - ROMAGNOLO - SUPERIORE (AES).**

Sabbie e ghiaie con subordinati limi argillosi costituenti terrazzi intravallivi e conoidi, talora con indizi di pedogenesi, e i depositi attualmente in evoluzione nei fondovalle.

Sintema parzialmente suddiviso in subsintemi limitati, in affioramento, dalle principali scarpate di terrazzo fluviale e paleosuoli e, nel sottosuolo della pianura, da bruschi contatti fra depositi trasgressivi marino-marginali e palustri su depositi di conoide e di piana alluvionale. Contatto inferiore erosivo e discordante sui vari terreni prequaternari.

*Pleistocene superiore-Olocene*

### **AES8 - Subsintema di Ravenna.**

Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallobruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale ben drenata con suoli calcarei e non calcarei al tetto. I depositi di piana alluvionale includono ghiaie di canale fluviale e geometria nastriforme. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità circa 28 metri.

*Pleistocene superiore-Olocene*



#### **AES8a - Unità di Modena.**

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, deltizi, di conoide e, localmente, di piana inondabile. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Può ricoprire resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Limite inferiore inconforme, marcato da una superficie di erosione fluviale lateralmente correlata a un suolo da decarbonatato a parzialmente carbonatato contenente resti archeologici di età dal Neolitico al Romano..

*Olocene*

#### **Subsistema di Villa Verucchio (AES7)**

ghiaie, sabbie, limi ed argille di origine fluviale affioranti nei settori intravallivi. Limite inferiore dato, in affioramento, da una superficie di erosione fluviale che incide AES6 ed i depositi marini preesistenti.

*Pleistocene medio-superiore*

#### **Subsistema di Bazzano (AES6)**

ghiaie, sabbie, limi ed argille di origine fluviale affioranti nei settori intravallivi. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale che incide, in discordanza, i depositi marini preesistenti.

*Pleistocene medio;*

<b>SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA DEL MARGINE PADANO</b>
---

#### **SABBIE DI IMOLA (IMO)**

Arenarie e sabbie da medie a finissime, generalmente poco cementate, in strati spessi e molto spessi, mal definiti, frequentemente amalgamati fra loro, con livelli di ghiaia contenente abbondanti ciottoli silicei. Stratificazione incrociata ad alto e basso angolo, piano-parallela e con strutture tipo hummocky. Sono presenti rare intercalazioni, centimetriche e decimetriche, di peliti, talora fortemente bioturbate, con locali laminazioni ondulate tipo ripples da onda.

Nella parte alta, sono localmente presenti intercalazioni conglomeratiche a matrice sabbiosa (IMOa) con ciottoli derivanti da unità liguridi e dalla successione epiligure.

Potenza massima affiorante circa 60 metri, superiore ai 150 m nel sottosuolo.

Limite inferiore discordante su SVG e SVGa. Limite superiore erosivo discordante con AEI e AES.

Depositi di ambiente litorale.

*Pleistocene medio (0,8-0,65 MA)*

#### **ARENARIE E ARGILLE DI SAVIGNANO (SVG)**

Alternanza di strati sottili e molto sottili, raramente medi, di argille grigie chiare, beige all'alterazione, e arenarie fini e finissime, poco cementate, talora lenticolari, A/P da <<1 crescente verso l'alto e lateralmente; verso SW l'aumento delle arenarie è tale da permettere la distinzione di una litofacies sabbiosa (SVGa). Potenza massima affiorante circa 200 metri.

Limite inferiore graduale su AAS per aumento della frazione pelitica. Limite superiore graduale, parzialmente eteropico, con SVGa e discordante con IMO.

Depositi di piattaforma.

*Pleistocene inferiore*

### **Litofacies della Grotta Rossa (SVGa)**

Arenarie medie e fini, mal cernite, in strati spessi e molto spessi frequentemente amalgamati, con tritume conchigliare associato a laminazione ondulata. Sono presenti intercalazioni metriche e decimetriche di peliti grigio-azzurre contenenti faune marino-marginali.

Potenza estremamente variabile, fino ad una massimo di circa 100 metri.

Limite inferiore graduale rapido, parzialmente eteropico, con SVG. Limite superiore discordante con IMO.

*Pleistocene inferiore*

### **FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE (FAA)**

Argille di colore grigio-azzurro con rare intercalazioni di arenarie giallastre in letti da sottili a spessi, e argille marnose e siltose grigie in letti sottili e molto sottili.

Sono fossilifere ricche in foraminiferi e macrofossili, spesso bioturbate, a stratificazione poco marcata. Sono talora diffusi slumps con olistoliti di gesso derivati da unità evaporitiche. Limite inferiore netto, probabilmente discontinuo, su FAA2; paraconcordante su FCO. Depositi di scarpata e base scarpata. Potenza complessiva affiorante di circa 700 m.

*Piacenziano-Gelasiano*

### **Membro arenaceo di Borello (FAA2).**

Membro interamente suddiviso in litofacies caratterizzate da variabilità del rapporto A/P e spessore medio degli strati, che si ripetono a più altezze stratigrafi che e mostrano rapporti di eteropia. Passaggio rapido a FAA. Spessore estremamente variabile, raggiunge i 1000 m e localmente si riduce fino ad annullarsi.

*Pliocene inferiore*

### **FAA2pa - litofacies pelitico-arenacea.**

Alternanza tra argille e argille sabbiose grigio azzurre, ricche in foraminiferi e macrofossili (Lamellibranchi, Scafopodi, radioli di Echinidi etc. ), spesso bioturbate, a stratificazione poco marcata, con alterazione biancastra e con veli e laminazioni sabbiose; rari gli strati di sabbie, grigio giallastre gialle generalmente molto sottili. Rapporto A/P generalmente < 1/2..

### **FAA2ap - Litofacies arenaceo-pelitica**

Alternanze di argille sabbiose grigie, localmente marnose, fortemente fossilifere, biancastre all'alterazione, e arenarie silicoclastiche grigio-giallastre in livelli sottili e medi, poco cementate, con A/P variabile da 1/2 a 2; talora arenarie prevalenti in strati da spessi a molto spessi, mal definiti, a laminazione inclinata e con livelli di tritume conchigliare; sono presenti livelli siltosi; le arenarie, solitamente poco cementate presentano nuclei a maggiore cementazione (cogoli).

<b>SUCCESSIONE EPILOGURE</b>
------------------------------

### **ARGILLE DI CASA I GESSI (CGE)**

Argille siltose grigio scure talvolta macrofossilifere, con lignite e sporadiche intercalazioni di calcilutiti grigie.  
*Messiniano inf.*

### **FORMAZIONE DI ACQUAVIVA (AQV)**

Arenarie grigio-giallastre a laminazione inclinata in potenti strati massivi, con livelli di conglomerati e argille parzialmente bituminose.

**Membro argilloso-bituminoso (AQV1)**

Argille siltose, grigio scuro bituminose, simili a CGE

*Tortoniano sup.-Messiniano inf.*

**ARGILLE DI MONTEBELLO (MBL)**

Argille e argille sabbiose grigie azzurre fossilifere; rare intercalazioni di siltiti calcaree grigie.

*(Serravalliano sup.- Tortoniano inf.)*

**FORMAZIONE DI MONTE FUMAILOLO (MFU)**

Arenarie ibride grigio-giallastre non gradate a stratificazione medio-sottile, talora con megariipples.

*Langhiano sup.-Serravalliano*

**FORMAZIONE DI SAN MARINO (SMN)**

Calcarei organogeni grigi e calcareniti ricche in bioclasti. Presenti livelli diareniti ibride e glauconitiche.

*Burdigaliano sup.- Serravalliano inf.*

**MARNE DI ANTOGNOLA (ANT)**

Marne argillose e siltose grigie all'alterazione, grigio verdi al taglio fresco, con spalmature manganesifere brune.

*Rupeliano-Aquitano*

<b>UNITA' LIGURI</b>
----------------------

**FORMAZIONE DI MONTE MORELLO (MLL)**

Calcarei marnosi torbiditici chiari, calcareniti talvolta con base microconglomeratica, marne, marne argillose e argille marnose grigio scuro.

*Eocene inf.-medio*

**ARGILLE VARICOLORI (AVV)**

Argilliti e siltiti marnose tettonizzate grigio-verdi, nerastre e rosso scure, recanti blocchi budinati di calcilutiti bianche, siltiti manganesifere, areniti grigie.

**Litofacies marnosa (AVVd)**

Intercalazioni lentiformi di marne grigio-chiare massive o sottilmente stratificate.

**Litofacies argilloso calcarea (AVVm)**

Alternanza di calcari chiari, e argille e argilliti policrome con subordinate arenarie e siltiti;

**Litofacies a breccie argillose (AVVc)**

Breccie sedimentarie a matrice argillosa prevalente e inclusi prevalentemente calcarei;

*Cretacico inf.-Paleocene;*

<b>SUCCESSIONE ROMAGNOLO-UMBRO-MARCHIGIANA</b>
--

**FORMAZIONE GESSOSO-SOLFIFERA GES**

Banchi di gesso nodulare, gessi microcristallini in strati laminati, gessi alabastrini e risedimentati alternati ad argille marnose bituminose scure e a calcari dolomitici biancastri a grana fine massicci, laminati e/o brecciati, in strati sottili e medi, bituminosi, diatomeiti, sabbie fini gialle.

Potenza massima circa 100 m.

In discordanza su TRP.

*Messiniano inf.-medio*



Lo schema cronostratigrafico del Sintema Emiliano Romagnolo relativo ai depositi continentali del F. Marecchia viene illustrato in figura 4.10. Le sezioni geologiche rappresentative vengono riportate in allegato 3, mentre le sezioni geologico-tecniche in allegato 4 (la corrispondente traccia viene individuata planimetricamente anche nella Carta Geologico-Tecnica).

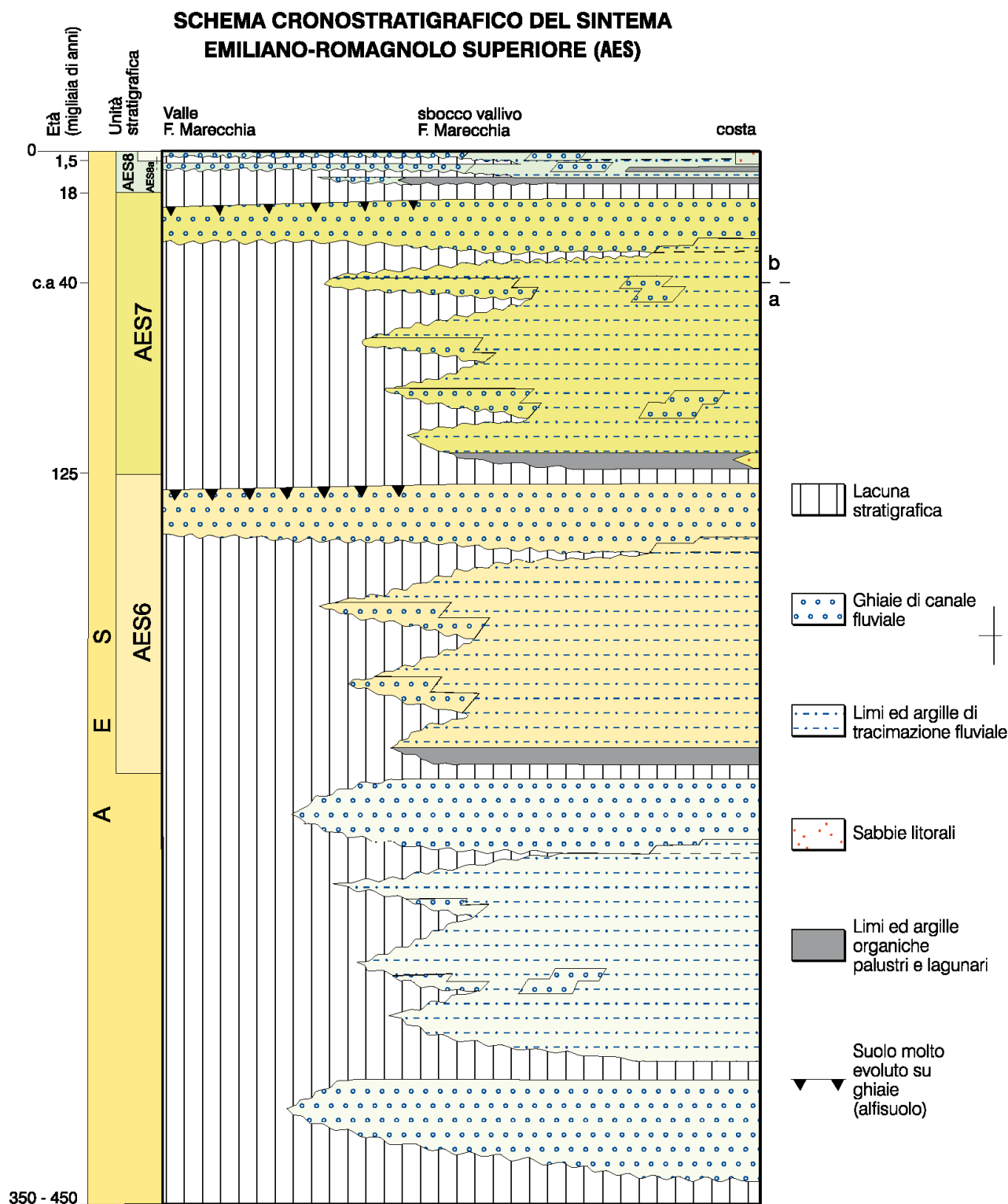


Figura 4.10 – Schema cronostratigrafico del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), Foglio 256 Rimini-CARG

## 5. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Le indagini realizzate ex novo, associate a quelle degli strumenti urbanistici ed a quelle realizzate da privati e dalla Regione Emilia Romagna, hanno permesso di delineare un quadro conoscitivo preliminare del territorio, indispensabile per gli approfondimenti del I e II livello della Microzonazione Sismica.

Nel corso degli anni, le amministrazioni hanno sia realizzato nuove indagini (per lo più finalizzate all'edilizia pubblica) sia raccolto ed archiviato indagini dell'edilizia privata, così come la Regione Emilia Romagna ha supportato una serie di prove volte alla conoscenza del territorio. Anche in occasione del presente studio sono state condotte ulteriori prove geognostico-geofisiche ad integrazione del quadro conoscitivo e delle esigenze dell'amministrazione.

In dettaglio, si tratta di complessive N. 448 prove sia di nuova realizzazione che selezionate, rappresentative di un più ampio database, di cui N. 306 di tipo geotecnico e N. 142 di tipo geofisico, per un totale di N. 389 prove puntuali e n. 59 in array lineare distribuite sul territorio in studio (fig. 5.1).

IND. GEOGNOSTICHE		IND. GEOFIS./DINAM.	
TIPO	NUMERO	TIPO	NUMERO
CPT	41	SCPT	2
CPTe	3	DH	3
CPTu	5	MASW	43
DINAMICHE	186	REMI	13
POZZI	13	ARRAY 2D	4
SONDAGGI CAROTAGGIO	54	HVSR	74
SONDAGGI DISTRUZIONE	4	RIFRAZIONE	3
TOTALE		TOTALE	142

Quindi, ad integrazione del database di archivio, nelle aree ritenute rappresentative per l'assetto territoriale delle aree in studio, sono stati realizzati ex novo: n. 11 prove CPT, n. 2 prove CPTu, n. 2 prove SCPT, n. 49 prove HVSR, n. 13 prove MASW, n. 13 prove Re.Mi. e n. 4 prove in array 2D con elaborazione ESAC/SPAC.

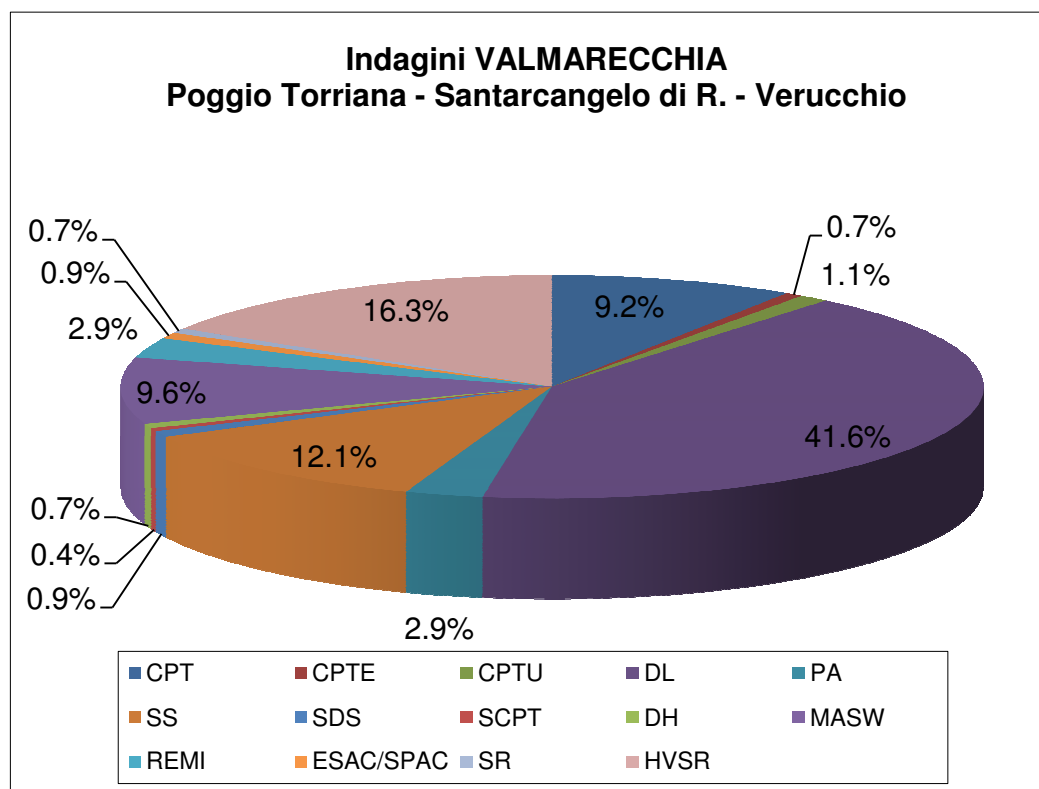


Figura 5.1 – Totale indagini geognostiche e geofisiche rappresentative utilizzate per lo studio di MS presso i comuni di Poggio Torriana, Santarcangelo di R. e Verucchio.

Tutte le tipologie di prospezioni sia integrative che pregresse sono state classificate e archiviate all'interno di un sistema informativo territoriale (G.I.S.) come previsto dagli standard di rappresentazione e archiviazione dati per la Microzonazione Sismica versione 4.2.

([http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard\\_studi\\_ms.wp](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_studi_ms.wp)).

Nella “Carta delle Indagini”, in allegato alla relazione, è possibile visualizzare l'ubicazione delle differenti indagini in sito; i risultati di ciascuna prova e le modalità di esecuzione sono riportate, a mezzo di semplici “report”, nel data-base associato alla mappa.

### 5.1. Indagini di tipo geofisico

L'analisi dei fenomeni di amplificazione locale coincide con lo studio degli effetti di risonanza legati alle onde trasversali o di taglio. Per tale ragione, quantificare l'andamento delle velocità di propagazione di questa tipologia di onde nel primo sottosuolo (profilo Vs) rappresenta un'informazione essenziale ai fini della caratterizzazione meccanica (in campo dinamico) dei terreni. Stime del profilo Vs vengono realizzate in sito attraverso appropriate prospezioni di tipo geofisico condotte, in base alle condizioni logistiche e alle profondità da esplorare, con differenti modalità esecutive:



**Indagini sismiche di tipo indiretto:** Sono metodologie basate sull'analisi delle proprietà dispersive delle onde Superficiali (onde di Rayleigh) nei mezzi stratificati. Lo scopo di questa tipologia di prospezioni è risalire ad una funzione caratteristica del terreno (curva di dispersione) univocamente correlata alla struttura meccanico-stratigrafica del sito. Considerando che le onde Superficiali sono essenzialmente un prodotto delle onde di Volume e in particolar modo delle onde trasversali (S) è possibile, a partire dalla curva di dispersione, risalire in maniera indiretta al profilo di velocità Vs attraverso opportune procedure numeriche di inversione dati.

Le indagini di tipo indiretto vengono spesso diversificate, in base alla sorgente energizzante utilizzata per sollecitare i sensori, in “attive” e “passive”:

Indirette Attive: Come le più comuni tecniche dirette, sfruttano sorgenti di tipo artificiale (colpo di martello) e una distribuzione lineare dei sensori sul terreno (MASW). Il principale vantaggio di questa tipologia di acquisizione consiste, oltre alla velocità ed al basso costo della prova, nell'ottima risoluzione che si ottiene nel caratterizzare gli strati di terreno maggiormente superficiali.

Indirette Passive: Utilizzano come fonte di energia la continua vibrazione del terreno, sia di origine antropica sia naturale, definita Rumore Sismico Ambientale o semplicemente Vibrazione Ambientale. I rilievi di tipo passivo sono generalmente realizzati attraverso distribuzioni bidimensionali dei sensori e raggiungono profondità di esplorazione dell'ordine delle centinaia di metri. Il principale svantaggio di questa tipologia di prova consiste in una scarsa risoluzione per gli strati più superficiali e in un'ambiguità interpretativa, spesso, non trascurabile. Tuttavia, tali indagini, se associate ad una conoscenza preliminare delle condizioni del sito che ne “guidi” l'interpretazione, risultano essere strumenti conoscitivi molto potenti. La sismica passiva può essere applicata su stendimenti monodimensionali che prevedono l'utilizzo congiunto di più sensori (elaborazione Re.Mi. – refraction microtremors - Louie, 2001) oppure stendimenti bidimensionali a interspaziatura geofonica anche variabile, a formare una vera e propria antenna sismica di significative dimensioni, elaborandone i dati registrati con tecnica ESAC per la computazione della curva di dispersione legata alle onde di Rayleigh (Ohori et al, 2002). L'indagine passiva può inoltre essere realizzata attraverso un'unica stazione di misura. Questa ultima tecnica, conosciuta come metodologia HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), differentemente da ogni altra prospezione di tipo indiretto non ha lo scopo di ricavare le proprietà dispersive dei materiali bensì le modalità di vibrazione del terreno (Nakamura 1983-2008). Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare, infatti, le principali frequenze di vibrazione del suolo (fra cui la più importante “f0”, detta frequenza fondamentale) e sfruttarle per scopi stratigrafici. Tale tecnica consente di effettuare altresì interpretazioni congiunte con altri metodi geofisici e la conoscenza di vincoli stratigrafici per la definizione di profili profondi di Vs. Inoltre è possibile invertire le curve HVSR creando una serie di modelli sintetici da confrontare con quello sperimentale fino a considerare ottimale il modello teorico più prossimo alle curve sperimentali, basato sulla propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori.

Dall'analisi congiunta di prove sismiche attive e passive in media-alta risoluzione, sulla scorta delle conoscenze stratigrafiche locali da prove geognostiche in sito, sono stati stimati i valori di VsH (i profili associati alle misure sono visualizzabili nei report associati al DB della Microzonazione Sismica) utilizzati per le carte di MS delle Vs e dei fattori di amplificazione attesi mediante approccio semplificato tabellare.

**Indagini sismiche di tipo diretto:** Come dice il nome stesso questa tipologia di prospezioni ha il non trascurabile vantaggio di fornire una stima “diretta” delle velocità delle onde S. La tecnica d'indagine consiste nel generare, attraverso una sorgente artificiale (colpo di martello o piccoli esplosivi) un treno d'onde nel sottosuolo e misurare i tempi di arrivo della perturbazione in corrispondenza di una serie di sensori (geofoni) posti sulla superficie del terreno (indagine di sismica a rifrazione) o all'interno di un foro penetrometrico (prova SCPT o cono sismico) o di perforazione appositamente attrezzato (indagine down-hole e cross-hole). I principali svantaggi di tali metodologie risiedono, sia nell'esiguo volume di sottosuolo esplorato, sia nei costi d'indagine relativamente alti. Tuttavia tali tecniche risultano essere quelle a maggiore accuratezza e ripetibilità. Anche a fini di calibrazione delle indagini di tipo indiretto, ci si è avvalsi anche di profili di velocità in onde Vs ottenuti tramite prove SCPT e Down-Hole eseguite direttamente presso le aree in studio o in zone vicine contraddistinte dalle medesime caratteristiche litostratigrafiche.

## ***5.2. Indagini di tipo geognostico/geotecnico***

Le indagini geognostiche utilizzate per lo studio, sia di nuova realizzazione che di archivio, sono costituite da sondaggi meccanici a carotaggio continuo, a distruzione di nucleo, prove CPT con punta meccanica, elettrica e talora piezocono e, all'occorrenza, stratigrafie di pozzi per lo sfruttamento delle acque di falda.

I sondaggi meccanici (indagini geognostiche di tipo diretto) hanno consentito di valutare l'effettivo assetto stratigrafico dei terreni sino alle profondità raggiunte e, talora, il prelievo di campioni e relative analisi di laboratorio per la caratterizzazione granulometrica nonché dei parametri di resistenza meccanica e deformabilità. Tale metodologia consente di attraversare gli orizzonti competenti e ghiaiosi spesso presenti nel primo sottosuolo alluvionale. Al proposito anche le stratigrafie dei pozzi per acqua hanno consentito di superare gli orizzonti ghiaiosi raggiungendo talora profondità elevate.

Le prove penetrometriche (indagini geognostiche di tipo indiretto) risultano spinte a profondità variabile, a volte anche sino a rifiuto nel substrato geotecnico, consentendo di desumere i caratteri stratigrafici e di resistenza meccanica alla penetrazione.

La caratterizzazione geomeccanica delle coperture ed i relativi spessori risultano di estrema importanza anche per l'elaborazione ed interpretazione delle prove geofisiche limitrofe.

La campagna geognostica realizzata “ex-novo” e le numerose informazioni pregresse hanno quindi permesso di definire un chiaro quadro litostratigrafico e geomeccanico delle aree in esame (l'ubicazione di ciascuna prova è visualizzabile nella Carta delle Indagini ed i risultati di ciascuna prova sono riportati nell'apposito database secondo le modalità definite negli standard di archiviazione dei dati.).

## **6. MODELLO DI SOTTOSUOLO**

### **6.1. Andamento delle Vs nel sottosuolo**

Come evidenziato nell'inquadramento geologico (Capitolo 4) le profondità del substrato geologico attese per l'area di studio vanno dall'ordine di alcuni metri o a tratti sub affiorante in corrispondenza delle rupi, sino ad oltre cento metri di profondità nella zona più a valle e profonda della conoide deposizionale. Data la quantità di informazioni geofisiche distribuite sul territorio si sono sfruttate le prove HVSr congiuntamente ai dati geognostici profondi per individuare i picchi di frequenza di maggior rilevanza per la risposta sismica locale, tra cui quelli associabili ad interfacce compatibili con un bedrock geofisico. Invece per caratterizzare i depositi di copertura (e talora del bedrock geologico) in termini di valori di velocità delle onde di taglio (profili Vs), per gli scopi dello studio, si è potuto fare riferimento ad indagini sismiche dirette attive (tipo SCPT - DH), indirette attive (tipo MASW - rifrazione) e passive (ESAC - ReMi - HVSr).

Chiaramente sviluppando lo studio di I e II Livello tramite approccio semplificato tabellare oltre alla definizione della profondità del bedrock si è data priorità, alla definizione dei profili di velocità e la stima di Vseq sino alle profondità richieste dai modelli di riferimento per la stima dei fattori di amplificazione; in assenza di misure sperimentali dirette si è fatto riferimento ai soli valori stimati tramite inversione delle curve H/V con opportuna taratura stratigrafica. In presenza di coperture di elevato spessore, le tabelle utilizzate hanno previsto l'utilizzo di valori di velocità equivalente sino a 30 mt di profondità (VS30), mentre per profondità inferiori, soprattutto in corrispondenza dei depositi intravallivi e dei rilievi collinari, si sono stimati valori di Vseq sino all'interfaccia copertura-substrato formazionale (generalmente caratterizzato da un sensibile incremento di rigidezza sismica sebbene quasi sempre con  $V_s < 800$  m/s).

I risultati ottenuti per i siti in studio sono visualizzabili nei report associati alla Carta delle Vs e delle Indagini (Data-Base- Microzonazione Sismica).

## **7. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE**

L'areale studiato risulta caratterizzato da un assetto geologico/morfologico estremamente articolato e spazialmente variabile, passando da ambiti rupestri di alta collina a contesti alluvionali caratterizzati da assenza di evidenze o affioramenti geologici superficiali. La ricostruzioni di tali assetti richiede, pertanto, una diffusa e capillare rete di informazioni geognostiche, talora non sempre possibile, soprattutto nelle aree meno urbanizzate e quelle collinari. A livello geologico altri elementi di incertezza sono relativi allo spessore delle rupi calcaree, all'andamento in profondità dei lineamenti tettonico strutturali principali ed all'elevato spessore dei depositi di copertura nelle zone di piana alluvionale, interessata da frequenti ed articolate interdigitazioni di litotipi differenti, talora sino ad oltre centino metri di profondità, ampliando i margini di incertezza sull'interpretazione degli assetti geologici profondi. Tale aspetto riveste particolare importanza anche per quanto riguarda poi la definizione dei modelli geofisici e di comportamento dinamico di



riferimento; infatti la mancanza di un adeguato numero e distribuzione di sondaggi sufficientemente profondi e relative indagini geofisiche dirette in foro, nelle aree alluvionali *non consente di rilevare “direttamente”* la posizione e caratteristiche del bedrock sismico così come definito e richiesto dalle norme di settore. Pertanto ivi è stato possibile solo attraverso l'utilizzo di metodi di indagine congiunta (soventi indiretti), basati sul prevalente utilizzo di rumore ambientale quale forzante/ eccitazione energetica. Chiaramente tali metodi e le relative metodologie di elaborazione, portano con se una certa aliquota di incertezze attribuibili sia a fattori strumentali quanto ai modelli numerici interpretativi; per cui nelle analisi di tali dati sperimentali e relative valutazioni di sintesi si ritiene sempre e comunque estremamente necessario attribuire un significativo peso alle conoscenze/evidenze geologiche disponibili ed alla coerenza con il modello geologico di riferimento.

Il programma delle indagini geotecniche va perciò commisurato, oltre che al problema sismico e geotecnico, anche ai codici di calcolo impiegati nelle analisi numeriche (Microzonazione Sismica di livello superiore al 1°) nonché all'accuratezza dei modelli utili ad affrontare le diverse problematiche di pericolosità sismica (analisi della risposta sismica locale, stima del potenziale di liquefazione, analisi della stabilità dei pendii, valutazione dei cedimenti).

## **8. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI**

Nella prima fase di studio, sono stati acquisiti tutti i dati bibliografici e d'archivio riguardanti la cartografia geologica, geomorfologica e le indagini geognostiche pregresse nei Comuni di Poggio Torriana, Santarcangelo di R. e Verucchio. Nella seconda fase, di concerto con l'Unione di Comuni e le amministrazioni comunali, sono state definite le aree da sottoporre con maggior attenzione allo studio di Microzonazione Sismica in funzione delle risorse disponibili per gli approfondimenti di indagine; chiaramente l'attenzione prioritaria è stata volta alle zone urbanizzate ed urbanizzabili così come previste nei piani urbanistici comunali e/o di previsione, definendo quindi i settori territorio sul quale eseguire la campagna di nuove indagini geognostiche/geofisiche di approfondimento per le finalità di MS.

Tali indagini sono state progettate e pianificate nell'ottica di un perfezionamento ed approfondimento, per quanto possibile, delle conoscenze sui vari assetti geologici e, quindi, per la partizione del territorio di interesse in macro/microzone a comportamento dinamico omogeneo sulla scorta di una base di dati sufficientemente estesa e robusta.

Quindi i dati sperimentali di nuova e mirata acquisizione, così come quelli derivati dagli archivi pubblici e privati (ritenuti adeguatamente rappresentativi), sono stati utilizzati per analizzare problematiche di MS attraverso modelli numerici di riconosciuta validità scientifica nonché secondo le procedure ed indicazioni raccomandate dalle linee guida regionali e della Protezione Civile. I risultati di tali elaborazioni sono stati esplicitati, quindi, attraverso le basi dati numeriche allegate al presente studio e gli elaborati grafici di sintesi richiamati al successivo Par. 9.

## **9. ELABORATI CARTOGRAFICI**

### **9.1 MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO I**

#### ***9.1.1 Carta Geologico-Tecnica***

La “Carta Geologico-Tecnica” rappresenta un modello integrato di sottosuolo funzionale alle valutazioni sismiche legate agli studi di Microzonazione Sismica, che permette di individuare in modo semplice ed efficace, i rapporti stratigrafici tra le litologie che rappresentano il substrato formazionale e le coperture.

Tale elaborato, in generale, è costruito in base ad un’attenta valutazione delle Carte Geologiche e Litologiche di riferimento e da un’accurata analisi delle prove geognostiche, geotecniche e geofisiche a disposizione.

In dettaglio, la carta viene costruita codificando le litologie e le formazioni affioranti in differenti unità litotecniche specificate dagli standard di archiviazione informatica 4.2 allegati alle linee guida “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”.

Nel caso specifico, è necessario ricordare (come già descritto al capitolo 4) che i depositi di superficie affioranti nelle aree di studio risulteranno sostanzialmente omogenei in funzione delle MACROAREE di appartenenza (ALLUVIONALE, BASSA COLLINA, ALTA COLLINA/RUPESTRE), in virtù degli ambiti deposizionali, processi sedimentari e aspetti litogenetici caratteristici.

A tal proposito i depositi alluvionali intravallivi e di pianura sono prettamente assimilabili a depositi recenti e olocenici di conoide ghiaiosa, terrazzati e di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate) prevalentemente riferibili all’Unità AES8a ed alle unità geo-litologiche alluvionali oloceniche-pleistoceniche rappresentate dal Sub-Sintema di Ravenna (AES<sub>8</sub>), di Villa Verucchio (AES7) e in minor misura, nelle aree più distali, di Bazzano (AES6). Diversamente nella macroarea di bassa collina dominano i terreni appartenenti alle formazioni geologiche plio-pleistoceniche della SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA DEL MARGINE PADANO congiuntamente a depositi di copertura di natura eluvio-colluviale, depositi di versante e di accumulo gravitativo. Infine nei settori rupestri e di alta collina in affioramento prevalgono le unità alloctone Epiliguri e Liguri Paleogeniche-Neogeniche, spesso fortemente alterate e tettonizzate, contraddistinte talora da significative eterogeneità litologiche e contrasti di competenza geomeccanica, con ammassi/detriti litoidi immersi/intercalati in terreni a matrice fine e con assetti maggiormente caotici. All’interno di tali contesti, in virtù delle dinamiche di messa in posto tettonica, risultano talora intercalati ed affioranti anche terreni appartenenti alla successione neogenico-quadernaria.

Pertanto, per ottenere un Carta Geologico-Tecnica che rappresentasse adeguatamente le condizioni del territorio in esame, è stato scelto di procedere come segue:

- Dai risultati dei numerosi dati geognostici sono state estrapolate le stratigrafie che consentivano di caratterizzare ed individuare con certezza (ove possibile) la posizione del substrato geotecnico;
- Per i settori collinari/montani ci si è avvalsi di dati e informazioni desumibili dalla cartografia CARG e base dati geologici regionali (con scala rilievo 1:10.000);

- Per i settori di pianura con substrato più profondo ci si è avvalsi di dati e informazioni desumibili dalle sezioni geologiche profonde CARG e dagli studi sulla conoide del Marecchia;
- E' stata valutata, in ciascun log stratigrafico estrapolato, la litologia prevalente, la natura geologica e il possibile ambiente deposizionale;
- Le differenti litologie evidenziate, derivate dai dati puntuali di sondaggio, sono state interpolate in pianta per ottenere una realistica distribuzione sul territorio;
- Ciascuna litologia (ed ovviamente ciascun poligono ad essa associato) è stato codificato in unità litotecnica per la realizzazione della Carta Geologico-Tecnica.
- Sono stati cartografati i rari affioramenti del substrato geologico visibili in corrispondenza di scarpate o scavi, prevalentemente antropici, lungo le sponde di erosione fluviali od in corrispondenza delle rupi, rilievi e zone in dissesto.
- Sono stati cartografati i terreni di copertura (con spessori > 3 metri) suddivisi su base granulometrica con l'indicazione dell'ambiente genetico/deposizionale.
- Sono state cartografate le instabilità di versante con distinzione dello stato di attività e della tipologia di movimento.
- Sono state cartografate le forme di superficie e sepolte (es. conoidi alluvionali e falde detritiche).
- Sono stati cartografati gli elementi tettonico strutturali quali faglie, assi sinclinali ed assi anticlinali.
- Sono stati cartografati gli orli di terrazzo fluviale.

Questi dati si sono resi necessari alla definizione del modello geologico del sottosuolo per l'intero territorio e propedeutici per la definizione in chiave sismica degli effetti attesi al suolo.

In ciascuna carta sono inoltre rappresentate le tracce delle sezioni litotecniche (di superficie e profonde) elaborate e/o ritenute rappresentative per l'ambito comunale, generalmente ortogonali fra loro e passanti per gli abitati principali. Tali sezioni, sviluppate a partire dal modello digitale del terreno e lungo una rete di sondaggi, vengono rappresentate in allegato alla presente relazione ed a scala varia, in funzione del grado di risoluzione necessario ad illustrare l'assetto locale, permettendo di definire gli andamenti e lineamenti geologici principali nonché di definire le dinamiche evolutive dell'area e gli aspetti geomorfologici e strutturali salienti.

In particolare, mentre le sezioni geologico-tecniche superficiali (vedi allegato 4) risultano particolarmente importanti per la definizione delle problematiche legate alla stabilità ed alla profondità del bedrock geologico locale, le sezioni geologiche e profonde RER (vedi allegato 3) risultano un importante ausilio per la stima della profondità del bedrock geologico attraverso la conoide del Marecchia (soprattutto per le zone più distali), nonché un robusto riferimento per la correlazione dei picchi di frequenza H/V con strutture geologiche profonde e, all'occorrenza, poter individuare il bedrock sismico di riferimento nei vari punti di verifica.

## Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN) Relazione Illustrativa

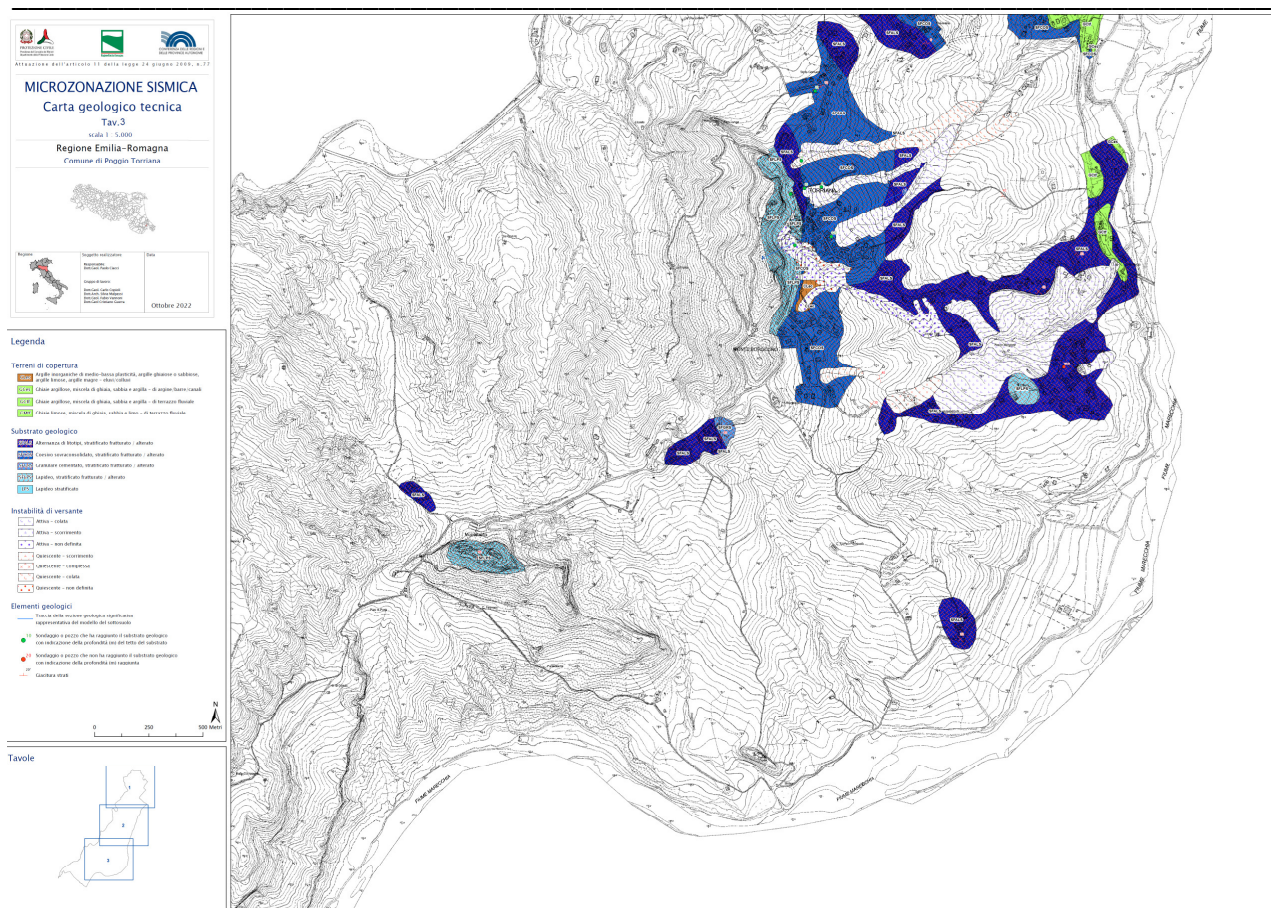


Figura 9.1.1 – Miniatura esemplificativa di una Carta Geologico-Tecnica

### 9.1.2 Carta delle Frequenze Naturali del Terreno

Sulla base dei risultati delle registrazioni a stazione singola HVSR, ritenute più rappresentative (sia di nuova realizzazione che pregresse), si è sviluppata la mappa delle Frequenze Naturali dei terreni dell'ambito comunale studiato.

Nonostante negli studi di Microzonazione Sismica venga prodotta un'unica carta delle Frequenza Naturali basata sulla frequenza fondamentale di sito, in funzione di specifiche necessità, può risultare opportuno valutare i singoli report puntuali a cui la carta fa riferimento per analizzarne lo spettro complessivo di frequenza; ciò al fine di non perdere importanti informazioni legate a massimi risonanti secondari, talora significativi per l'assetto geologico locale e/o in presenza di spessi depositi di copertura o per la presenza di orizzonti risonanti interclusi (es. orizzonti ghiaiosi/litoidi di rilevante spessore ed estensione).

Al fine di chiarire quanto appena espresso viene di seguito riportato un esempio sui criteri di elaborazione adottati; talora, a seguito degli effetti di smorzamento indotti da depositi soffici e profondi e/o dalla presenza di situazioni stratigrafiche con inversioni di velocità, il giudizio e la definizione dei picchi di frequenza sono stati guidati anche dal reciproco andamento delle singole componenti verticali ed orizzontali del moto registrato. In figura 9.1.2 è riportata, a titolo di esempio, la misura 099018P132.



Ad es. la misura con codice 099018P132, così come la maggior parte dei rilievi realizzati, è caratterizzata da più massimi in Frequenza, in cui le ampiezze del picco H/V risultano verosimilmente condizionate da fenomeni di smorzamento. Quello maggiormente significativo a maggior ampiezza e minor valore in frequenza viene indicato come  $f_0$  che, nell'esempio, presenta una frequenza di circa 1.20 Hz con rapporto H/V di ampiezza media pari a circa 2.0; in tal caso il picco rilevabile a 1.90 Hz viene ritenuto un picco di importanza secondario, relativo a contrasti di impedenza più superficiali.

#### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

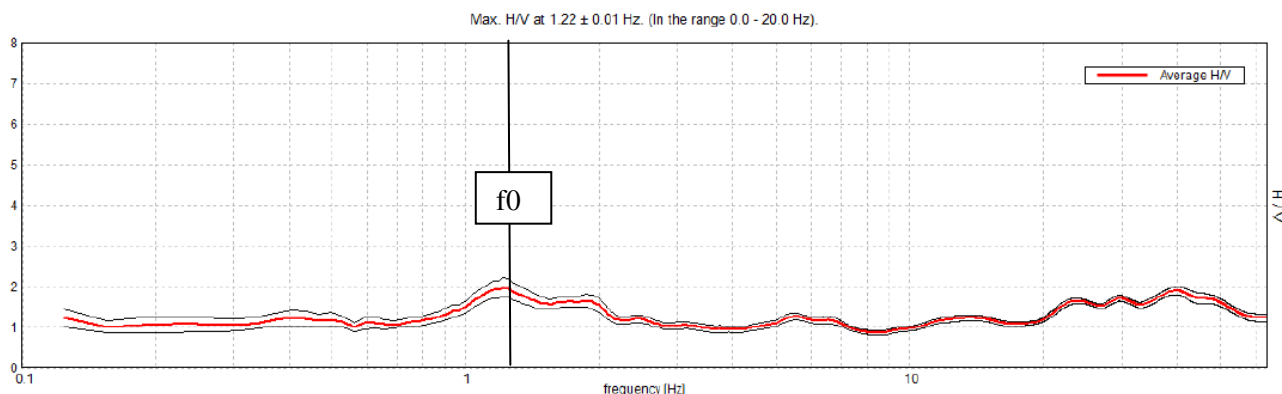


Figura 9.1.2-Curva dei rapporti spettrali relativa alla registrazione 099018P132.

Tutti i picchi di frequenza rappresentativi ricadono nell'intervallo di frequenze ingegneristico di risonanza delle strutture (compreso all'incirca tra 0.5 e 15 Hz) e, dunque, risultano potenzialmente pericolosi per fenomenologie di amplificazione locale o, comunque, di alterazione del moto sismico atteso. Il picco a maggior ampiezza ed a più bassa frequenza  $f_0$  indica il “contrasto d'impedenza sismico” più significativo in profondità ed a cui è associata la maggior aliquota di trasferimento dell'energia del moto vibratorio/sismico e, pertanto, risulta informativo ai fini della ricostruzione del substrato sismico e di comportamento dinamico dell'area. Inoltre tutti i valori di frequenza individuati con tale tecnica, essendo il frutto di medie statistiche, sono affetti da una deviazione standard che ne può comportare uno scostamento talora di entità pari al 20-25% del valore definito.

Per la correlabilità dei picchi/range di frequenza rappresentativi con elementi stratigrafici significativi ci si può riferire alle indicazioni contenute nella DGR 564/2021 nonché alle analisi e modelli definiti in Mascandola et al., 2019. Al proposito, quale elemento distintivo riconoscibile su tutto il territorio, si constata la presenza di un massimo in bassissima frequenza, con ampiezza variabile da misura a misura, presente in quasi tutte le acquisizioni a stazione singola realizzate nel territorio in studio. Tuttavia un modesto trend di incremento nel valore assoluto di  $f_0$  è generalmente rilevabile procedendo da mare verso monte (da NE verso SW), coerentemente all'assottigliamento della conoide ed allo sviluppo dei rilievi. Talora si assiste ad una modesta migrazione dei picchi rappresentativi di minor frequenza verso valori leggermente più bassi così come ad un generale appiattimento dei rapporti H/V (imputabile in parte anche ad un effetto di smorzamento ad opera del maggior spessore delle coperture sedimentarie). I valori di ampiezza rappresentativi per ciascuna classe di frequenza, vengono quindi illustrati tramite diversa colorazione dei simboli secondo

# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN) Relazione Illustrativa

specifici range caratteristici per l'area, modulando l'ampiezza del simbolo in funzione dell'ampiezza dei relativi picchi H/V, secondo la seguente schematizzazione (vedi figura 9.1.3):

Ampiezze dei picchi

0.6Hz < F0 ≤ 1Hz   1Hz < F0 ≤ 2Hz   2Hz < F0 ≤ 8Hz   F0 > 8Hz

● A < 1.5\*

● A < 1.5\*

● 1.5 ≤ A ≤ 2

● 1.5 ≤ A ≤ 2

● 1.5 ≤ A ≤ 2

● 2 ≤ A < 3

● 2 ≤ A < 3

\*assenza di significativi contrasti

Figura 9.1.3 – Esempio di codifica per la visualizzazione in mappa delle Frequenze e della Ampiezze dai rilievi HVSR.

In base a quanto esposto in figura 9.1.4 ne viene riportata un esempio in miniatura della tavola.

E' necessario precisare che, talora, esistono anche ulteriori massimi con frequenza  $F > 15$  Hz che, differentemente dai precedenti, non sono stati caratterizzati perché ritenuti non particolarmente significativi per la pericolosità sismica dell'area. Questa tipologia di massimi rappresenterebbe infatti occasionali contrasti di impedenza molto superficiali che, in relazione al normale piano di fondazione degli edifici, è ragionevolmente non significativo.

E' opportuno comunque ricordare che esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute) e può essere sensibilmente influenzata da altre variabili naturali e strumentali.

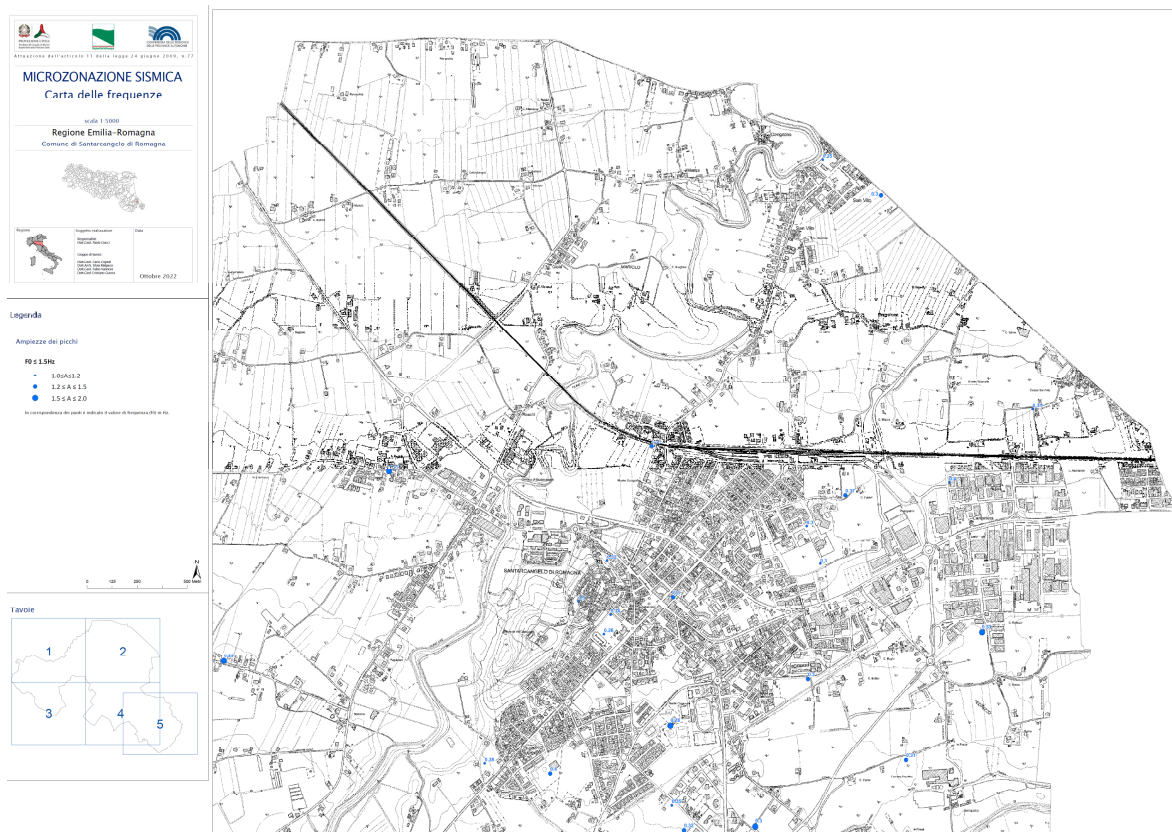


Figura 9.1.4 – Miniatura esemplificativa della Mappa delle Frequenze Naturali dei Terreni (F0).

### **9.1.3 Carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica)**

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di Livello 1 costituisce il documento fondamentale di questo livello di approfondimento. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e delle valutazioni dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc...). Sulla base degli elementi geologico-morfologici individuati, precedentemente descritti e già riportati nella Carta Geologico Tecnica e delle colonne litostratigrafiche desumibili dalle prove geognostiche, è stata redatta la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, restituita a scala 1:10.000.

In funzione delle informazioni rappresentate, la legenda è distinta nelle seguenti parti:

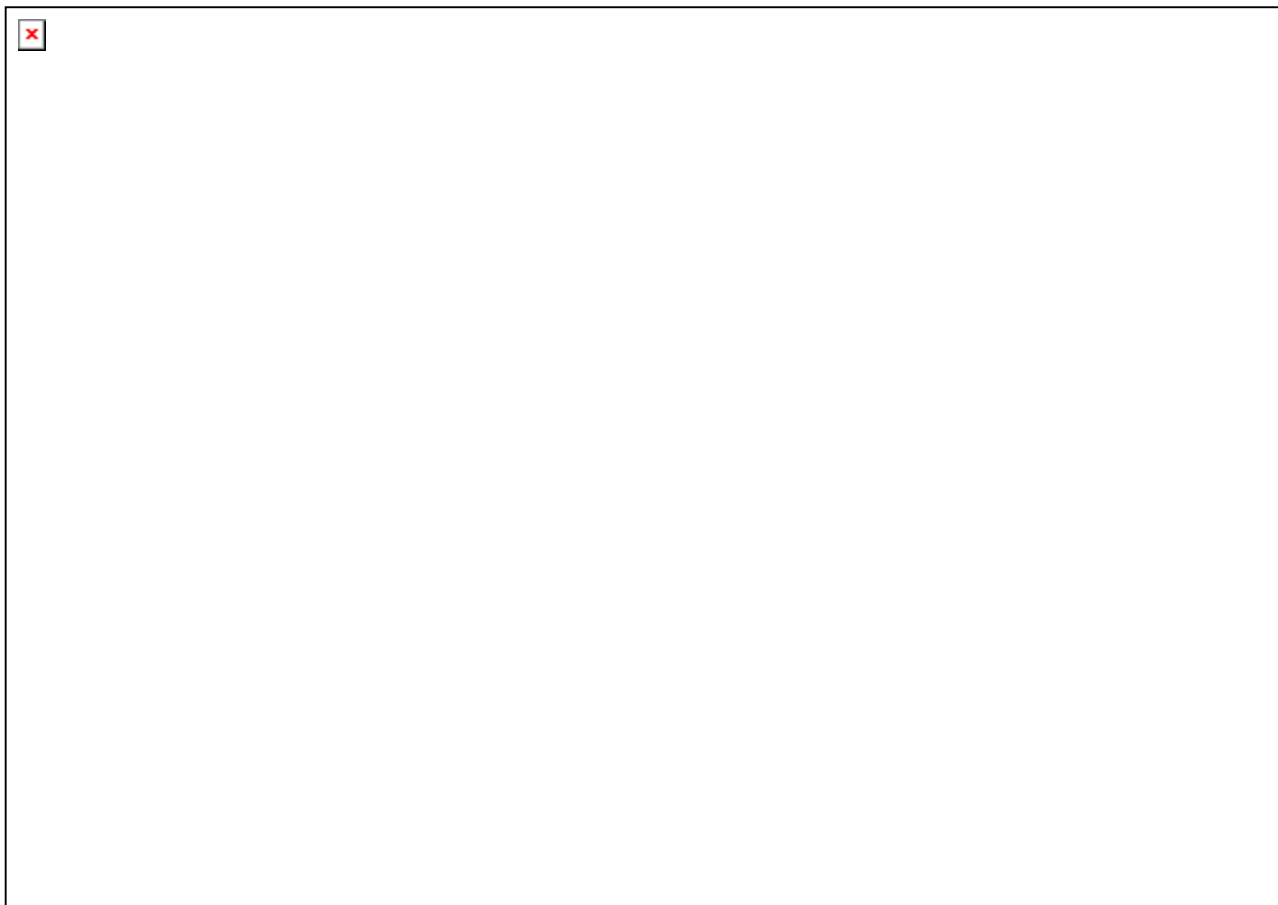
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.
- Zone suscettibili di instabilità.
- Forme di superficie e sepolte.
- Tracce di sezione topografica.
- Punti di misura del rumore ambientale.

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dipartimento di Protezione Civile e gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica MS versione. 4.2, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica.

Per la copertura dell'area di studio è stata sviluppata 1 tavola dell'elaborato MOPS di cui nel seguito se ne riporta una miniatura.

Le microzone possono essere classificate in tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, per effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. I principali tipi di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.



*Figura 9.1.5 - Miniatura esemplificativa della Carta delle MOPS.*

In base a tale modalità di classificazione ed alle peculiarità del territorio studiato si possono trarre le seguenti considerazioni:

#### Zone stabili

All'interno del territorio comunale non sono state riscontrate microzone definibili come “stabili”. Questo è dovuto in particolare al fatto che non è presente in affioramento a bassa acclività il bedrock sismico ne quello geologico inalterato.

#### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

All'interno dei territori in studio sono presenti Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per soli motivi stratigrafici. La corrispondenza tra elementi di copertura geologico-tecnici prevalenti e le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali della Carta delle MOPS per ciascun comune diventano quindi le seguenti:



*Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)*  
Relazione Illustrativa

Poggio Torriana			Santarcangelo di R.			Verucchio		
Zone	Codice colonnina	Copertura	Zone	Codice colonnina	Copertura	Zone	Codice colonnina	Copertura
1	2001	CL	1	2001	CL	1	2001	CL
2	2002	GC	2	2002	CL	2	2002	CL
3	2003	GC	3	2003	GC	3	2003	GM
4	2004	SFALS	4	2004	GC	4	2004	SFALS
5	2005	SFCOS	5	2005	GM	5	2005	SFCOS
6	2006	SFGRS	6	2006	SFCOS	6	2006	SFLPS
7	2007	SFLPS	7	2007	CL	7	2007	GC
8	2008	SFCOS	8	2008	SFGRS	8	2008	SFALS
9	2009	SFALS	9	2009	CL	9	2009	CL
10	2010	SFLPS	10	2010	CL	10	2010	CL
99	2099	SFLPS	11	2011	GC			
			12	2012	GC			
			13	2013	CL			
			14	2014	ML			
			15	2015	GC			
			16	2016	CL			
			17	2017	CL			

La litologia prevalente delle coperture è sicuramente influenzata dai processi deposizionali e genetici di messa in posto dei terreni. La litologia prevalente è sicuramente quella rappresentata dai limi argillosi di alterazione del substrato e/o di accumulo eluvio/colluviale con spessori variabili da 1-2 m fino a 7-12 m nelle zone in cui i depositi di versante o le coperture alterate al piede dei versanti risultano particolarmente spesse. Nei tratti di pianura intravallivi sono presenti depositi di copertura alluvionali soprastanti il bedrock geologico, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, con spessori variabili fino a 6-12 m da p.c. a Verucchio (Villa Verucchio) e 15-25 m da p.c. a Santarcangelo (S. Martino dei Molini). Le coperture alluvionali diventano via via più spesse passando alla zona distale della conoide in comune di Santarcangelo ove gli spessori dei depositi continentali diventano dell'ordine di diverse decine di metri sino ad oltre 100/120 m.

Le coperture sui versanti e le coltri alterate risultano particolarmente spesse nei tratti distali dei versanti ai piedi delle rupi e/o in presenza di substrati costituiti da formazioni Liguri, talora con rapide variazioni di spessore, imputabili alla presenza di ammassi/detriti erranti litoidi/pseudolitoidi o di zone ad elevato stato di fratturazione. Tale situazione è riscontrabile ai piedi della rupe di Poggio Torriana e di Verucchio.

#### Zone suscettibili di instabilità

Le zone suscettibili di instabilità individuate all'interno delle aree urbanizzate e urbanizzabili dei comuni in studio fanno riferimento ad aree con potenziale presenza di fenomeni di instabilità gravitativa per frana che per presenza di cavità; in particolare i fenomeni di instabilità risultano di tipo attivo, quiescente e non definiti, articolati secondo le diverse tipologie di dissesto (es. crollo, scorrimento, colata, ecc.):

Comune	Zona
Poggio Torriana	11 – 12 – 13 – 14
Santarcangelo di R.	3080
Verucchio	11 – 12 – 13 – 14 – 15-3070 - 3080

Per quanto attiene le instabilità di versante si segnala in particolare la grande area individuata come DGPV presso il comune di Verucchio che, per particolare complessità geologico-strutturale, nella carta geologico-tecnica è stata catalogata come “non definita” ed in quella delle MOPS contraddistinta dalle Zona 11 e Zona 16. Tale zona risulta riconosciuta sia nel quadro conoscitivo del PSC del comune di Verucchio che nella carta geologica regionale. Per quanto attiene invece le zone di potenziale instabilità per cedimento o crollo di cavità nell’ambito delle aree oggetto di indagine, esse vengono rilevate e censite nei comuni di Santarcangelo di R. e Verucchio. In entrambi i casi trattasi di sistemi di cavità antropiche scavate nell’ambito dei centri storici, le quali risultano solo parzialmente censite, rilevate e conosciute.

In particolare le cavità di Santarcangelo di R. sono censite fra i geositi dell’Emilia Romagna con l’identificativo 2102 e si tratta di cavità artificiali scavate prevalentemente nel substrato formazionale delle Sabbie di Imola risalenti ad epoche diverse e lungo le pareti non tamponate si osservano bene stratigrafia, strutture sedimentarie e importanti livelli fossiliferi. Parte di esse è stata tuttavia rinvenuta anche nei depositi alluvionali di fondovalle al piede del pendio.

Le cavità erano sicuramente già esistenti nel 1496, quando la loro presenza è attestata per la prima volta in un documento notarile. Allo stato attuale il sottosuolo di Santarcangelo custodisce più di 150 cavità (ma gli studiosi ritengono che ve ne siano molte altre sconosciute), scavate su più livelli all'interno del fianco orientale del Colle Giove. In queste grotte frequenti sono i pozzi di areazione, che garantiscono gli scambi dell'aria tra le parti più profonde e la superficie, mentre alcune di queste sono collegate tra loro da stretti cunicoli.

Le grotte di Santarcangelo mostrano tre diverse tipologie:

- un tipo semplice a base rettangolare o quadrata, a corredo delle abitazioni e ad uso di cantina;
- una pianta tipo "galleria a pettine", dove una stretta galleria è affiancata da nicchie contrapposte; anche in questo caso l'origine è verosimilmente legata a un uso tipo cantina per collocare le botti;
- un tipo più complesso e architettonicamente elaborato. Per queste ultime cavità l'accuratezza della realizzazione, effettuata con tecniche di lavorazione molto raffinate, fa ipotizzare un'originaria destinazione diversa da quella di semplice deposito-cantina, ben più antica di quella documentata. Anche se è probabile che siano state costruite per la conservazione del vino e degli alimenti, non si esclude (per le parti più antiche) un iniziale utilizzo di culto paleocristiano o di sepoltura. Durante l'ultima guerra molte di queste cavità servirono da rifugio per la popolazione.

La presenza diffusa di tali cavità ed i diversi crolli/cedimenti verificatisi nel tempo hanno determinato l’esigenza di interventi di consolidamento con l’inclusione fra gli abitati da consolidare ex L. 445/1908.

In figura 9.1.6 si riporta uno stralcio cartografico in cui viene individuata l'area interessata da dette cavità nell'ambito urbano.

### Perimetro geosito e Carta geologica



Figura 9.1.6 – Stralcio di carta geologica regionale con individuazione del geosito interessato dalle cavità.

Ulteriori informazioni, con elementi descrittivi e conoscitivi possono essere apprezzati accedendo al link:

<https://www.iatsantarcangelo.com/le-grotte-di-santarcangelo-di-romagna/>

Per quanto riguarda invece le cavità antropiche del comune di Verucchio, risultano nei terreni calcarenitici costituenti l'ammasso della rupe e dei borghi storici e, data la scarsa conoscenza dei tracciati e del loro utilizzo, si ritengono necessari ulteriori studi per il relativo censimento e/o eventuali verifiche tecniche di approfondimento data anche la presenza di zone di attenzione per sovrapposizione di Instabilità Differenti.

Per i dettagli delle singole zonazioni si rimanda pertanto alla tavola delle MOPS.

Nell'area di studio, con particolare riferimento alle zone urbanizzate ed urbanizzabili, non sono presenti elementi strutturali (faglie, ecc..) certi, in quanto dalla consultazione del database Ithaca non è stato rilevato alcun elemento tettonico attivo e capace, certo e documentato, che possa determinare effetti superficiali nelle aree urbanizzate in oggetto.

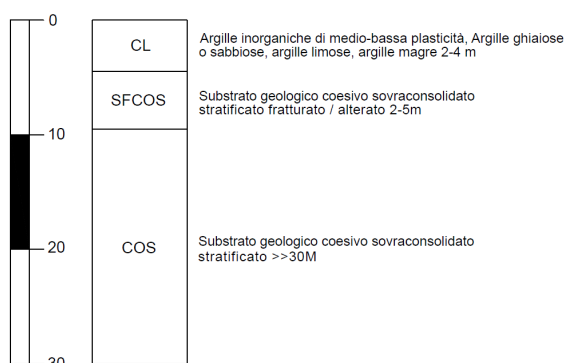
*Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)*  
Relazione Illustrativa

Di seguito si riporta per ciascun comune una descrizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica, definibili per le aree in esame, con gli schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi (ogni colonnina riporta le litologie prevalenti con una breve descrizione ed è associata ad una microzona in pianta).

**COMUNE DI POGGIO TORRIANA**

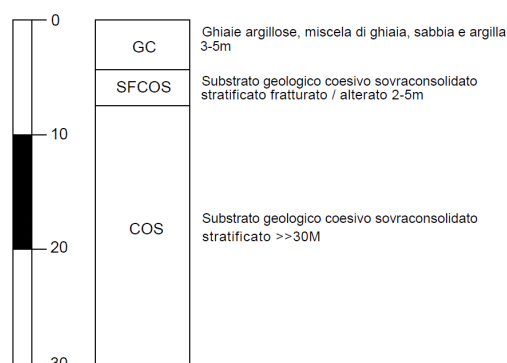
**2001** Depositi di versante  
su substrato coesivo sovraconsolidato,  
stratificato fratturato / alterato

**ZONA 1**



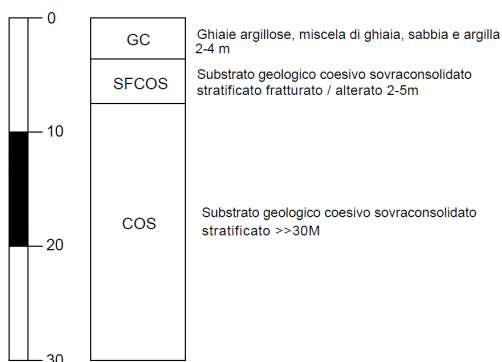
**2002** Depositi di piana alluvionale  
su substrato coesivo sovraconsolidato,  
stratificato fratturato / alterato

**ZONA 2**



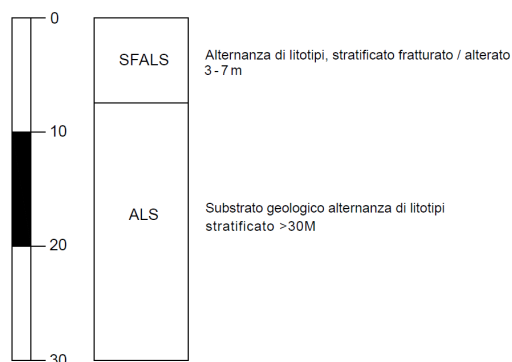
**2003** Depositi di piana alluvionale  
su substrato coesivo sovraconsolidato,  
stratificato fratturato / alterato

**ZONA 3**



**2004** Coltre alterata di alternanza di litotipi  
su substrato geologico

**ZONA 4**

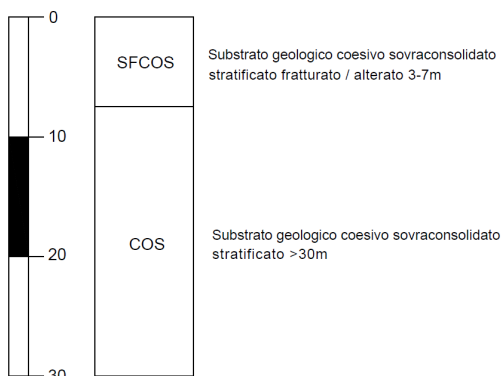




*Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)*  
Relazione Illustrativa

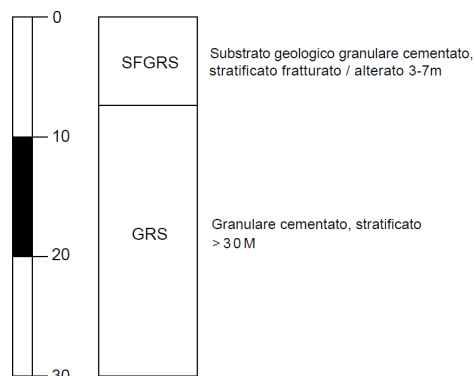
**2005** Coltre alterata su substrato geologico coesivo sovraconsolidato

### ZONA 5



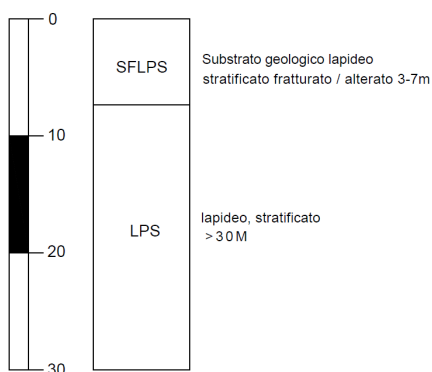
**2006** Formazione alterata su substrato granulare cementato

### ZONA 6



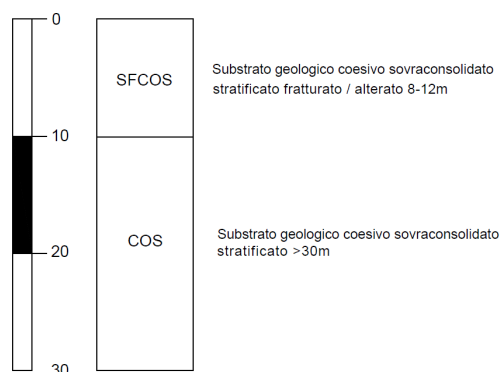
**2007** Coltre alterata su substrato prevalentemente lapideo stratificato

### ZONA 7



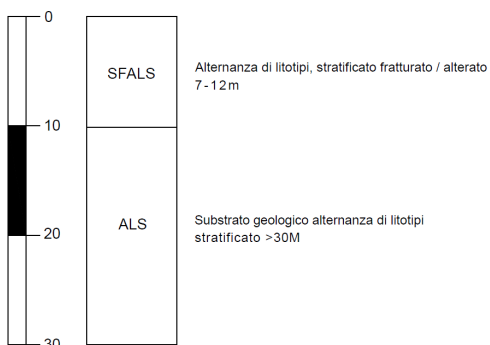
**2008** Coltre alterata su substrato geologico coesivo sovraconsolidato

### ZONA 8



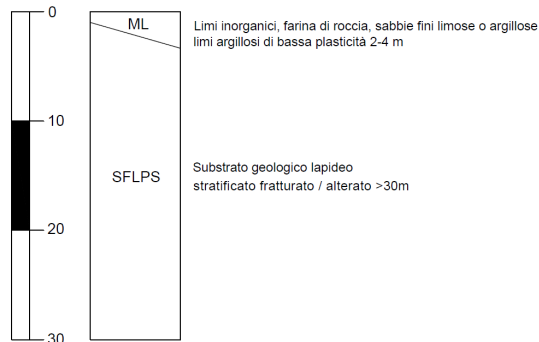
**2009** Coltre alterata di alternanza di litotipi su substrato geologico

### ZONA 9



**2010** Coltre alterata di substrato lapideo stratificato

### ZONA 10



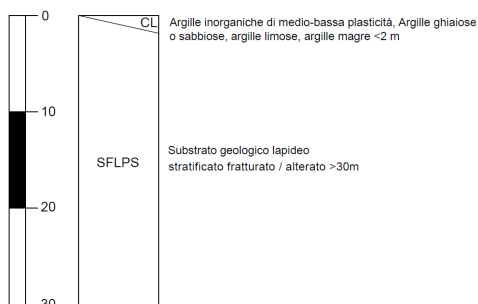
# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

## Relazione Illustrativa



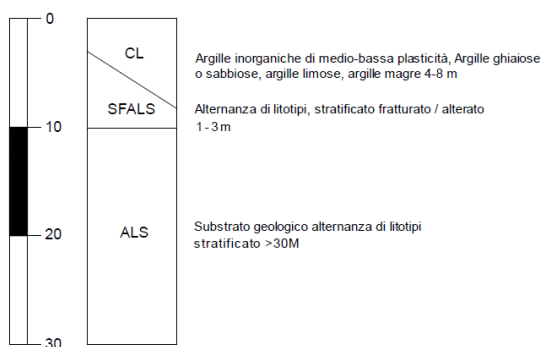
Formazione alterata  
su substrato prevalentemente lapideo stratificato

substrato fratturato / alterato



Deposito di frana  
su substrato geologico caratterizzato da alternanza di litotipi

### ZONA 11



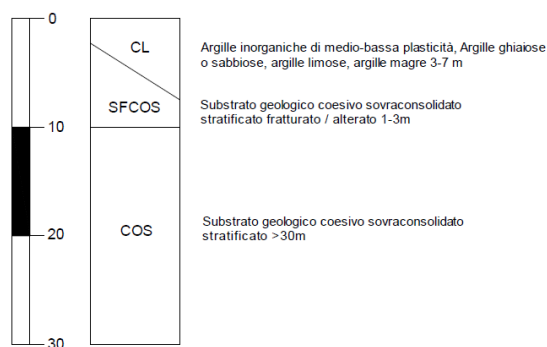
ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE

30122011 (scorrimento-attiva), 30132011 (colata-attiva),  
30142011 (complessa-attiva), 30152011 (non definito-attiva),  
30222011 (scorrimento-quiescente), 30232011 (colata-quiescente),  
30242011 (complessa-quiescente), 30252011 (non definito-quiescente).



Deposito di frana  
su substrato geologico coesivo sovraconsolidato

### ZONA 12



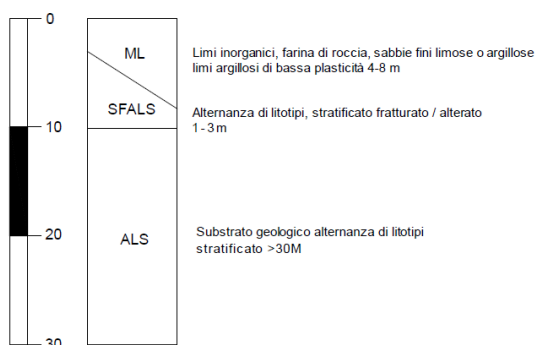
ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE

30122012 (scorrimento-attiva), 30242012 (complessa-quiescente)  
30252012 (non definito-quiescente).



Deposito di frana  
su substrato geologico caratterizzato da alternanza di litotipi

### ZONA 13



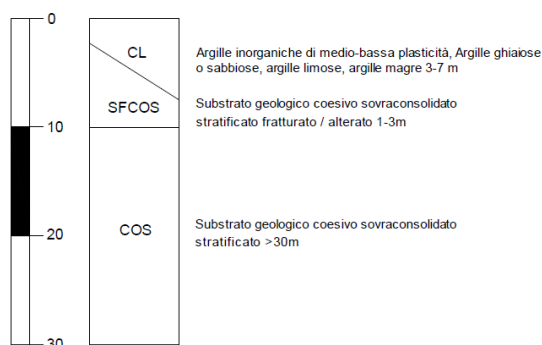
ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE

30122013 (scorrimento-attiva).



Deposito di frana  
su substrato geologico coesivo sovraconsolidato

### ZONA 14



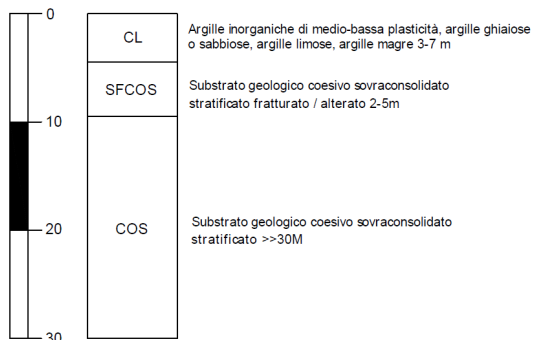
ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE

30222014 (scorrimento-quiescente).

**COMUNE DI SANTARCANGELO DI ROMAGNA**

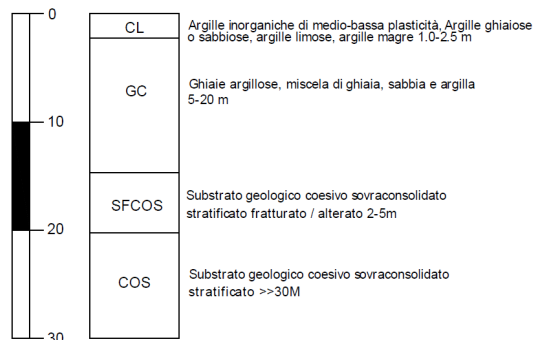
**2001** Depositi di versante prevalentemente fini su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

**ZONA 1**



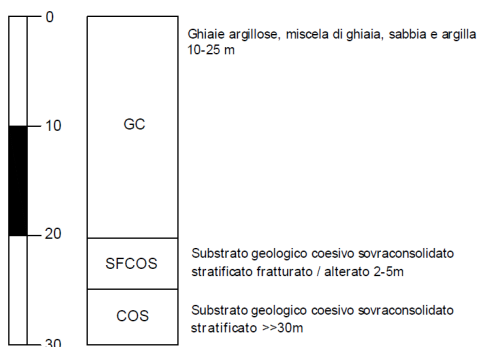
**2002** Depositi di piana alluvionale su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

**ZONA 2**



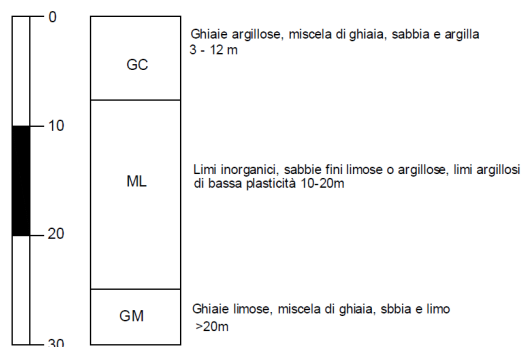
**2003** Depositi di piana alluvionale prevalentemente grossolani su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

**ZONA 3**



**2004** Depositi di piana alluvionale con intercalazioni ghiaiose da metriche a decametriche superficiali

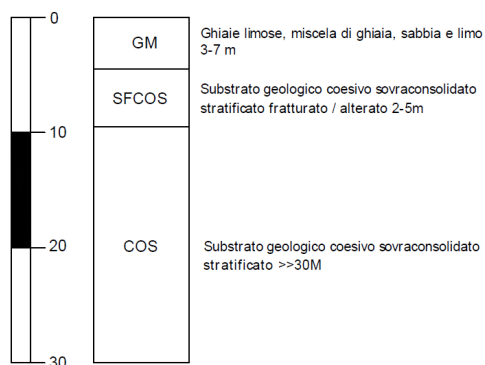
**ZONA 4**



Interfaccia stratigrafica significativa a profondità comprese tra 90 e 150m

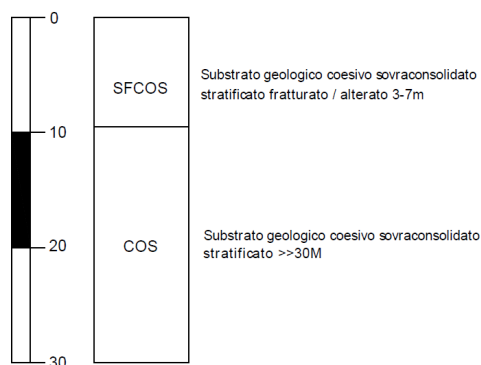
**2005** Depositi alluvionali di conoide torrentizia su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

**ZONA 5**



**2006** Formazione alterata su substrato coesivo sovraconsolidato

**ZONA 6**

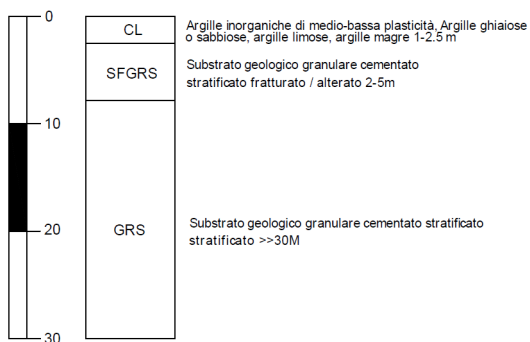


# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

## Relazione Illustrativa

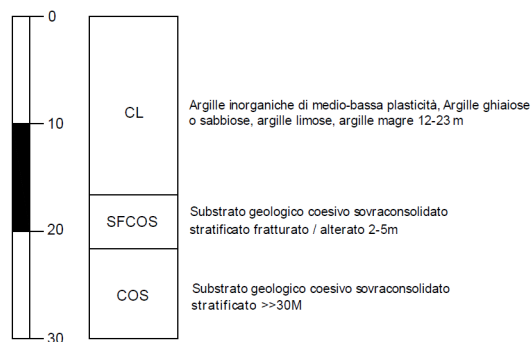
**2007** Formazione alterata su substrato prevalentemente granulare cementato stratificato

### ZONA 7



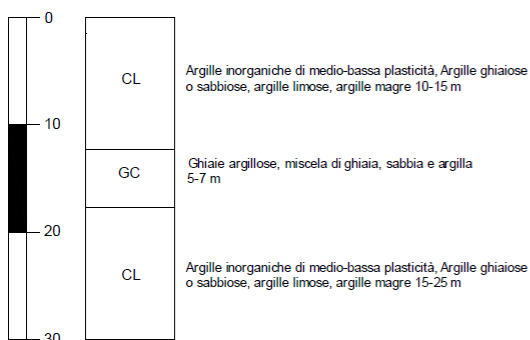
**2008** Depositi di piana alluvionale su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

### ZONA 8



**2009** Depositi di piana alluvionale di transizione fra la collina e la pianura prevalentemente fini su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

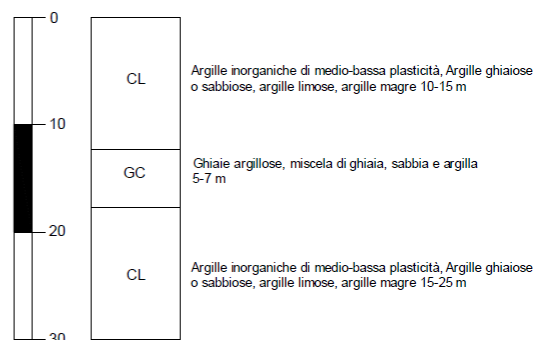
### ZONA 9



Tetto del substrato geologico a profondità compresa tra 40 e 70m

**2010** Prevalenti depositi di piana alluvionale e subordinati depositi di canale

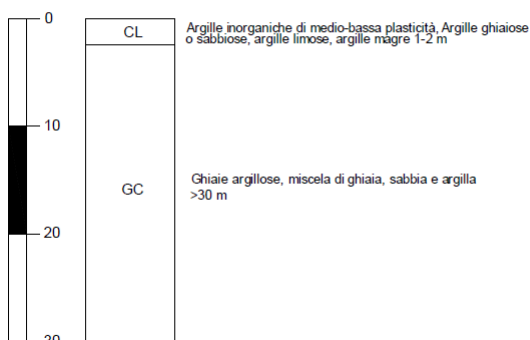
### ZONA 10



Interfaccia stratigrafica significativa a profondità comprese tra 90 e 150m

**2011** Depositi di piana alluvionale prevalentemente grossolani

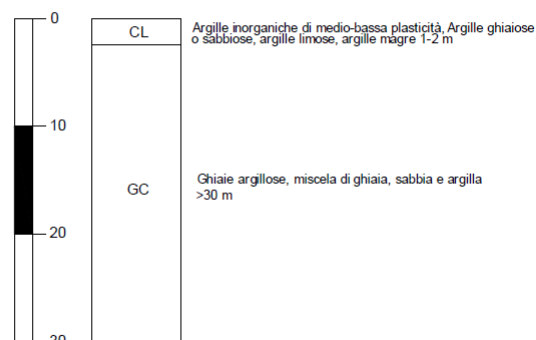
### ZONA 11



Tetto del substrato geologico a profondità compresa tra 50 e 110m

**2012** Depositi di piana alluvionale con intercalazioni grossolane da metriche a decametriche, di paleocanale

### ZONA 12



Interfaccia stratigrafica significativa a profondità comprese tra 90 e 150m

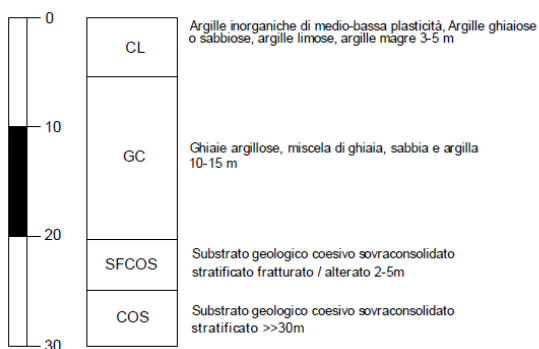


# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

## Relazione Illustrativa

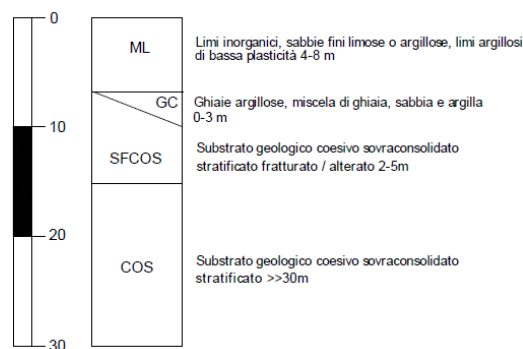
**2013** Depositi di piana alluvionale su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

### ZONA 13



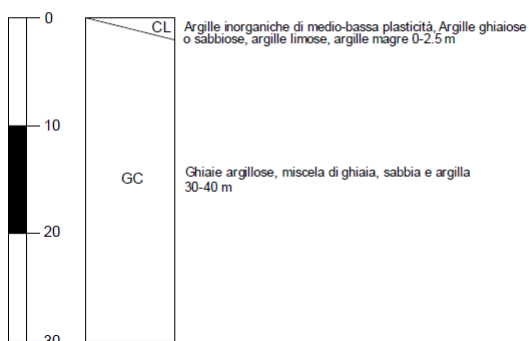
**2014** Depositi di piana alluvionale su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

### ZONA 14



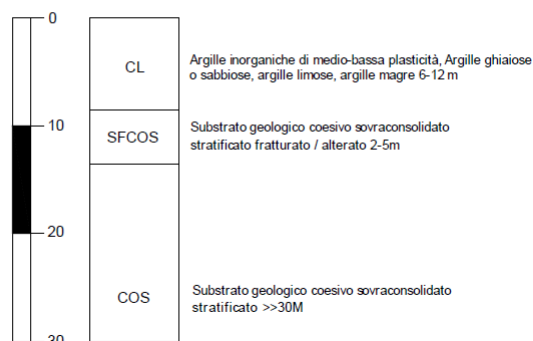
**2015** Depositi di piana alluvionale prevalentemente grossolani su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

### ZONA 15



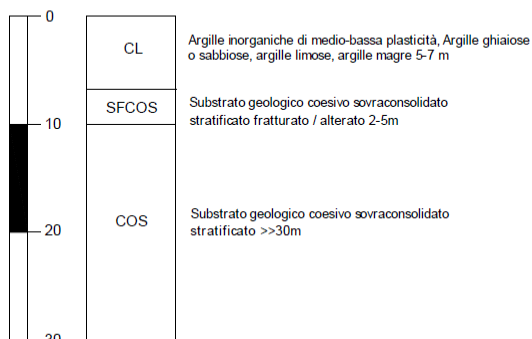
**2016** Depositi di piana alluvionale su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

### ZONA 16



**2017** Depositi di piana alluvionale su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

### ZONA 17



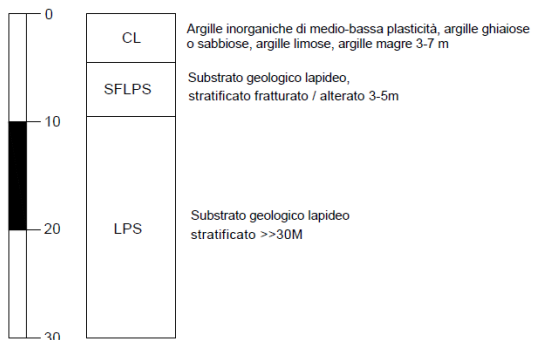
Formazione alterata su substrato prevalentemente granulare cementato stratificato con presenza di cavità

### ZONA 3080

## COMUNE DI VERUCCHIO

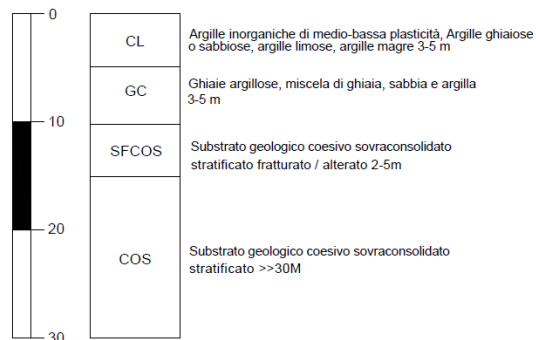
**2001** Depositi di versante prevalentemente fini su substrato geologico lapideo stratificato fratturato / alterato

### ZONA 1



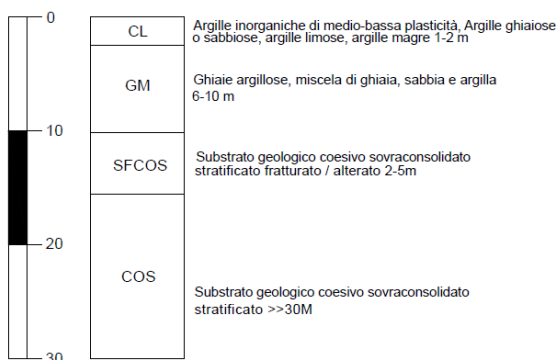
**2002** Depositi alluvionali terrazzati su substrato geologico

### ZONA 2



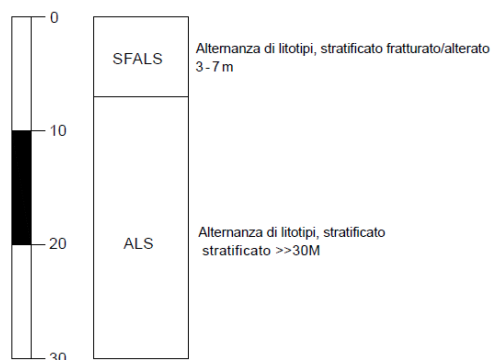
**2003** Depositi alluvionali grossolani terrazzati su substrato geologico

### ZONA 3



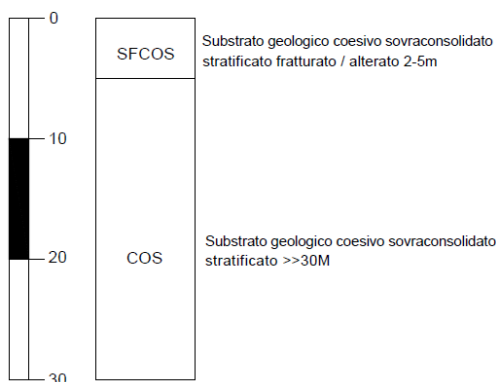
**2004** Formazione alterata su substrato geologico caratterizzato da alternanza di litotipi

### ZONA 4



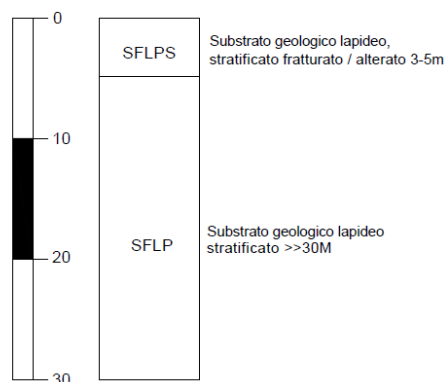
**2005** Formazione alterata su substrato coesivo sovraconsolidato

### ZONA 5



**2006** Substrato lapideo fortemente alterato in superficie

### ZONA 6

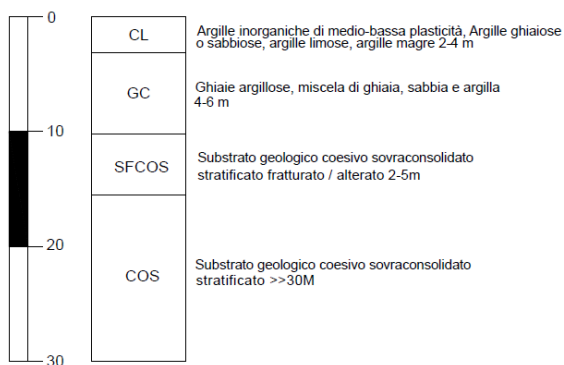


# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

## Relazione Illustrativa

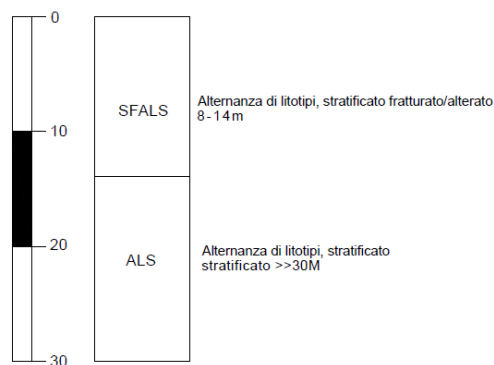
**2007** Depositi alluvionali terrazzati alti su substrato geologico

### ZONA 7



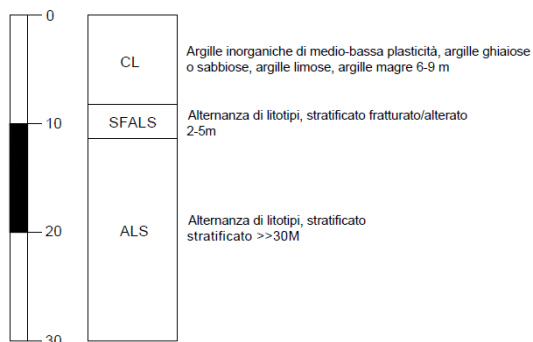
**2008** Formazione alterata su substrato geologico caratterizzato da alternanza di litotipi

### ZONA 8



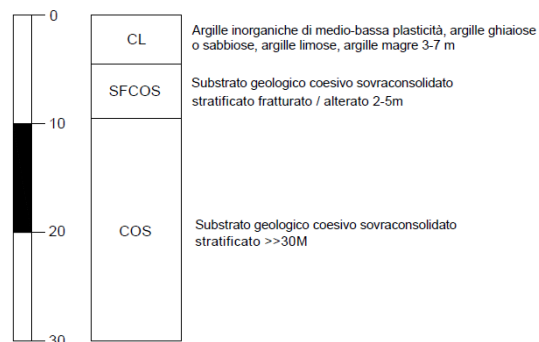
**2009** Depositi di versante prevalentemente fini su alternanza di litotipi stratificato fratturato / alterato

### ZONA 9



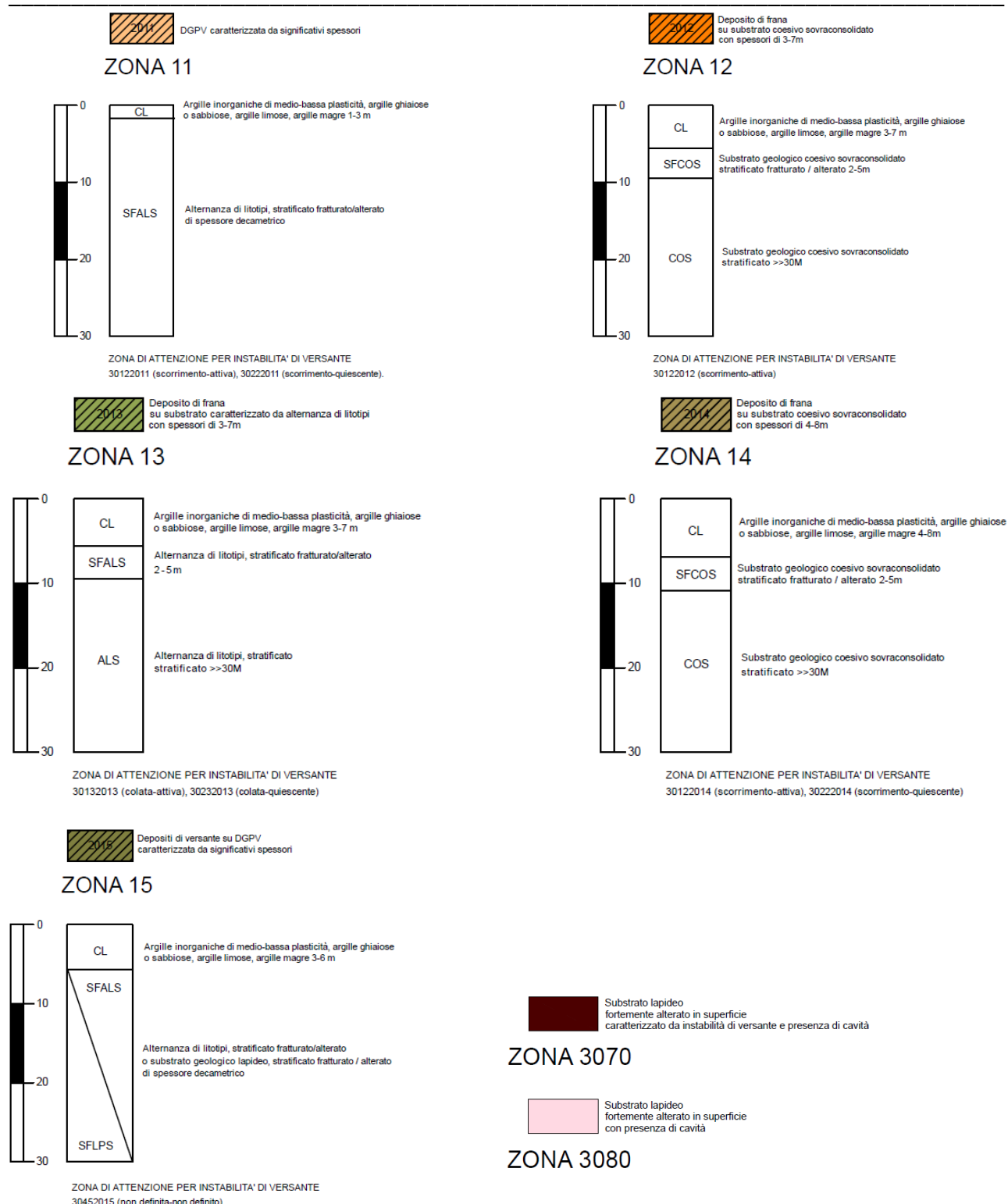
**2010** Depositi di versante o di natura antropica su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato

### ZONA 10



# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

## Relazione Illustrativa



Per tutte le zone illustrate sono attese amplificazioni del moto sismico per motivi stratigrafici e talora topografici. A tal proposito nella carta delle MOPS vengono altresì riportate le tracce di sezione topografica utili a verificare localmente la presenza ed entità di eventuali fenomeni di amplificazione topografica. Tali fenomeni, ove ipotizzabili, sono stati successivamente quantificati tramite gli approcci semplificati indicati nelle ICMS 2008 per scarpate e versanti con conformazione a cresta (paragrafo 3.3, pag. 158-160, Volume 3).



## 9.2 MICROZONAZIONE SISMICA AL II LIVELLO DI ANALISI

### 9.2.1 Carta delle velocità delle onde di taglio “Vs”

Per la costruzione della carta delle velocità delle onde di taglio sono state utilizzate le indagini di misura indiretta maggiormente rappresentative che hanno consentito di raggiungere profondità  $\geq 30$  m, avvalendosi a titolo correlativo di tutte le altre prove a minor penetrazione.

I test di misura geofisica utilizzati anche per elaborazioni congiunte risultano suddivisi come segue:

- 58 prove puntuali per misure con stazione singola (HVSR dove assenti misure dirette ed in ausilio alle prove MASW);
- 4 puntuali per misure con array bidimensionale (ESAC/SPAC)
- 5 puntuali per misure in foro (DH – SCPT)
- 59 lineari (Masw – Remi e rifrazione);

In Figura 9.2.1 è possibile osservare la distribuzione sul territorio delle differenti indagini sismiche: ogni rilievo è stato codificato come riportato negli standard di archiviazione e rappresentazione informatica 4.1 riferiti a “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”. In base alle caratteristiche dei depositi di copertura ed alla profondità del substrato geologico di misura, per ciascun sito si è valutato il valore rappresentativo di Vs30 o all’occorrenza VsH (H=spessore delle coperture) in corrispondenza dei terreni con coperture su substrato rigido (caratterizzato da Vs>800 m/s) o non rigido, caratterizzato da Vs < 800 m/s.

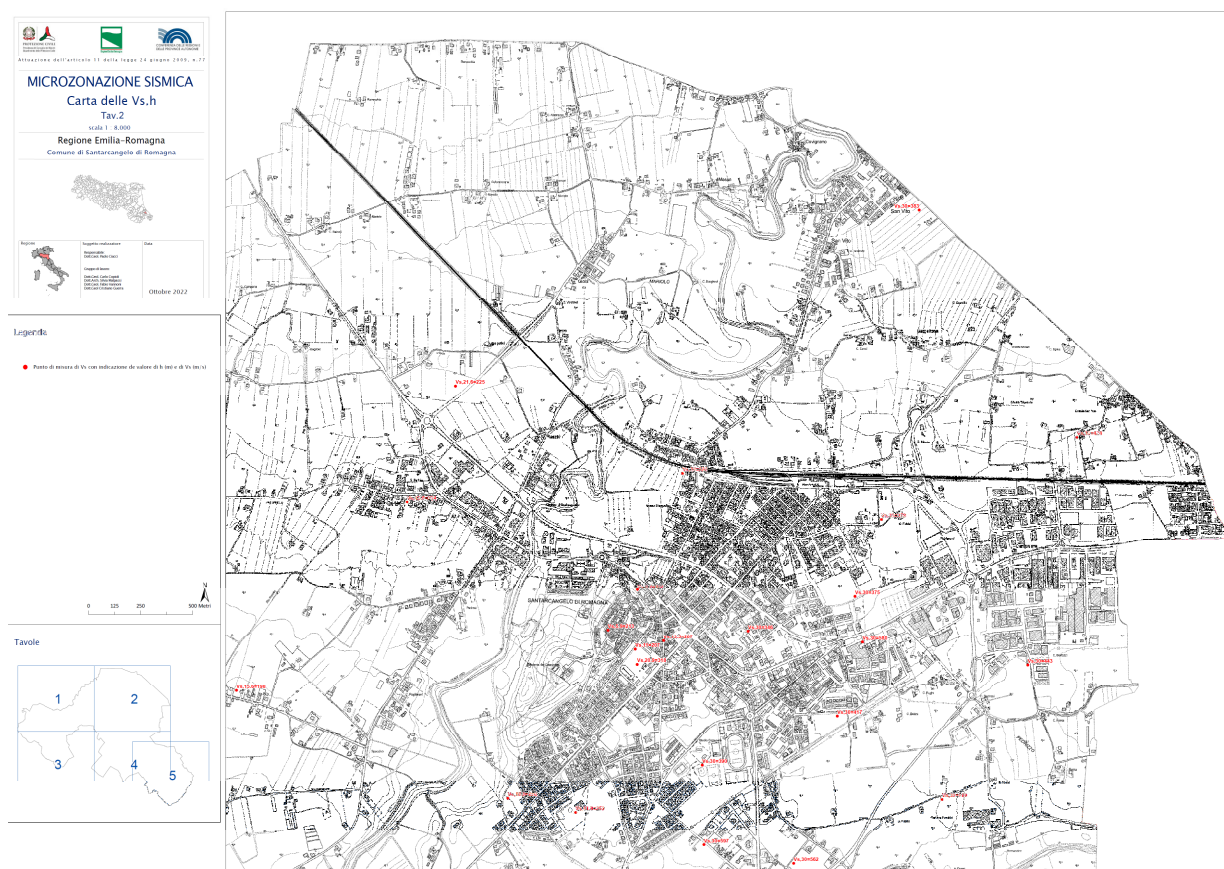


Figura 9.2.1 – Miniatura esemplificativa della carta delle velocità delle onde di taglio VsH.

### 9.2.2 Carte dei Fattori di Amplificazione Stratigrafica

I terreni in studio di Gambettola, data la conformazione ed estensione del territorio comunale, presentano caratteristiche litologiche a tratti differenti (vedi Cap. 4), per cui le maggiori variazioni risultano nello spessore delle coperture alluvionali sul substrato formazionale geologico per le zone intravallive e di pianura e nello spessore delle coperture/coltri alterate nelle zone collinari. A tal proposito il territorio in studio è stato discretizzato schematizzando situazioni geologiche omogenee al fine di poter stimare in maniera consona i fattori di amplificazione sismica tramite metodo semplificato tabellare proposto nella DGR 630/2019 e successivi aggiornamenti DGR 476/2021 e DGR 564/2021. Quindi sulla base della descrizione del contesto geologico di applicazione di ciascuna tabella e delle profondità attese per il substrato, si sono utilizzati i parametri di amplificazione definiti nelle tabelle denominate: *Appennino – “coperture direttamente poggianti su substrato rigido”*, *Appennino – “coperture su substrato non rigido”*, *Margine di tipo B* e *Pianura 2*. In figura 9.2.2 viene illustrato lo schema di applicazione delle tabelle succitate per i diversi ambiti geologici.

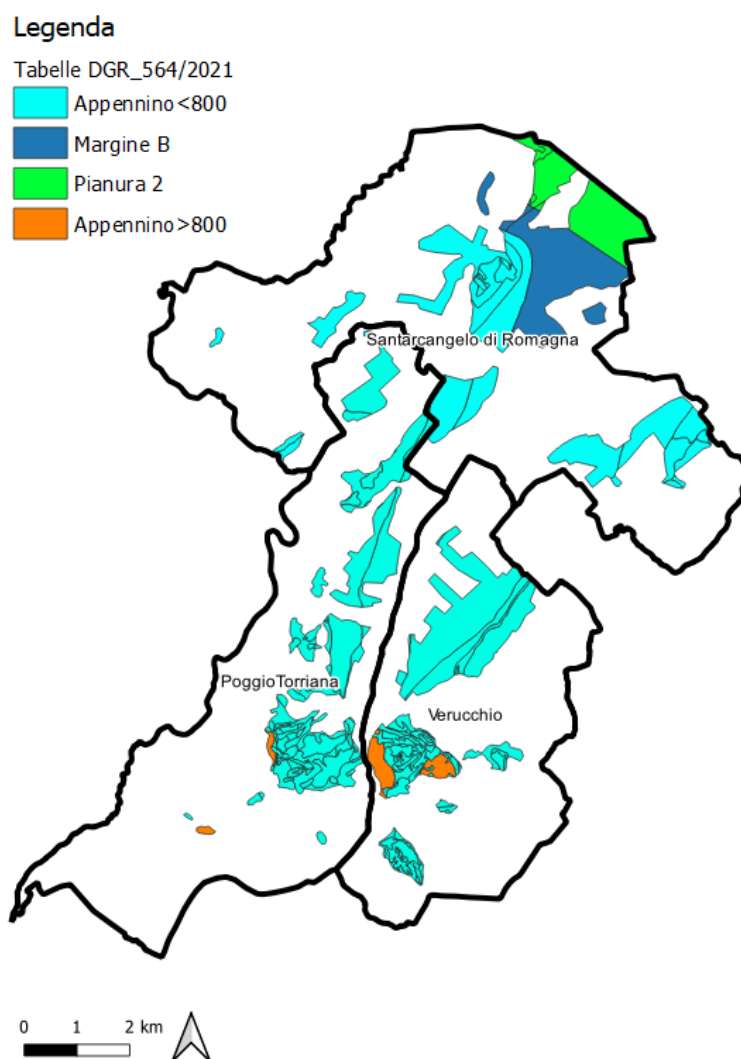


Figura 9.2.2 – Schema di applicazione delle tabelle di approccio semplificato per la stima dei fattori di amplificazione sismica nei diversi ambiti geologici del territorio comunale.

In ambito collinare e di transizione alla pianura, per cogliere in modo maggiormente significativo a livello locale la variazione dei fattori di amplificazione (FA) in funzione degli effetti stratigrafici, l'assegnazione di tali coefficienti è stata definita attraverso la stima puntuale del parametro di velocità equivalente  $V_{sH}$ , secondo la seguente formulazione:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N h_i/V_{si}}$$
 dove N è il numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura, H è lo spessore totale (in m) dei terreni di copertura o profondità del tetto del substrato,  $h_i$  = spessore (in m) dello strato i-esimo (fino al substrato),  $V_{si}$  = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al substrato).

In particolare, date le caratteristiche di rigidità sismica delle formazioni geologiche locali e del loro stato di fratturazione, per la stima di H si è assunta la profondità del tetto del substrato “non rigido”, ovvero il substrato geologico inalterato contraddistinto da una  $V_s < 800$  m/s.

In tal senso per l'applicazione della Tabella Appennino “coperture su substrato rigido” e “coperture su substrato non rigido” si è adottato il valore di  $V_{sH}$  per la profondità media rappresentativa dei depositi di copertura su materiali di base più rigidi, al fine di ottenere una lettura omogenea e calibrata sullo specifico contesto geologico/territoriale.

Per le tabelle “Margine di tipo B” e “Pianura 2” invece ci si è avvalsi del valore di  $V_{s30}$  utile alla stima dei fattori di amplificazione sismica di ciascuna relativa microzona. Tali scelte sono state guidate anche sulla scorta delle considerazioni ed esperienze illustrate nello studio “Revisione della suddivisione del territorio regionale in ambiti geo-litologici omogenei (A. Tinto, L. Martelli, A. Marcellini, 2015)”, alla base della definizione delle nuove tabelle di approccio semplificato per MS2.

Gli ambiti vengono quindi caratterizzati dai seguenti Fattori di amplificazione per effetto stratigrafico che intervengono sulle ampiezze spettrali (in accelerazione e velocità):

$F_{PGA} = PGA/PGA0$ , dove  $PGA0$  è l'accelerazione massima orizzontale a periodo  $T=0$  al suolo di riferimento e  $PGA$  è l'accelerazione massima orizzontale a periodo  $T=0$  alla superficie del sito;

$FA = SA/SA0$ , dove  $SA0$  è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento e  $SA$  è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T:  $SA1$  per  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ,  $SA2$  per  $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ,  $SA3$  per  $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ,  $SA4$  per  $0,5s \leq T \leq 1,5s$ ;

$FH = SI/SI0$ , dove  $SI0$  è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento e  $SI$  l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T:  $SI1$  per  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ,  $SI2$  per  $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ,  $SI3$  per  $0,5s \leq T \leq 1,5s$ .

A tal proposito si evidenzia come per gli ambiti caratterizzati dalla Tabella Appennino - coperture su substrato non rigido, in virtù degli spessori delle coperture e della tipologia di risposta sismica caratteristica,

*Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)*  
Relazione Illustrativa

non vengano definiti i fattori di amplificazione *SA4* ed *SI3*, venendo pertanto stralciati dalle relative carte di MS2. In dettaglio, le 8 carte di Microzonazione (Fa-PGA - Fa\_SA1 - Fa\_SA2 - Fa\_SA3 - Fa\_SA4 - Fa\_SI1 - Fa\_SI2 - Fa\_SI3) sono state costruite come segue:

- A ciascuna Microzona individuata nella carta delle MOPS è stato assegnato, in base ai rilievi disponibili riportati nella mappa delle velocità, un unico valore rappresentativo di Vs. Tale valore è stato assegnato in termini di Vs30 o VsH (in funzione del contesto geologico e profondità del bedrock geofisico o contrasti di impedenza significativi); al proposito si rileva come rigidzze proprie di substrati con  $V_{s30} \geq 800$  m/s si possano riscontrare solo a profondità elevate o in corrispondenza delle rupi e/o affioramenti rocciosi calcarei.
- In base a ciascun valore Vs assegnato alle varie zone (Vs30 o VsH) è stato successivamente possibile identificare e/o accoppiare Microzone con caratteristiche dinamiche simili, suddividendo il territorio in zone a caratteristiche amplificative omogenee.
- In base agli abachi proposti nella DGR 630/2019 e successivi aggiornamenti DGR 476/2021 e DGR 564/2021 (riportati in Figura 9.2.3) denominati rispettivamente A2.1.2 - “PIANURA 2” e “Margine di tipo B”, A2.1.1 - “Appennino - coperture direttamente poggianti su substrato rigido” e A2.1.1 - “Appennino - coperture su substrato non rigido”, sono stati quindi assegnati i Fattori di Amplificazione corrispondenti alla classe di Vs30 o VsH precedentemente determinata.

Vs30 (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

Vs30 (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ) e **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

Vs30 (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ ) **a)**

Vs30 (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

Vs30 (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ), **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

Vs30 (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ ) **b)**

# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

## Relazione Illustrativa

$V_{SH} \text{ (m/s)} \rightarrow$ $H \text{ (m)} \downarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,8	1,7	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
15	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,0
20	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,0
25	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5	1,3	1,0
30		1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2
35		1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2
40		1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,4	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{SH} \text{ (m/s)} \rightarrow$ $H \text{ (m)} \downarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,7	1,4	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	2,1	2,0	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
15	2,2	2,2	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
20	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1
25	2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1
30		2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2
35		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	1,2

Fattore di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ )

$V_{SH} \text{ (m/s)} \rightarrow$ $H \text{ (m)} \downarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,3	2,0	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	
10	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	
20	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	
25	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
30		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
35		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{SH} \text{ (m/s)} \rightarrow$ $H \text{ (m)} \downarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
10	2,3	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
15	2,8	2,3	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
20	3,2	2,9	2,3	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	
25	3,4	3,2	2,7	2,0	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	
30		3,3	2,9	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	
35		3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		3,2	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2
50		3,0	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ )

$V_{SH} \text{ (m/s)} \rightarrow$ $H \text{ (m)} \downarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,7	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	
20	2,6	2,6	2,4	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	
25	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,4	2,4	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ )

$V_{SH} \text{ (m/s)} \rightarrow$ $H \text{ (m)} \downarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	
20	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	
25	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,3	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ )

$V_{SH} \text{ (m/s)} \rightarrow$ $H \text{ (m)} \downarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
15	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
20	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
25	3,4	2,5	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
30		3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	
35		3,3	2,7	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1
40		3,6	3,1	2,2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
50		3,6	3,4	2,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ )

$V_{SH} \text{ (m/s)} \rightarrow$ $H \text{ (m)} \downarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,3	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
20	2,9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
25	3,6	3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	
30		3,3	2,7	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	
35		3,5	3,0	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1
40		3,5	3,2	2,6	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		3,3	3,3	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ )

c)

d)

Figura 9.2.3 - Abachi definiti dalla Regione Emilia Romagna per il calcolo dei Fattori di Amplificazione al II livello di analisi di Microzonazione Sismica: Margine tipo B (a), Pianura 2 (b), Appennino - coperture direttamente poggianti su substrato rigido (c), Appennino - coperture su substrato non rigido (d).

Quindi gli elaborati finali sono stati realizzati accoppiando aree con valori di FA simili, come riportato negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica 4.2 in allegato alle linee guida per la Microzonazione Sismica. In Figura 9.2.4 vengono mostrate le classi di colore assegnate per ciascun range di amplificazione ottenuto.











Per ciascuna microzona, tramite specifiche etichette sovrimposte a livello grafico, è stato altresì riportato il relativo valore numerico del Fa ottenuto sia per le zone stabili che di attenzione per instabilità, nonostante possano essere caratterizzate da complessi fenomeni di amplificazione sismica e, spesso, da significative



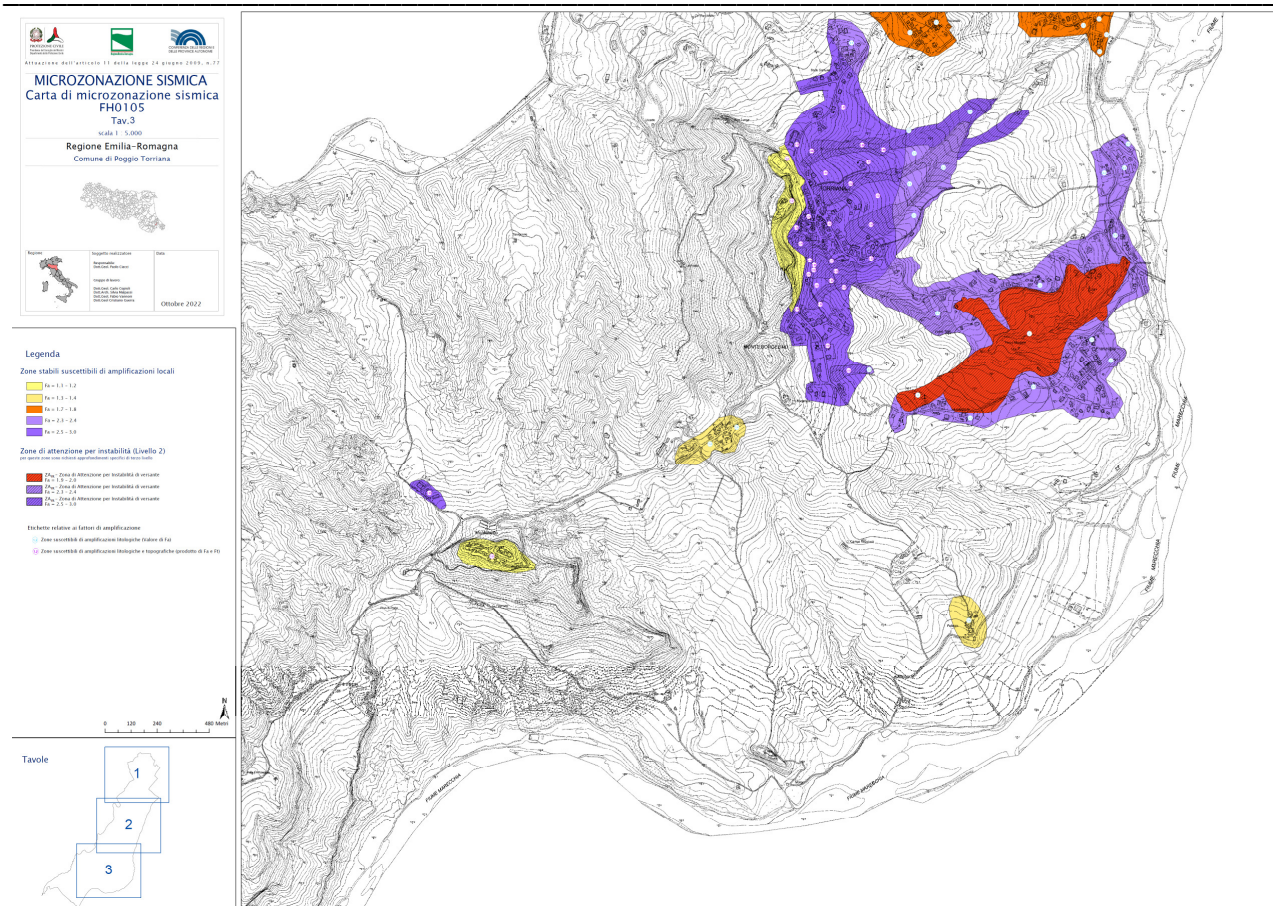
deformazioni e condizioni di comportamento non lineare, per cui è opportuno svolgere approfondite verifiche tramite specifici approfondimenti di III Livello.

In linea generale nelle aree di piana alluvionale, data la profondità del bedrock e la natura/rigidezza dei depositi superficiali, i fattori di amplificazione (sia in accelerazione che in velocità) tendono a risultare maggiormente correlati tra loro, sia nei range spettrali di media-alta frequenza (PGA, 0.1-0.5s, 0.5-1.0s, 0.7-1.1s) che a bassa frequenza (0.5-1.5s). Diversamente procedendo verso le zone pedecollinari e collinari, in cui le coperture al di sopra del bedrock vanno sensibilmente assottigliandosi, si evidenzia un maggior incremento degli effetti amplificativi nell'ambito delle alte e medie frequenze; al proposito in corrispondenza delle zone di Appennino, la direttiva regionale non prevede la stima (e conseguente mappatura) dei parametri di amplificazione nel range 0.5-1.5s (SA4 ed SI3).

In corrispondenza delle rupi calcaree e/o degli ammassi rocciosi, a tratti caratterizzati da substrato rigido con  $V_s > 800$  m/s, generalmente caratterizzati maggior rigidezza sismica, si evidenzia altresì una sensibile riduzione dei parametri amplificativi soprattutto negli ambiti spettrali di basso e medio periodo.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (classe del parametro di amplificazione). <sup>14</sup>	
	1.1 - 1.2
	1.3 - 1.4
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	2.5 - 3.0
	3.1 - 3.5
	>3.5

*Figura 9.2.4-Classi di colore riferite ai Fattori di Amplificazione (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. MS. Versione 4.1)*



*Figura 9.2.5 - Miniatura della carta di MS per periodi dello spettro di risposta in velocità (Housner) tra 0.1-0.5 s ( $Fa_{SII}$ ).*

### 9.2.3 Fattori di Amplificazione Topografica

Considerata la presenza di conformazioni morfologiche potenzialmente comportanti fenomeni di amplificazione di tipo topografico, una stima di tali fattori di amplificazione attesi è stata desunta dall'applicazione degli approcci semplificati indicati nelle ICMS 2008 per scarpate rocciose e versanti con conformazione a cresta (paragrafo 3.3, pag. 158-160, Volume 3).

Tale scelta è stata assunta a seguito di una verifica preliminare, confrontando i risultati anche con il metodo semplificato proposto al Par. A2.2 nella Del. G.R. 630/2019 R.E.R. Tuttavia poiché i risultati risultavano sostanzialmente confrontabili, in virtù della specifica conformazione morfologica dei rilievi locali e delle creste (frequentemente arrotondate) su cui sorgono i centri abitati principali si è optato per il metodo ICMS2008 in quanto ritenuto maggiormente rappresentativo per gli assetti locali.

Caso per caso, dall'analisi delle varie configurazioni morfologiche individuate lungo specifiche sezioni topografiche rappresentative, si sono applicate le formulazioni semplificate per creste e scarpate rocciose di cui al par. 3.3.1 e 3.3.2 ICMS 2008 (vedi figura 9.2.6-9.2.7) e di cui, di seguito, si riportano anche i relativi abachi (tabella 9.2.1-9.2.2):

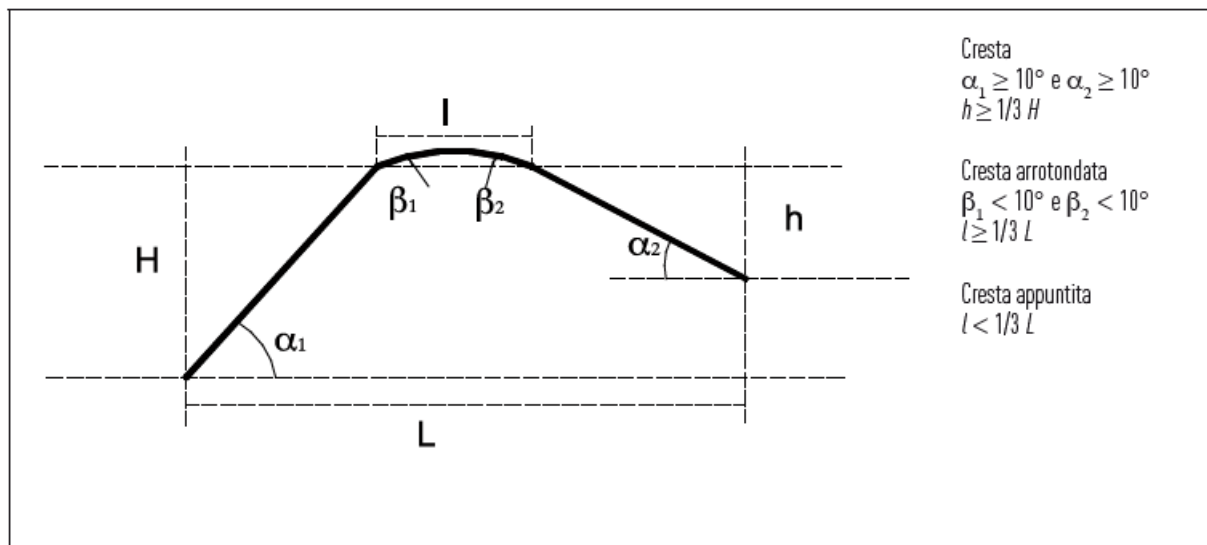


Figura 9.2.6 – Schema di riferimento per la cresta e criteri di riconoscimento (ICMS2008)

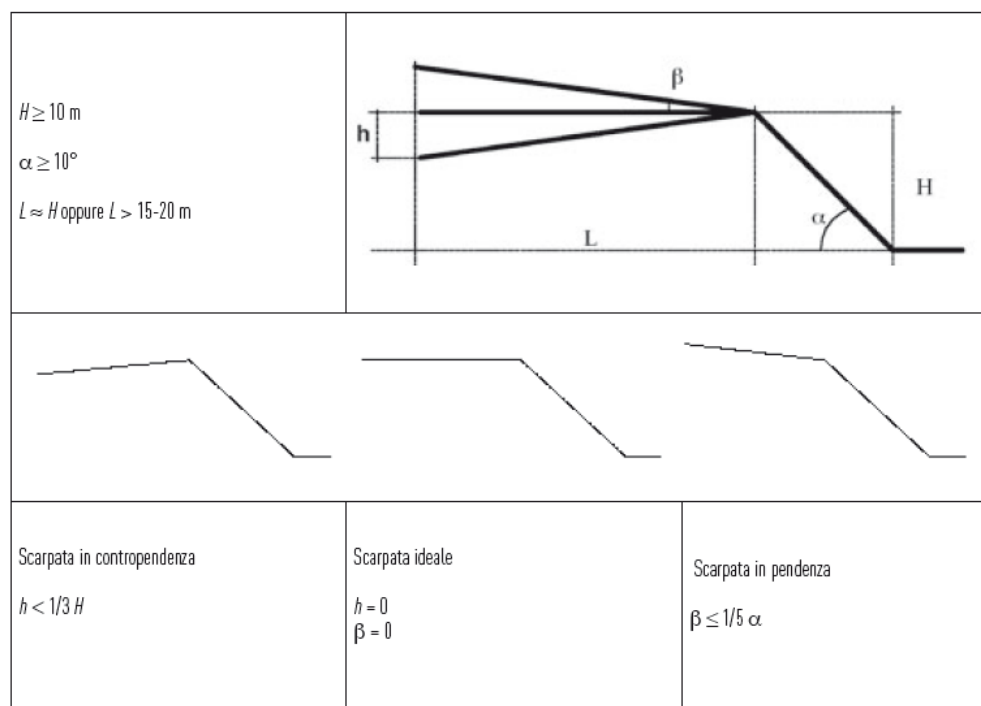


Figura 9.2.7 – Schemi di riferimento per la scarpata e criteri di riconoscimento (ICMS2008)

# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

## Relazione Illustrativa

Tabella 9.2.1– Abaco per creste rocciose (Tab. 3.3-1 - ICMS2008)

Creste appuntite $L > 350$	$F_{a,1-0.5} = e^{\frac{1.1H}{L}}$	<p>CORRELAZIONE H/L - Fa 0,1-0,5 s</p> <p>CRESTE APPUNTITE <math>L &gt; 350</math> m</p>
Creste appuntite $250 < L < 350$	$F_{a,1-0.5} = e^{\frac{0.93H}{L}}$	<p>CORRELAZIONE H/L - Fa 0,1-0,5 s</p> <p>CRESTE APPUNTITE <math>250</math> m <math>&lt; L &lt; 350</math> m</p>
Creste appuntite $150 < L < 250$	$F_{a,1-0.5} = e^{\frac{0.73H}{L}}$	<p>CORRELAZIONE H/L - Fa 0,1-0,5 s</p> <p>CRESTE APPUNTITE <math>150</math> m <math>&lt; L &lt; 250</math> m</p>
Creste appuntite $L < 150$	$F_{a,1-0.5} = e^{\frac{0.40H}{L}}$	<p>CORRELAZIONE H/L - Fa 0,1-0,5 s</p> <p>CRESTE APPUNTITE <math>L &lt; 150</math> m</p>
Creste arrotondate	$F_{a,1-0.5} = e^{\frac{0.47H}{L}}$	<p>CORRELAZIONE H/L - Fa 0,1-0,5 s</p> <p>CRESTE ARROTONDATE</p>

Tabella 9.2.2 – Abaco per scarpate rocciose (Tab. 3.3-2 - ICMS2008)

*Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)*  
Relazione Illustrativa

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $F_a$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{3}{4} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Tali abachi sono utilizzabili per il calcolo di fattori di amplificazione ( $F_a$ ) per le creste rocciose (bedrock sismico affiorante) caratterizzate da pendii con inclinazione media maggiore o uguale ai  $10^\circ$  (Figura 9.2.6 - Tabella 9.2.1) e per scarpate rocciose caratterizzate da fronti di altezza ( $H$ ) uguale o superiore a 10 m e inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale uguale o superiore ai  $10^\circ$  (Figura 9.2.7 - Tabella 9.2.2).

In funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del valore di  $F_a$  in base al valore del coefficiente di forma  $H/L$  (Tabella 9.2.1).

Il valore di  $F_a$  determinato è stato approssimato alla prima cifra decimale (indicazioni ICMS 2008) ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta, mentre lungo i versanti tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante e, in ogni caso, stimando il  $F_a$  sino al margine della microzona in studio (ove questo risulti di estensione minore).

In modo analogo gli ICMS riportano (Tabella 9.2.2) il valore di  $F_a$  per ciascuna classe altimetrica ( $H$ ) e classe di inclinazione ( $\alpha$ ) delle scarpate (Pergalani e Compagnoni, 2006b).

Un valore di  $F_a$  caratteristico è assegnato a ogni tipologia di scarpata potendo individuare anche l'estensione della relativa area di influenza ( $A_i$ ) in funzione dell'altezza del pendio.

Di seguito (Figura 9.2.8) si riportano schematicamente i profili analizzati completi delle caratteristiche geometriche rappresentative. Tali profili sono stati individuati sulla base di caratteri geomorfologici ritenuti rilevanti ai fini di una potenziale amplificazione sismica.



PROFILI PER LA STIMA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

**POGGIO TORRIANA**

SEZ. 1 – 1'



SEZ. 2 – 2'



SEZ. 3 – 3'



SEZ. 4 – 4'



SEZ. 5 – 5'



## SANTARCANGELO DI ROMAGNA

SEZ. 1 - 1'



## VERUCCHIO

SEZ. 1 - 1'



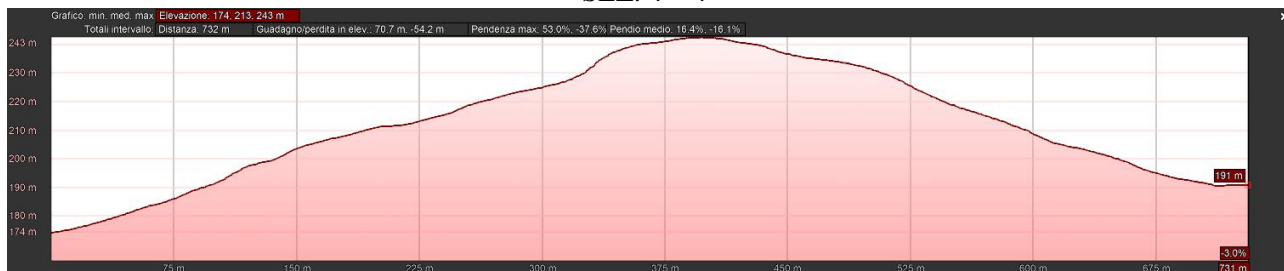
SEZ. 2 - 2'



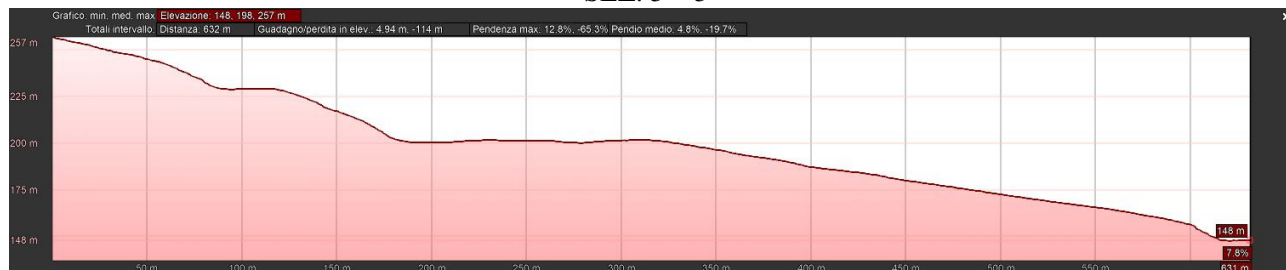
SEZ. 3 - 3'



SEZ. 4 - 4'



SEZ. 5 – 5'



SEZ. 6 – 6'



Figura 9.2.8 – Sezioni topografiche rappresentative per l'analisi dei fattori di amplificazione topografica

Tabella 9.2.3 – Fattori di amplificazione topografica per il periodo 0.1-0.5 s

TABELLA DI SINTESI					
Sezione	tipo	H	L	Ft 0.1-0.5	SCA= Scarpata
POGGIO TORRIANA					CAR= Cresta arrotondata
					CAP= Cresta appuntita (L>350 m)
Profilo – 1-1'	CAP	135	750	1.2	
Profilo – 2-2'	CAP	67	350	1.2	
Profilo – 3-3'	SCA	213	1000	1.1	
Profilo – 4-4'	CAR	50	600	1	
Profilo – 5-5'	CAR	35	450	1	
SANTARCANGELO DI R.					
Profilo – 1-1'	CAR	26	300	1	
VERUCCHIO					
Profilo – 1-1'	CAP	49	250	1.2	
Profilo – 2-2'	CAR	89	1000	1	
Profilo – 3-3'	SCA	100	260	1.2	
Profilo – 4-4'	CAR	53	620	1	
Profilo – 5-5'	SCA	46	290	1	
Profilo – 6-6'	SCA	124	650	1.1	

In funzione delle pendenze rilevate e delle conformazioni dei versanti, sono stati complessivamente analizzati 12 profili ritenuti potenzialmente amplificanti e sui quali è stato calcolato l'effetto della topografia (situazione di cresta o versante).

Considerati l'estensione (L) e dislivelli (H) delle sezioni rilevate, in relazione all'estensione delle microzone ed alle indicazioni ICMS, si sono individuate le zone di massima amplificazione in sommità delle aree studiate ed i valori scalati all'interno di ciascuna microzona.

In ogni caso i valori rilevati, in virtù delle conformazioni morfologiche, risultano non eccedere mai la soglia massima di 1.2. *Taluni rilievi/versanti minori sono stati esclusi dalla stima del fattore di amplificazione topografico in quanto di altezza minore di 30 mt rispetto alle aree circostanti di fondovalle e/o con pendenze medie minori di 10°.*

Come desumibile dalle linee guida ICMS, i fattori topografici semplificati sono generalmente elaborati ed indicati per condizioni lineari elastiche e/o comunque di modesta non linearità; pertanto tali fattori andranno ulteriormente valutati puntualmente per le coperture instabili in quanto, in condizioni sismiche, risultano potenzialmente affette da fenomeni di marcata non linearità e/o spostamenti sensibili, in grado di alterarne le modalità amplificazione sismica attesa, generalmente tali da richiedere uno specifico approfondimento di indagine di III livello.

Allo scopo di rappresentare cartograficamente le informazioni relative al fattore di amplificazione, per ciascuna microzona, in aggiunta alla gradazione di colore, è stato riportato il valore numerico ottenuto tramite specifiche etichette sovrimposte; in queste ultime l'etichetta e relativo colore evidenzia se trattasi di sola amplificazione per effetto stratigrafico (S) o effetto congiunto di stratigrafia e fattore topografico (SxT). Questa modalità di rappresentazione consente di mantenere una buona leggibilità del supporto cartografico, indicando inoltre in quale fascia di territorio è possibile stimare il fattore di amplificazione complessivo (moltiplicando  $F_{strat} \times F_t$ ) in funzione delle locali condizioni topografiche, riportandone altresì il valore finale atteso.

#### **9.2.4 Carta del parametro di scuotimento sismico assoluto " $H_{SM}$ "**

Per rappresentare in maniera assoluta e più realistica la pericolosità sismica del territorio, tenendo conto sia della pericolosità di base sia degli effetti di sito, la DGR 630/2019 richiede altresì una carta della distribuzione sul territorio dei valori di intensità sismica  $H_{SM}$  (Naso et al., 2019), parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in  $\text{cm/s}^2$ ), dato dall'integrale dello spettro in accelerazione calcolato nell'intervallo di periodi  $0,1s \leq T \leq 0,5s$  e diviso per  $\Delta T$ , cioè per 0,4s. In assenza di analisi RSL, il parametro  $H_{SM}$  può essere calcolato come prodotto del parametro di intensità spettrale  $ASI_{UHS}$  (*Acceleration Spectrum Intensity*), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ , diviso per  $\Delta T$  (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

I valori di riferimento  $ASI_{UHS}/\Delta T$ , calcolati per ogni punto della griglia INGV, sono riportati nel file all\_4\_coord.kmz sviluppato a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, adottando di volta in volta quelli del nodo più vicino.

Tale parametro consente una rappresentazione assoluta della pericolosità sismica del territorio, la zonazione del territorio in termini di  $H_{SM}$  permette di stabilire una reale graduatoria di pericolosità tra le varie zone omogenee ed è quindi un elemento conoscitivo fondamentale per una più realistica valutazione del rischio sismico; in particolare l'intervallo di periodi compreso tra 0,1 s e 0,5 s, risulta di grande interesse per il governo del territorio e per la pianificazione urbanistica, in quanto è noto da vari studi che i periodi propri della maggior parte degli edifici dei centri storici, e dei centri abitati in generale, sono compresi in questo intervallo e, pertanto, consente anche eventuali valutazioni preliminari sul danneggiamento potenziale atteso. Al proposito Naso et al., 2019 propongono una discretizzazione secondo classi di valori di  $H_{SM}$  in relazione all'intensità macrosismica e danneggiamento potenziale attesi (vedi Tabella 9.2.4).

Tabella 9.2.4 – Ipotetiche classi di intensità  $H_{SM}$  in relazione ad altri fenomeni fisici (Naso et al., 2019 modificato)

Seismic hazard	low-very / low	moderate / low	moderate	high	very high
$H_{SM}$ (g)	$\leq 0.183$	$0.183 < H_{SM} \leq 0.347$	$0.347 < H_{SM} \leq 0.663$	$0.663 < H_{SM} \leq 1.264$	$> 1.264$
Potential damage	none - very light	very light – moderate	moderate – heavy	heavy	very heavy
Instrumental intensity	$\leq VI$	VII	VIII	IX	$\geq X$

Secondo gli autori infatti tale relazione empirica, correlata alla PGA ed ai fattori di amplificazione, risulta congrua con i risultati ed altri parametri sismici adottati per la classificazione sismica del territorio (Gomez Capera et al. 2007, 2015 - Faenza e Michelini, 2010 - Bramerini e Di Pasquale, 2002).

Nella rappresentazione cartografica si sono adottate le classi di pericolosità e relativa vestizione indicate dalla Regione Emilia Romagna in conformità alle recenti “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazioni” – versione 2.0 (2022). In tabella 9.2.5. si riportano le classi di  $H_{SM}$  di riferimento:

Tabella 9.2.5 – Classificazione di  $H_{SM}$  per i 3 intervalli di periodo spettrale (LG “Amplificazioni”–versione 2.0, 2022).

Intervalli di periodo	Classificazione $H_{SM}$ [g]			
	Basso ( $ZS4_{SM}$ )	Medio ( $ZS3_{SM}$ )	Alto ( $ZS2_{SM}$ )	Molto alto ( $ZS1_{SM}$ )
$T1_{(0.1-0.5)}$	$\leq 0.21$	0.22-0.54	0.55-0.85	$\geq 0.86$
$T2_{(0.4-0.8)}$	$\leq 0.14$	0.15-0.34	0.35-0.55	$\geq 0.56$
$T3_{(0.7-1.1)}$	$\leq 0.09$	0.10-0.22	0.23-0.35	$\geq 0.36$

Di seguito si riporta uno stralcio esemplificativo della tavola relativa al parametro di scuotimento assoluto  $H_{SM}$  (figura 9.2.9), alla quale si potrà fare riferimento per un maggior dettaglio.



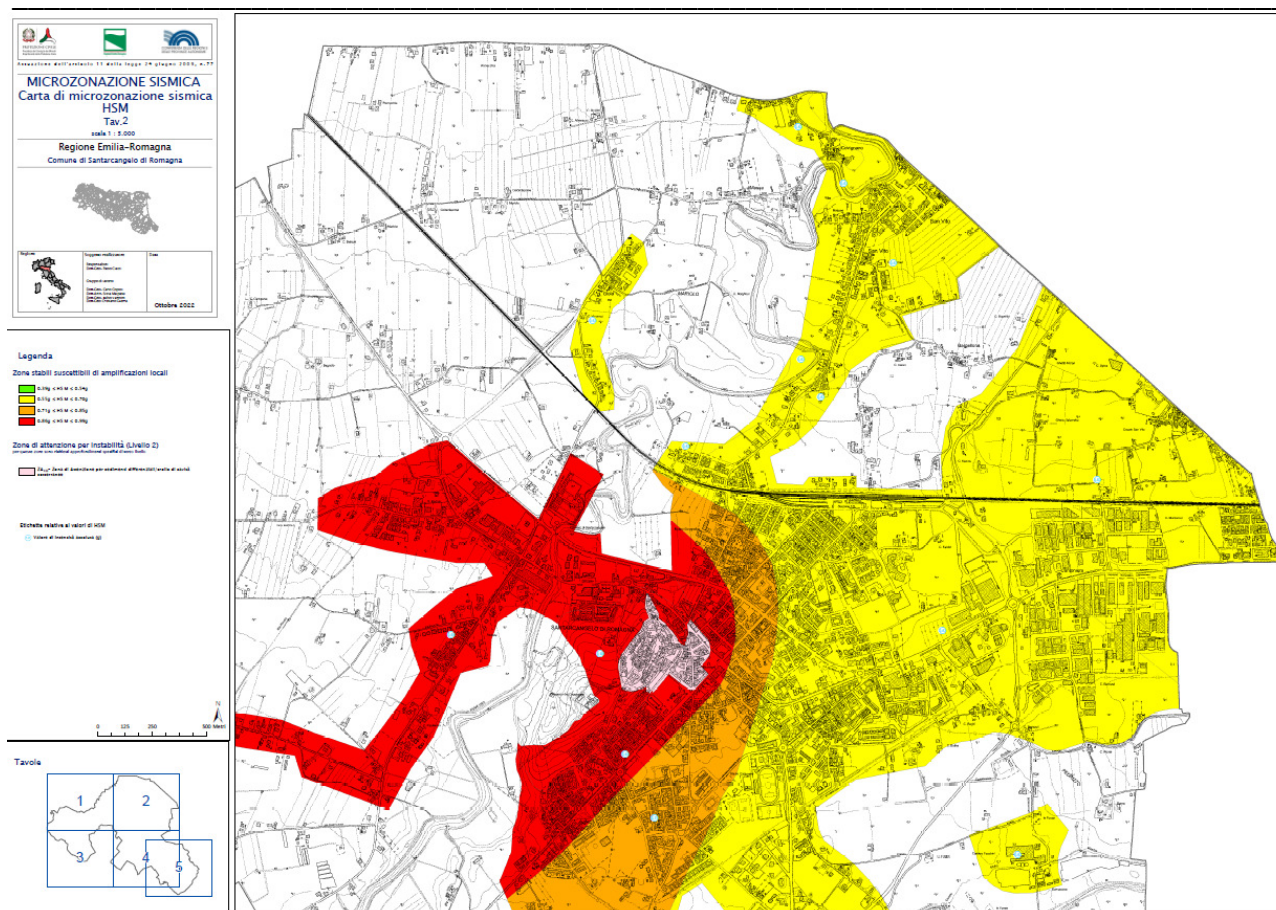


Figura 9.2.9 – Miniatura esemplificativa della carta di scuotimento assoluto  $H_{SM}$ .

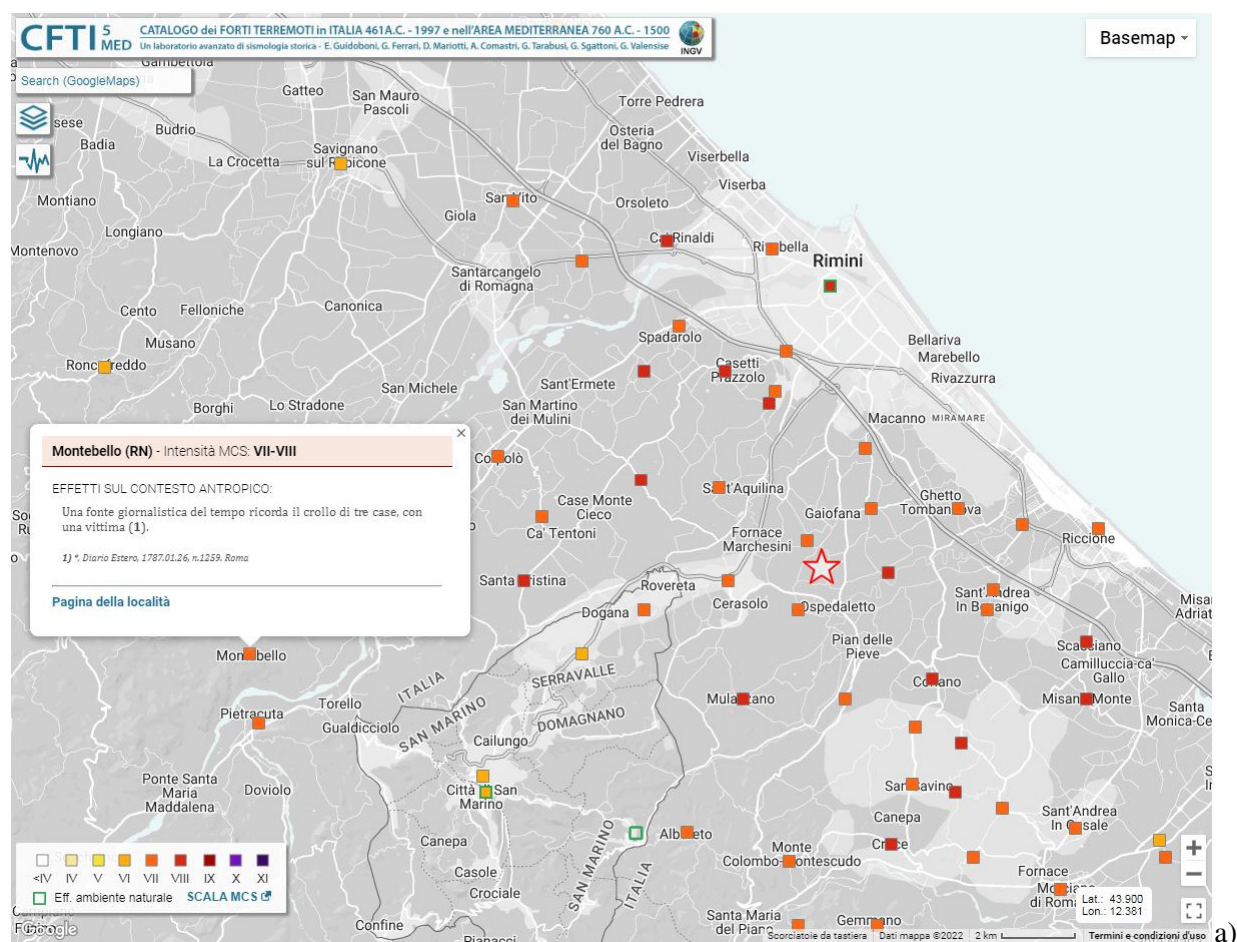
## 10. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Come già ampiamente trattato nel precedente capitolo 3, le informazioni relative agli eventi sismici storici di riferimento specificamente per il territorio comunale di Poggio Torriana, Santarcangelo di R. e Verucchio, sono desumibili prioritariamente dall'analisi del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), il quale fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima  $> 5$  o magnitudo  $> 4.0$  di interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2020 e che si riferisce al DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) vers. 4.0. La consultazione per località di tale catalogo, disponibile liberamente all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>, ha quindi fornito i risultati mostrati nel Capitolo 3.

A completezza dell'argomentazione si è consultato il Catalogo CFTI5<sub>MED</sub> (CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500) - INGV) con le osservazioni macrosismiche e informazioni disponibili circa le manifestazioni e risentimenti occorsi in occasione dei maggiori terremoti storici presso le località in studio. Chiaramente nelle aree rurali, al di fuori dei principali nuclei storici, la documentazione riguardo ai sismi più antichi risulta spesso carente ed incompleta sia a livello spaziale che di contenuti informativi, non consentendo una chiara distinzione e quantificazione delle

aree a differente comportamento di risposta sismica locale; ciò anche in virtù sia delle diverse tipologie edificatorie oggetto di segnalazione che dello stato di conservazione del patrimonio edilizio riferibili alle singole cronache storiche. In tali aree rurali risultano sostanzialmente carenti anche le informazioni sull'ambiente naturale (es. frane, crolli, liquefazioni, fenomeni geologici-idrogeologici particolari, ecc.) rinvenibili invece talora in aree contigue (es. Savignano sul R., San Marino o riminese).

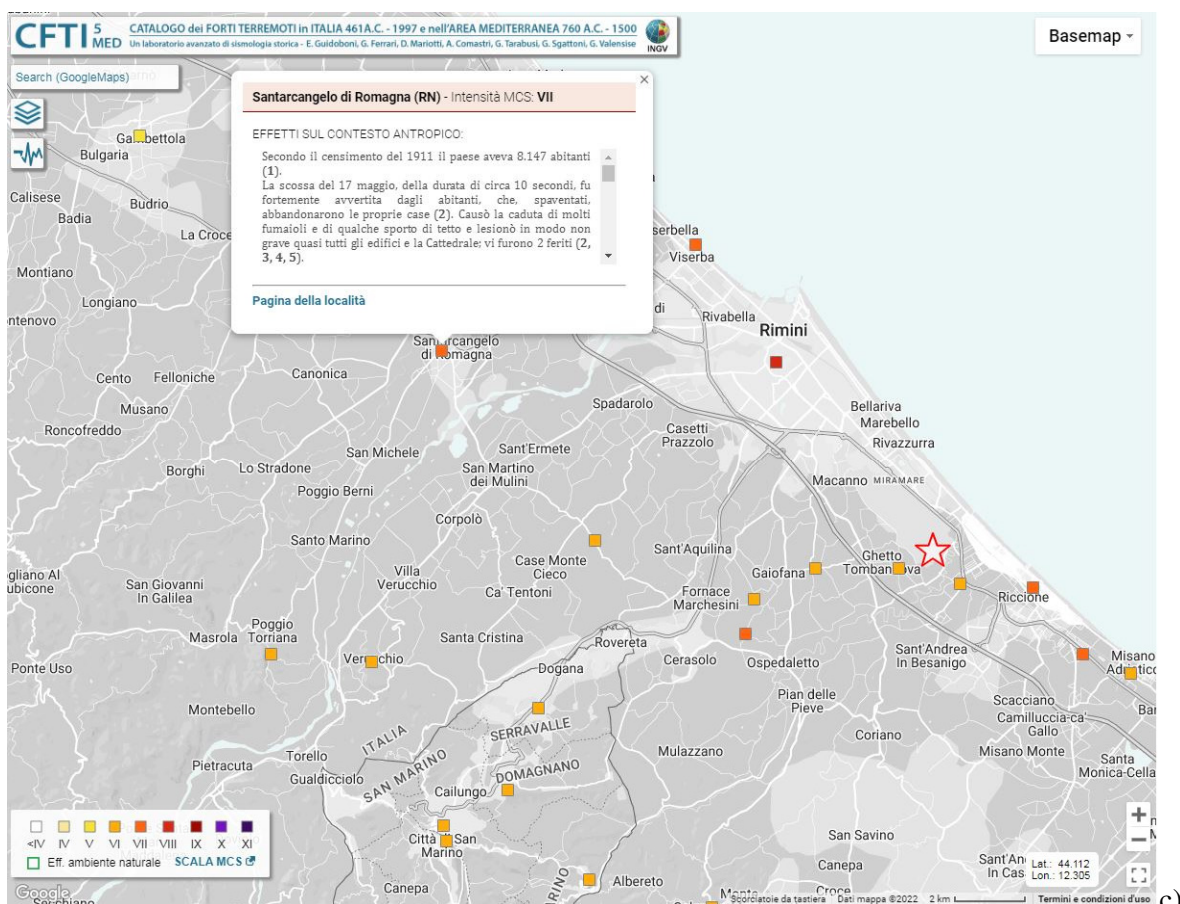
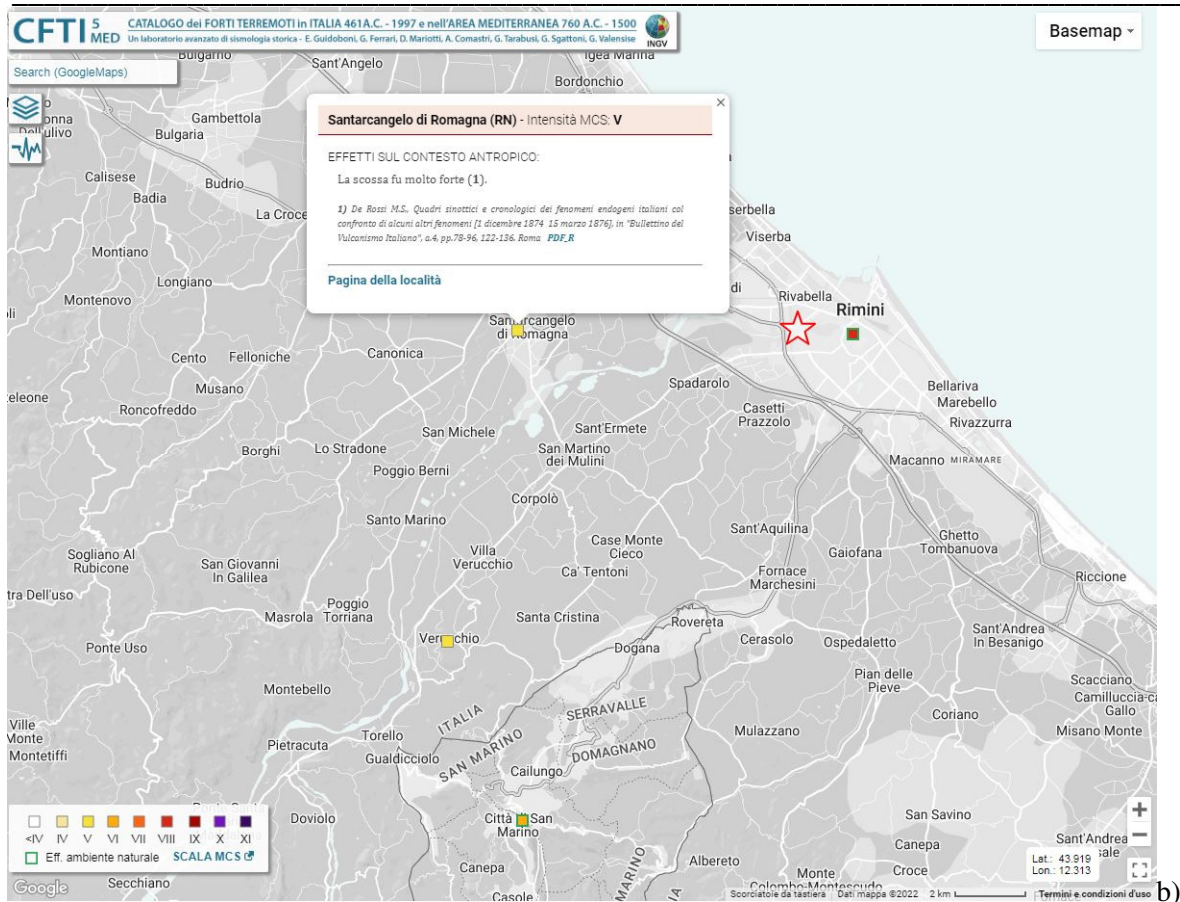
Chiaramente le informazioni più estese e dettagliate, seppur sostanzialmente descrittive, si possono desumere dagli eventi sismici più recenti quale il terremoto del 1916. Di seguito in figura 10.1 si riportano degli stralci delle mappe di risentimento macrosismico del catalogo CFTI5med relativi ai terremoti del 1786, 1875 e 1916 (eventi di maggio ed agosto) con una sintetica nota sulle zone a maggior risentimento.





# Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

## Relazione Illustrativa



## Studi di Microzonazione Sismica per il territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia (RN)

### Relazione Illustrativa

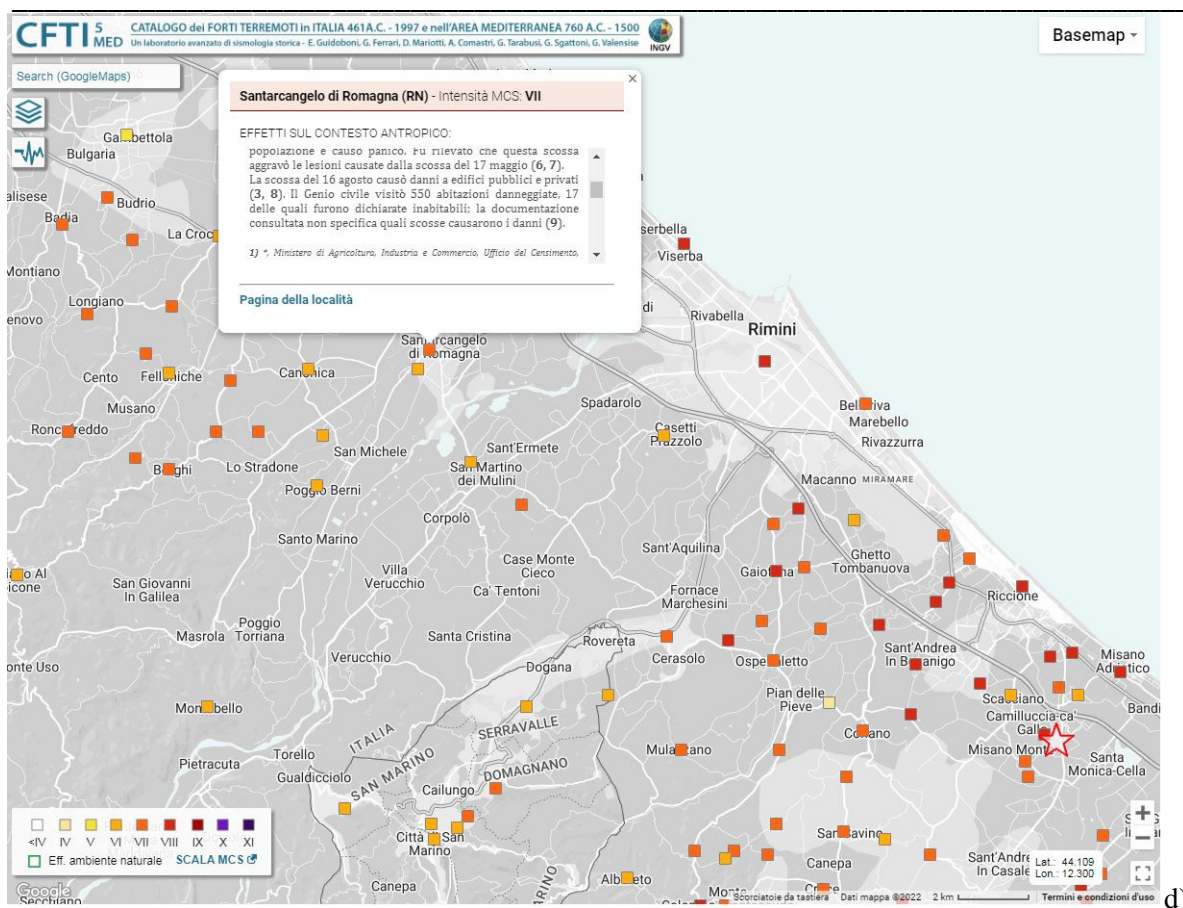


Figura 10.1 – Stralci Catalogo CFTI5<sub>MED</sub> con rappresentazione degli effetti macrosismici relativi ai terremoti storici del riminese del 1786 a), 1875 b) ed agli eventi di maggio ed agosto 1916 c) e d),

Peraltro tali epicentri, riferibili a sorgenti sismogenetiche vicine, risultano congruenti con i diagrammi di disaggregazione proposti da INGV – Progetto S1 (paragrafo 3 – figura 3.6) relativi ai nodi di riferimento per i comuni in oggetto. Inoltre nelle valutazioni generali si deve tener conto del fatto che l'areale in studio risulta parzialmente interessato (soprattutto Santarcangelo di R. ed in minor misura da Verucchio e Poggio Torriana) dalle strutture sismogenetiche individuali ITIS035 e ITIS036 e quella composita ITCS039, così come individuate nel Catalogo DISS 3.3.0 (INGV).

Pertanto ai fini della pericolosità sismica le valutazioni espresse al Capitolo 3 si ritengono coerenti con i dati di sismicità storica generale del riminese e del contesto territoriale romagnolo.

## 11. CONCLUSIONI

La microzonazione sismica effettuata sul territorio dell'Unione di Comuni Valmarecchia, con riferimento ai comuni di Poggio Torriana, Santarcangelo di R. e Verucchio, ha consentito di valutare la pericolosità sismica sia nelle aree urbane che in quelle di prevista urbanizzazione. Inoltre data anche l'abbondanza delle conoscenze litostratigrafiche e vista la estesa campagna geognostica/geofisica di riferimento, lo studio è stato esteso anche a porzioni del territorio rurale limitrofo.

Non sono state individuate zone stabili con assenza di effetti amplificativi. Pertanto sono presenti zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti possono indurre deformazioni permanenti nel territorio e nel primo sottosuolo. In tal caso si tratta di zone soggette ad instabilità gravitativa quanto di crollo o cedimento per presenza di grotte e cavità sia naturali che antropiche. I rischi legati a fenomeni di instabilità per movimenti gravitativi (sia attivi che quiescenti) risultano interessare prettamente i comuni collinari di Poggio Torriana (rientrando fra gli abitati da consolidare) e Verucchio, talora arrivando a coinvolgerne anche i nuclei storici. Inoltre il territorio comunale di Verucchio risulta interessato da un elemento di dissesto di grandi dimensioni DGPV (deformazione gravitativa profonda di versante) che per dimensioni, dinamica ed interazione con gli assetti territoriali ed infrastrutturali, risulta certamente meritevole di futuri ed appropriati approfondimenti. Le problematiche di instabilità correlate alla presenza di cavità (naturali e/o antropiche) risulta riguardare prettamente ed in modo abbastanza diffuso i nuclei storici di Santarcangelo di R. e Verucchio. Al proposito si segnala che anche il centro storico di Santarcangelo (Colle Giove ed aree urbane limitrofe), per pregresse problematiche di dissesto, risulta annoverato fra gli abitati da consolidare ex L. 445/1908, mentre presso il l'abitato storico di Verucchio, data la presenza di aree con cavità, si rilevano anche zone di attenzione per sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti.

**Per situazioni di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non sono previsti studi di approfondimento di III° livello. Diversamente nelle zone suscettibili di instabilità all'occorrenza sarà necessario eseguire studi di III° livello di approfondimento, non solo per una più accurata valutazione delle intensità sismiche attese, quanto per una più precisa stima del rischio per instabilità gravitativa o crollo cedimento di cavità. Tali approfondimenti andranno modulati anche in considerazione del grado di interferenza con le aree urbanizzate/urbanizzabili e/o l'eventuale presenza strutture/infrastrutture strategiche.**

Dalla consultazione del database Ithaca, inoltre, non risultano presenti elementi tettonici attivi e capaci, certi e documentati, che possano determinare effetti superficiali nelle aree urbanizzate in studio.

Infine le carte di microzonazione sismica riportano i valori dei Fattori di Amplificazione (FA) individuati per tutto il territorio studiato ed a cui riferirsi anche per eventuali studi di approfondimento di III° livello e, comunque, di riferimento generale per tutte le valutazioni di carattere urbanistico.



In base alle condizioni stratigrafiche e topografiche locali ed ai relativi profili di Vs il moto sismico atteso è stato definito secondo specifici fattori di amplificazione della PGA (FA\_PGA), dello spettro elastico in accelerazione, denominati Fa\_SA1 - Fa\_SA2 - Fa\_SA3 e, localmente, anche Fa\_SA4 (rispettivamente per intervalli compresi tra  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ,  $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ,  $0,7s \leq T \leq 1,1s$  e  $0,5s \leq T \leq 1,5s$ ) e dell'intensità di Housner denominati Fa\_SI1 - Fa\_SI2 e, localmente, Fa\_SI3 (intervalli compresi tra 0,1-0,5 s, 0,5-1,0 s e 0,5-1,5 s) nonché in virtù delle condizioni topografiche e morfologiche all'occorrenza rilevate (fattore di amplificazione topografica FT).

Per una rappresentazione assoluta della pericolosità sismica del territorio si è definita anche una zonazione del territorio in termini di intensità sismica assoluta  $H_{SM}$ , al fine di consentire una reale graduatoria di pericolosità tra le varie zone omogenee ed una più diretta valutazione semi-quantitativa del rischio sismico.

Qualora si voglia procedere ad approfondimenti di particolare dettaglio attraverso analisi di risposta sismica locale (RSL), eseguite con criteri di innegabile scientificità e supportate da adeguate indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio, le risultanze ottenute saranno di grande utilità nel confronto con i dati ottenuti nelle carte di microzonazione e potranno essere utilizzate in sostituzione dei valori di FA ed FT previsti sul territorio oggetto di RSL nonché a supporto di approfondite analisi circa le aree a potenziale instabilità.

Tutte le analisi e verifiche sono state condotte in ottemperanza alla Delibera di G.R. 630/2019, come aggiornata dalla DGR 476/2021 e successiva integrazione DGR 564/2021 della Regione Emilia Romagna nonché alle indicazioni nazionali ICMS 2008, trattando i dati secondo gli standard di rappresentazione ed archiviazione 4.2.

## 12. BIBLIOGRAFIA

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 CPTI15-DBMI 15, vers. 4.0 <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Dipartimento della Protezione Civile, "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica", 2008

Regione Emilia Romagna, Del. G.R. 630/2019 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR 24/2017)"

Regione Emilia Romagna, Del. G.R. 476/2021 "Aggiornamento dell' Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR 24/2017) di cui alla deliberazione della giunta regionale 29 aprile 2019, n. 630"

Regione Emilia Romagna, Del. G.R. 564/2021 del 26/04/2021, INTEGRAZIONE DELLA PROPRIA DELIBERAZIONE N. 476 DEL 12 APRILE 2021 MEDIANTE APPROVAZIONE DELL'ALLEGATO A, "ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO SUGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA (ARTT. 22 E 49, L.R. N. 24/2017)"

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>

DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) - vers. 3.3.0 <https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>

EMIDIUS [http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone\\_sismo.html](http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html)

INGV <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>

ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>

ITHACA (ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaLY HAZard from CAPable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>)

PROTEZIONE CIVILE <http://www.protezionecivile.gov.it>

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G. (2018) - CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5>

Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G., Valensise G. (2019), CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area, Scientific Data 6, Article number: 80 (2019). doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>

Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 256-Rimini (2005) - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna . . S .EL .CA ., Firenze

Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 267-San Marino (2010) - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna . . S .EL .CA ., Firenze

PRG – Comune di Poggio Berni

PRG – Comune di Torriana

PRG – Comune di Santarcangelo di Romagna

PSC – Comune di Santarcangelo di Romagna

PSC – Comune di Verucchio

Prof. A. Marcellini, A. Tinto, R. Daminelli "Convenzione tra la Provincia di Rimini e il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali – Unità Organizzativa di Milano, per l'esecuzione di studi pilota in aree rappresentative delle condizioni geologiche e morfologiche del territorio provinciale che possono determinare effetti locali in caso di eventi sismici. Rep. n. 155/2007, Anno 2009