

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

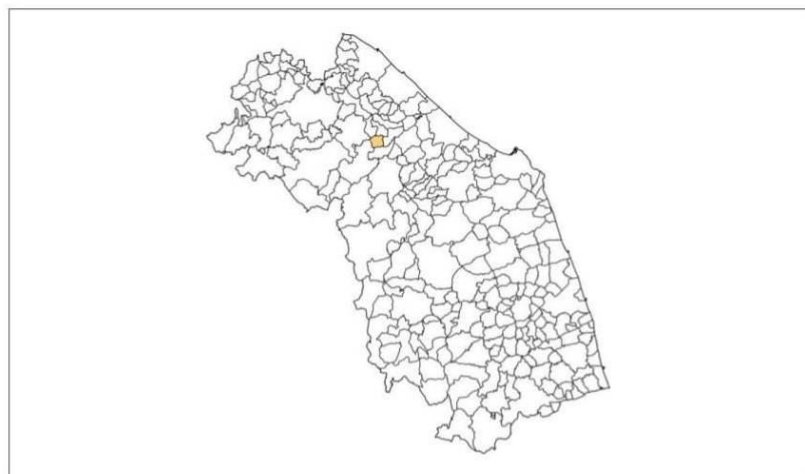
OCDPC n.532/2018

PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA di II° LIVELLO, ANNUALITA' 2016

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Marche Comune di Fratte Rosa



Regione



Soggetto realizzatore
Geol. Cristiana Nasoni

Collaboratore incaricato:
Geol. Manuel Franceschelli

Data

Novembre 2019

Indice generale

1. PREMESSA.....	2
1.1 Metodologia di lavoro.....	3
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI.....	10
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE.....	12
5. LITOSTRATIGRAFIA E GEOMORFOLOGIA AREA DI STUDIO.....	16
5.1 Litostratigrafia.....	16
5.2 Geomorfologia.....	20
6. CARTA DELLE INDAGINI.....	24
7. CARTA GEOLOGICO – TECNICA.....	25
8. SEZIONI GEOLOGICO – TECNICHE.....	30
9. CARTA DELL MICROZONE OMOGENNE IN PROSPETTIVA SISMICA.....	30
9.1 Zone stabili.....	31
9.2 Zone stabili suscettibili da amplificazioni locali.....	31
9.3 Zone di attenzione per instabilità.....	31
10. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI (F_0).....	35
11. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2.....	39
12. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	49

➤ *Allegato – Appendice 8 – Check – list per l’inserimento di nuove frane nel P.A.I.*

Elaborati allegati:

Carta delle Indagini;

Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica
(CGT_MS);

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica
(MOPS);

Sezioni geologico-tecniche;

Carta delle Frequenze naturali;

Carta della Microzonazione sismica di Livello 2 (periodo di vibrazione 0,1-0,5 sec.); Carta della Microzonazione sismica di Livello 2 (periodo di vibrazione 0,4-0,8 sec.); Carta della Microzonazione sismica di Livello 2 (periodo di vibrazione 0,7-1,1 sec.).



1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dal Comune di Fratte Rosa è stato effettuato uno studio di Microzonazione Sismica di livello 2 del territorio Comunale, ai sensi della O.C.D.P.C n° 532 del 12/7/2018. Le aree oggetto del presente lavoro sono state concordate con l'Amministrazione Comunale e coincidono con le aree urbanizzate e quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche.

Lo studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1 realizzato nell'anno 2017 ha permesso di definire il quadro conoscitivo generale dell'area di interesse e il modello geologico del sottosuolo. Sulla valutazione dei dati pregressi raccolti e su osservazioni geologiche e geomorfologiche, il territorio comunale è stato suddiviso in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. In particolare lo studio è stato finalizzato alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, dove il territorio indagato è stato suddiviso in due zone fondamentali:

- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali del moto sismico;
- Zone suscettibili di instabilità.

Lo studio di Microzonazione Sismica di 1° livello individua in modo qualitativo e orientativo le zone potenzialmente caratterizzate da locali effetti di amplificazione sismica e costituisce, di conseguenza, il presupposto di base per i necessari approfondimenti di livello superiore, ovvero per gli studi di dettaglio di 2° e di 3° livello.

Lo studio di MS di livello 2 ha l'obiettivo di revisionare e di approfondire le conoscenze sismiche dello studio di livello 1, attraverso l'effettuazione di ulteriori e mirate indagini geofisiche. Inoltre il livello 2 permette di fornire quantificazioni numeriche, seppur con metodi semplificati (abachi), dei fenomeni di amplificazione del moto sismico atteso in superficie indotto dalla configurazione sismostratigrafica locale 1D (ovvero legate alla presenza di variazioni verticali del valore di impedenza sismica dei terreni presenti nel sottosuolo) o dagli effetti della morfologia superficiale. Questo ha permesso di differenziare le Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) delineate nel primo livello di approfondimento, sulla base della pericolosità sismica determinata dalle



specifiche condizioni sismostratigrafiche locali e di identificare le zone di maggiore criticità dove orientare studi più approfonditi.

La parametrizzazione quantitativa del livello di amplificazione del moto del suolo ha la forma di opportuni fattori numerici detti Fattori di Amplificazione (FA) attribuiti alle diverse microzone individuate, dopo l'approfondimento effettuato, utilizzando opportuni Abachi regionali. Gli Abachi sono tabelle che consentono la determinazione del valore di Fa corrispondente ad una data microzona omogenea (MOPS) in funzione della conoscenza di alcuni parametri da determinare sperimentalmente mediante indagini geofisiche attive e passive. Il risultato della MS di livello 2 è la realizzazione della Carta di microzonazione sismica, ottenuta associando una quantificazione numerica degli effetti di amplificazione alle aree o microzone (MOPS) individuate. Lo studio prevede la realizzazione di tre carte del fattore di amplificazione in funzione dell'intervallo dei periodi di vibrazione considerati dagli abachi (0,1-0,5 sec; 0,4-0,8 sec.; 0,7-1,1 sec).

1.1 Metodologia di lavoro

La metodologia di lavoro ha previsto una prima fase che ha comportato la perimetrazione concordata con l'Amministrazione Comunale dell'area dove effettuare l'approfondimento dello studio di livello 2. In particolare, nel presente studio, si è deciso di procedere con la microzonazione del Centro Capoluogo del Paese di Fratte Rosa e delle principali frazioni del territorio comunale. Queste ultime sono rappresentate dagli importanti centri abitati di Convento Santa Vittoria e Torre San Marco. Il perimetro concordato delimita le aree nelle quali sono concentrate la maggior parte delle residenze e delle attività del Comune di Fratte Rosa, quali attività commerciali, ricreative, istituzionali e scolastiche. La restante porzione di territorio non indagata è prevalentemente caratterizzata da aree a vocazione agricola, con case sparse e/o piccoli nuclei.

Definite le aree di intervento si è proceduto alla raccolta presso l'ufficio tecnico comunale dei dati sismici presenti nelle perizie e nei nuovi studi geologici realizzati nel territorio comunale nell'intervallo di tempo 2017-2019.

Successivamente si è effettuata un'attenta analisi del comportamento sismico dei suoli



presenti sulla carte delle MOPS di 1° livello e si è proceduto ad un accorpamento delle unità formazionali presenti dal momento che le stesse presentavano caratteristiche meccaniche e velocità di propagazione delle onde di taglio simili.

Una volta uniformato il substrato non rigido ($V_s \leq 800$ m/sec.) si è proceduto all'integrazione dei dati sismici esistenti mediante l'esecuzione di indagini geofisiche nelle aree dove i dati erano insufficienti e dove gli stessi mostravano delle disomogeneità in modo da avere una delimitazione più circostanziata delle microzone (MOPS) potenzialmente caratterizzate da risposte sismiche omogenee. In tale fase sono state realizzate dalla sottoscritta n° 6 linee sismiche con metodologia Masw per la determinazione del profilo verticale delle onde di taglio e per la definizione del parametro Vs30 e n° 15 registrazioni sismiche passive a stazione singola per determinare il parametro f_0 (frequenza di risonanza). Successivamente con i dati sismici a disposizione e caratterizzanti ogni singola microzona si è passati dal dato qualitativo al dato quantitativo mediante l'utilizzo degli Abachi Regionali e successivamente si è proceduto alla realizzazione delle carte di livello 2. Gli Abachi consentono, attraverso la conoscenza del parametro Vs30 o VsH ed il valore della frequenza di risonanza f_0 relativa alle coperture di trovare il fattore di amplificazione relativo allo specifico dominio dove ricade la microzona, la classe di profondità del substrato sismico ed il suo intervallo del periodo di vibrazione. Nel nostro caso dal momento che il substrato sismico (terreno con velocità delle onde $V_s \geq 800$ m/s) è sempre molto oltre i 30 metri di profondità, i due parametri chiave sono Vs30 e f_0 .

Linee guida di riferimento

Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica. Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome.

Microzonazione Sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.1 (Roma, novembre 2018) – documento redatto dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica – art.5, c.7 dell'OPCM 13.11.2010, n.3907.

Microzonazione Sismica di II livello. Abachi Regionali Rev.2 realizzato da OGS di Trieste (2015) e modificato dalla Commissione Tecnica Regionale (2018).



2 – DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Con pericolosità sismica di base si intende la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti).

La pericolosità sismica di base calcola in maniera probabilistica, per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

Per caratterizzare la sismicità dell'area oggetto di indagine si è fatto riferimento ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal G.N.D.T. (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti) del CNR. A tal fine si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano denominata ZS9, pubblicata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (O.P.C.M. 3519/2006). Esse rappresentano la sintesi di studi sismologici che, tenendo conto delle caratteristiche geodinamiche del territorio nazionale, lo suddividono in zone caratterizzate dal medesimo regime tettonico, all'interno delle quali si possono attendere fenomeni sismici con caratteristiche generali potenzialmente simili. La zonazione sismogenetica ZS9 considera 36 zone-sorgente identificate da un numero (da 901 a 936). I limiti tra le zone sono di colore nero quando il loro tracciamento è legato esclusivamente da informazioni tettoniche o geologico-strutturali, in blu quando le zone limitrofe presentano lo stesso stile deformativo ma con differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc).

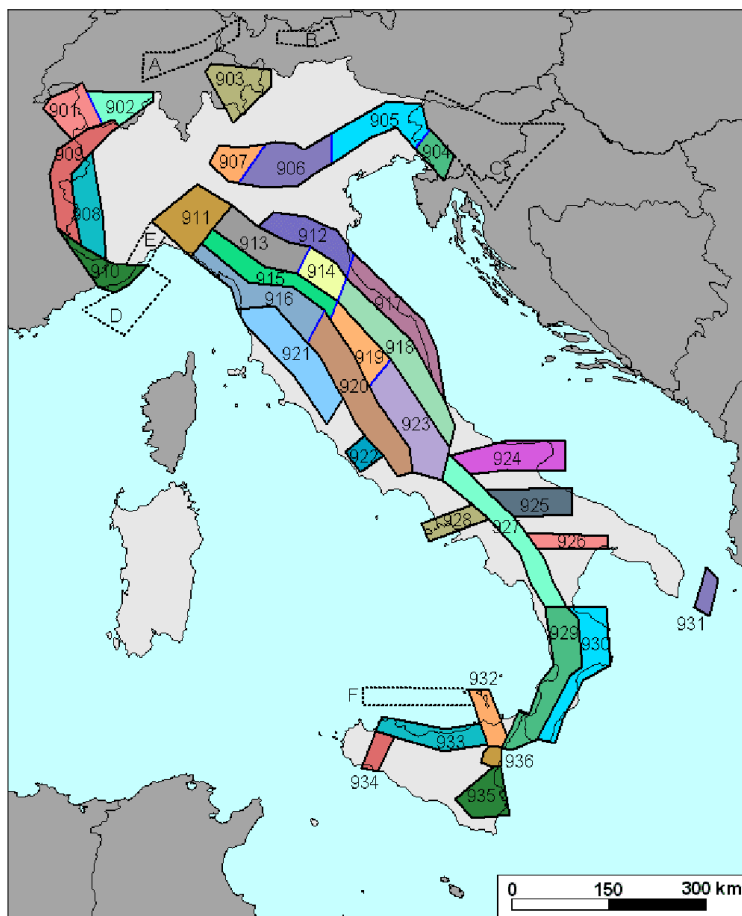


Figura 2.1 – Zonazione Sismogenetica ZS9

L'area oggetto di studio ricade nella zona sorgente 918 in cui si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo.

Stante il suddetto quadro tettonico e sismogenetico, le strutture che si presentano maggiormente pericolose al sito in esame, in virtù della loro vicinanza allo stesso, sono, come descritte sul DISS 3.2 (*Database of Individual Seismogenic Sources*), lo strumento fornito da INGV per le analisi di pericolosità a scala nazionale, la sorgente sismogenetica indicata come **Cagliese** e la struttura **Fabrianese** (Fig.2.2), per le quali si prevede una massima magnitudo Mw. Altre strutture di particolare importanza per l'area oggetto di studio sono quelle con il nome di **Pesaro – San Bartolo, Fano – Ardizio, Mondolfo** e



Senigallia (Struttura composita Pesaro – Senigallia) (Fig.2.2). Suddette sorgenti appartengono tutte alla Zona sismogenetica 917. Quest'ultima include le sorgenti sismogenetiche principali della fascia appenninica esterna, alle quali è possibile associare la sismicità della costa romagnola e marchigiana.

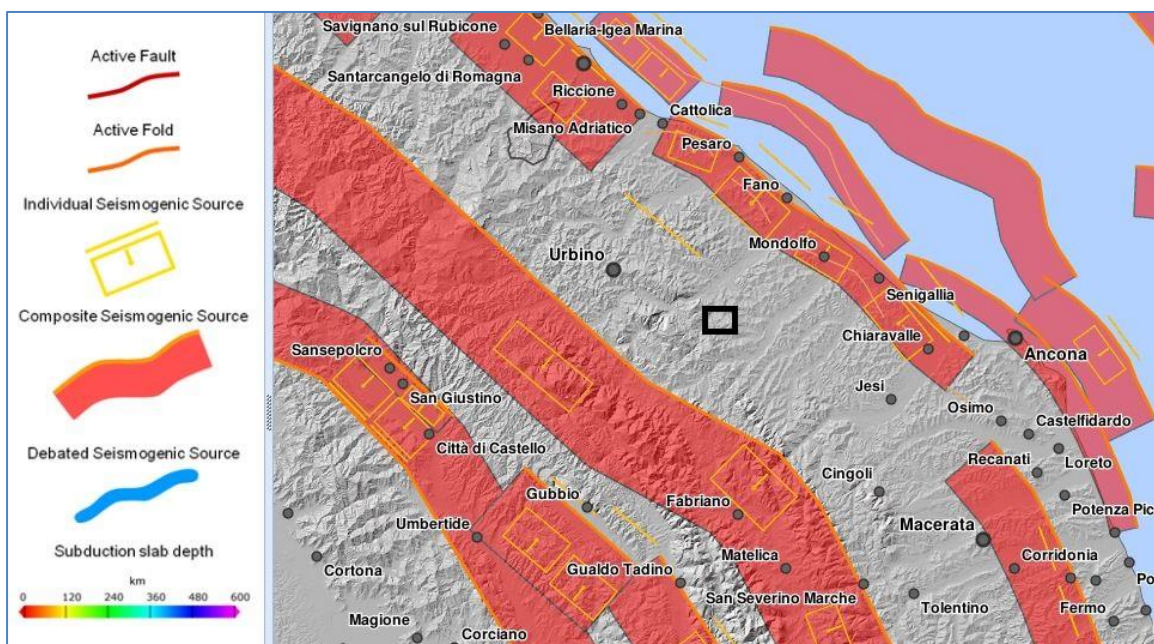


Figura 2.2 – Visualizzazione del database DISS 3.2 che mostra le principali strutture sismogenetiche attive in corrispondenza del settore del medio adriatico (DISS Working Group, 2007; <http://diss.rm.ingv.it/diss/>). Ubicazione area di studio nel riquadro nero.

2.1 Caratteristiche sismiche dell'area

Per definire meglio la pericolosità sismica storica di un'area, vengono forniti i dati relativi agli eventi sismici maggiori avvenuti a Fratte Rosa, forniti dall'INGV dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (versione 2015). In base a quanto riportato in Figura 2.4, si può evincere come la massima intensità risentita (I_s) per il Comune di Fratte Rosa sia pari al grado VIII-IX della Scala MCS, riferita al sisma Fabrianese del 1741 e al terremoto Cagliese del 1781.

Il terremoto Fabrianese del 1741 produsse gravi danni in una decina di paesi dell'Appennino marchigiano. Gli effetti più gravi si registrarono nelle località di Fabriano, Mergo, Sasso e Serra S. Quirico, tutte in provincia di Ancona, dove venne raggiunto il IX grado MCS, forte fu anche a Fratte Rosa e Monterolo (PU) (Monachesi & Stucchi, 1997).



In particolare a Fratte Rosa si ebbe un' Intensità del VIII-IX grado.

L'area maggiormente colpita dal sisma Cagliese del 1781 fu quella dell'entroterra pesarese. Si ebbero effetti distruttivi nel territorio di Cagli, comprendente i centri di Cardella, Apecchio, Piobbico e una ventina di altre località, delle quali circa la metà furono quasi completamente rase al suolo. Il terremoto causò complessivamente circa 300 vittime; Anche per il Cagliese a Fratte Rosa si ebbe un' Intensità del VIII-IX grado.

Altro terremoto sicuramente importante nella storia del Comune Fratte Rosa fu il più recente sisma di Senigallia del 1930. Il sisma di Senigallia del 1930 produsse un'Intensità massima dell'VIII-IX grado MCS. Il terremoto colpì la costa centrosettentrionale delle Marche ed ebbe i suoi massimi effetti a Senigallia, dove 318 case crollarono o divennero inabitabili e 2.000 furono gravemente lesionate. Crolli e lesioni gravi furono segnalati a Montemarciano, Mondolfo, San Costanzo, Fano, Ancona. Altre 40 località subirono danni rilevanti.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8-9	1741	04	24	09	20		Fabrianese	135	9	6.17
8-9	1781	06	03				Cagliese	157	10	6.51
6-7	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8	5.83
2	1960	04	15	02	45	1	Montefeltro	30	5-6	4.45
NF	1965	08	04	11	49	5	Alta Valtiberina	44	5	4.48

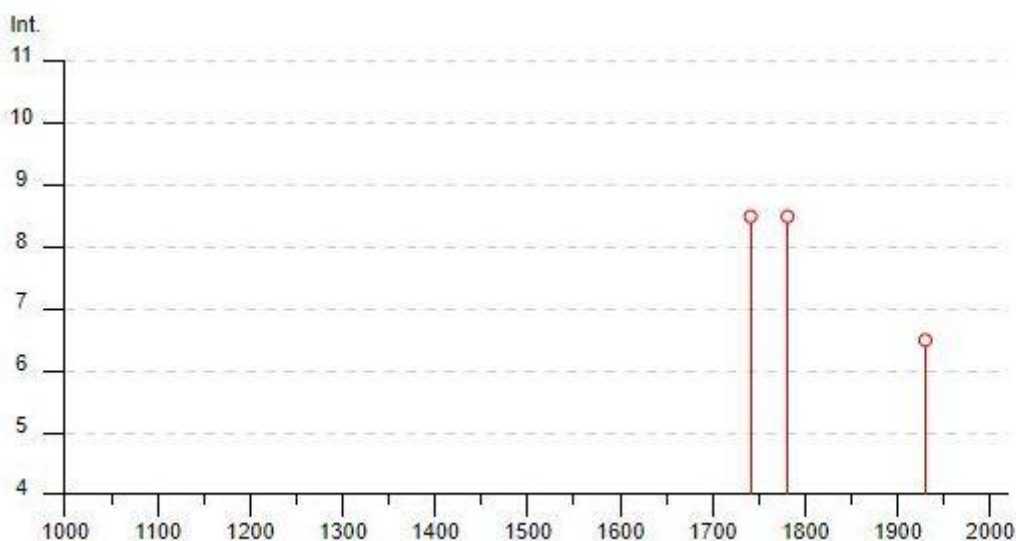


Figura 2.4 – Cataloghi sismici di Fratte Rosa (Intensità MCS; DBMI15; Locati M. *et alii*, 2016).



Con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) è stato abbandonato in modo definitivo il concetto di “Zone Sismiche”, ovvero la suddivisione del territorio italiano in quattro categorie sismiche. Infatti, la normativa introduce un nuovo concetto nei riguardi dell’azione sismica, che interessa la verifica del grado di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi sul sito di costruzione. In considerazione di ciò, l’azione sismica è definita dai valori di alcuni parametri fisici che ne descrivono il moto del suolo in condizioni di campo libero e della risposta sismica, relativa alla struttura, in merito a prefissate probabilità di superamento che possono avvenire in un determinato periodo di tempo.

La pericolosità sismica di base dell’area di progetto viene espressa in funzione dell’accelerazione orizzontale massima a_g , nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, come riportato nella figura seguente prima a livello di scala regionale poi comunale.

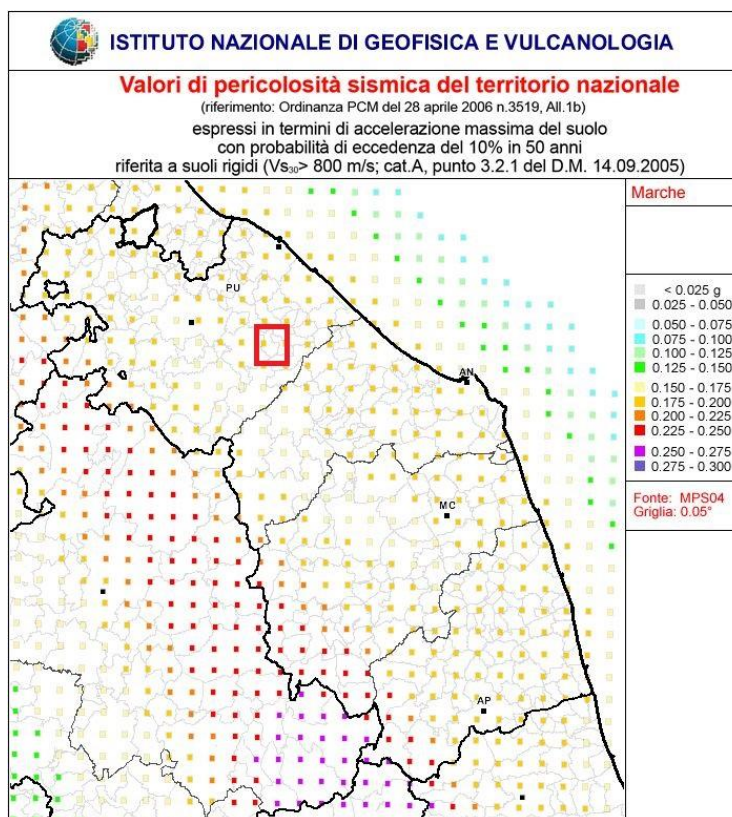


Figura 2.5 – Valori di pericolosità sismica relativi alla Regione Marche (accelerazione massima attesa su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (pericolosità sismica di base). In rosso l’ubicazione dell’area

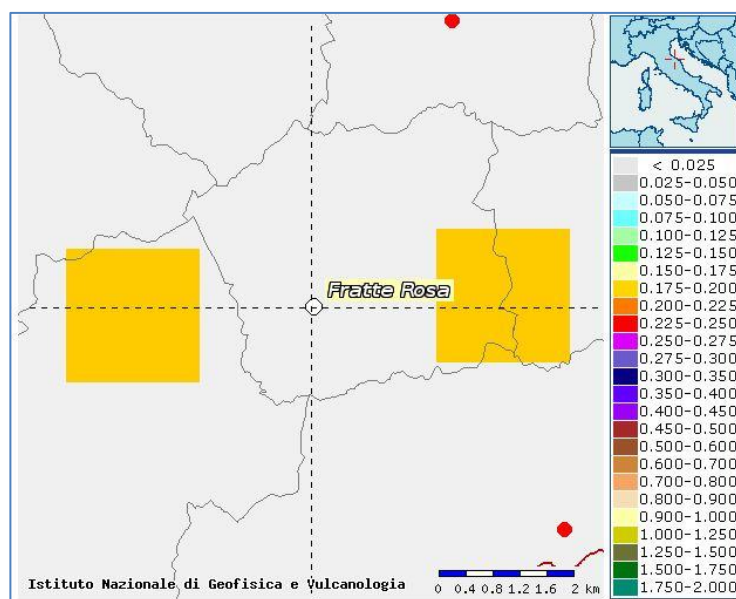


Figura 2.6 –PGA (*Peak Ground Acceleration*) prevista per il Comune di Fratte Rosa con una probabilità del 10% in 50 anni ($T_r = 475$ anni) (da: Mappe iterative di pericolosità sismica; INGV; <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

In base alla suddetta carta di pericolosità sismica, al Comune di Fratte Rosa corrisponde un valore di accelerazione massima del suolo (suolo rigido) compresa tra 0.175 e 0.2 g (Fig.2.5).

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

Il Comune di Fratte Rosa è un piccolo centro dell'entroterra collinare, sullo spartiacque delle vallate del Fiume Cesano e del Metauro, situato a circa 28 km dal mare, dalla cui cima della collina in cui è arroccata, si ha l'opportunità di distinguere un panorama tra i più suggestivi della provincia.

Il centro storico di Fratte Rosa insieme ai centri abitati di Convento Santa Vittoria e Torre San Marco costituiscono i luoghi oggetto di questo studio e coincidono con le zone maggiormente antropizzate unitamente ad un diffuso sistema di nuclei abitati minori limotrofi alle strade di collegamento fra i suddetti centri abitati (S.P. n.115 Santa Vittoria; S.P. n.41 Fratte Rosa). Queste corrono in genere alla sommità dei crinali, connettono il Comune di Fratte Rosa con la Valle del Metauro (Paesi di Fossombrone e Isola di Fano) e con la Valle del Fiume Cesano (Paese di San Lorenzo in Campo).

Il centro storico, è caratterizzato da un impianto urbano medievale così come la frazione di Torre S.Marco. Anche il nucleo abitativo di Convento S.Vittoria nasce nel medioevo



nel momento del più importante momento storico del Fratte Rosa in cui diventa capitale dello Stato di Ravignana, assoggettato ai monaci classensi di Ravenna.

All'interno del nucleo di Fratte Rosa svetta la chiesa settecentesca di San Marco.

L'odierna Fratte Rosa è un borgo tranquillo che porta avanti la celebre e tradizionale lavorazione di terrecotte, comunemente dette "cocci", uniche nel loro genere per colori e forme. Numerose sono le botteghe artigiane in cui avviene la realizzazione delle terrecotte sin dal 1730, a testimonianza che è un'attività produttiva profondamente radicata nella storia del paese.

Gli abitanti del Comune di Fratte Rosa sono 93650, in costante declino rispetto agli anni '50, in cui contava ben 2.200 abitanti.

Il suo territorio, caratterizzato da un'estensione di 15,63 km², è compreso tra i bacini idrografici dei fiumi Metauro e Cesano, in un'area caratterizzata da un dolce e "rotondo" paesaggio collinare con altezze che variano da 215m ai 446 del M.Pello (419 m - Borgo di Fratte Rosa, 439 – Convento di Santa Vittoria, 347 Torre S.Marco) .



Vista panoramica dal Borgo di Fratte Rosa

Come cartografia di base per la redazione del presente lavoro si sono utilizzate le carte tecniche numeriche (C.T.R.) in scala 1:10.000 che la Regione Marche ha realizzato tra gli anni 1999- 2001. Tali cartografie sono state successivamente georeferenziate secondo il sistema di coordinate di riferimento WGS84-UTM33N.



Per l'inquadramento geologico delle aree di interesse è stata consultata la cartografia geologica ufficiale del Servizio Geologico d'Italia (Fogli n°280 "Fossombrone" in scala 1:50.000), unitamente alle carte geologiche e geomorfologiche del progetto CARG della Regione Marche in scala 1:10.000, risultato del progetto, denominato Carta Geologica Nazionale (CARG: 1993-2004), cofinanziato dal Servizio Geologico Nazionale e dalla Regione Marche.

Di seguito si riporta l'estensione del territorio Comunale con i relativi riferimenti cartografici in scala 1:10.000 (C.T.R. e C.A.R.G.) utilizzati per la redazione delle cartografie tematiche del presente lavoro. L'area di studio indagata risulta ricadere per la quasi totalità all'interno delle sezioni n°280150 e 280160, interessando solo marginalmente le altre cartografie adiacenti.

Di seguito si riporta l'elenco delle cartografie in scala 1:10.000 (C.T.R. e C.A.R.G.) all'interno delle quali ricade il territorio comunale oggetto del presente progetto di MS.

- Sezione n°280110 "S.Ippolito"
- Sezione n°280120 "Mondavio"
- Sezione n°280150 "Fratte Rosa"
- Sezione n°280160 "San Lorenzo in Campo"

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

L'area oggetto del presente lavoro ricade nel così detto bacino marchigiano esterno, dove le successioni mioceniche sono ricoperte in discordanza da sedimenti marini plio-pleistocenici, costituiti dall'alternanza di argille e argille marnose con sabbie e arenarie a debole e media cementazione.

All'interno della successione plio-pleistocenica è possibile riconoscere, per mezzo della presenza di superfici di discontinuità, diverse sequenze sedimentarie, accompagnate talora da discordanze angolari.

In Figura 1 viene riportato lo schema tettonico-stratigrafico relativo al Foglio 280 Fossombrone della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000. In tale schema sono bene evidenziate le principali strutture plicative che interessano il settore in oggetto e le principali tipologie di depositi, distinte in base all'ambiente genetico-deposizionale.

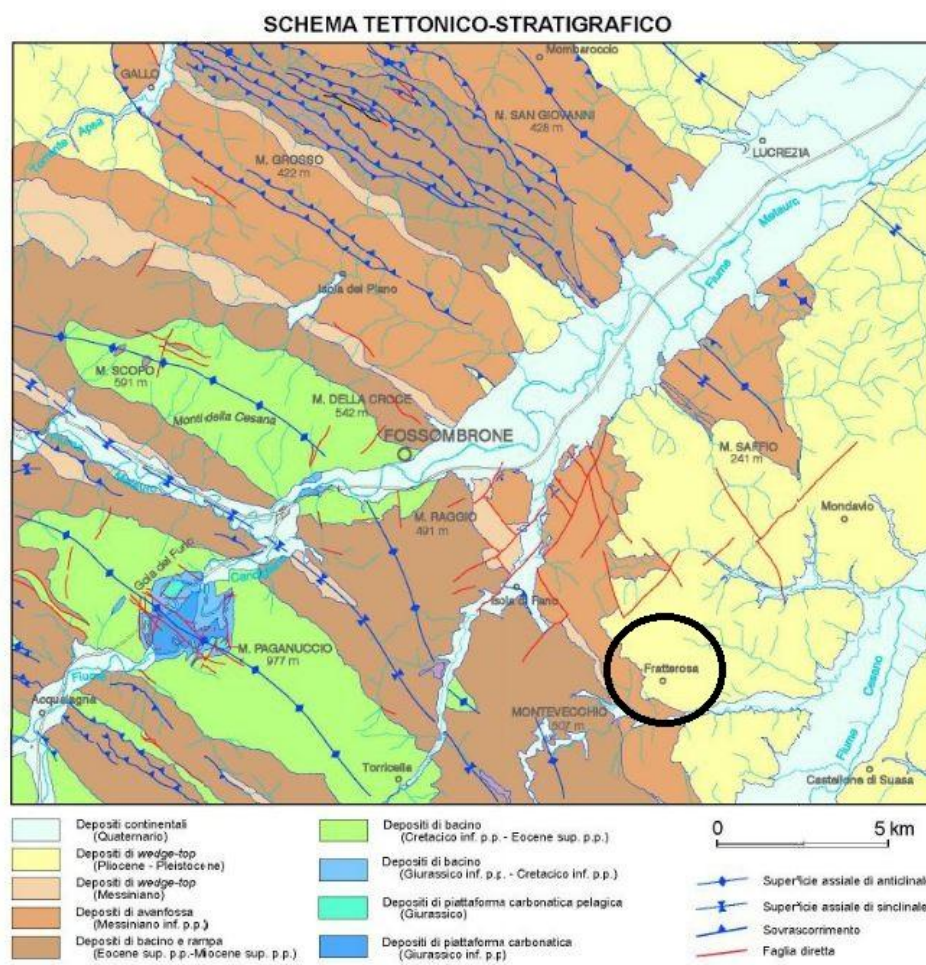


Fig. 4.1 - Schema tettonico-stratigrafico del Foglio 280 Fossombrone della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000. Il cerchio nero indica approssimativamente l'area di studio.

La successione plio-pleistocenica marchigiana mostra aspetti piuttosto complessi, assai variabili nel tempo e nello spazio, in relazione agli eventi tettonici che hanno condizionato la morfologia e la sedimentazione. Nella parte alta del Pliocene inferiore si registra la più importante fase compressiva dell'area esterna, la quale viene definitivamente corrugata con la costruzione di un edificio a thrusts. Al fronte di questi ultimi prendono forma pieghe più pronunciate che danno origine ad una serie di dorsali ad andamento longitudinale. All'inizio del Pliocene medio riprende la sedimentazione marina nel più esterno bacino plio-pleistocenico. Ulteriori fasi compressive si sono esplicitate tra il Pliocene medio e il Pleistocene inferiore, legate probabilmente alla riattivazione dei thrusts del Pliocene inferiore. Nel Pliocene medio-superiore si osserva in genere una sedimentazione argillosa, di mare relativamente profondo, con intercalazioni



di torbiditi convogliate nei bacini attraverso canali strutturali.

Tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore, dopo che le depressioni più interne si sono quasi colmate, un'ulteriore fase compressiva interessa tutto il bacino e in particolare le aree orientali. Le dorsali e principalmente quelle più esterne, che corrispondono alle dorsali costiere adriatiche, subiscono un'ulteriore corrugamento e sollevamento; alcune di esse, svincolate tramite faglie trasversali, vengono a trovarsi prossime alla superficie, in ambiente ad alta energia, che favorisce i fenomeni erosivi. Nel Pleistocene medio-superiore anche la parte più esterna emerge del tutto, con l'area che viene interessata da movimenti verticali differenziati. Le strutture compressive generatesi durante il Miocene superiore-Pliocene sono state quindi disarticolate, durante il Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, da una serie di faglie dirette ad andamento soprattutto NNW-SSE, più recenti dall'interno verso l'esterno.

La successione quaternaria è pertanto interessata da una tettonica con tipici allineamenti appenninici a pieghe e faglie orientate NW-SE ed interrotte da faglie orientate prevalentemente NE-SW che interrompono la continuità delle strutture a direzione appenninica dando origine ad una disposizione a blocchi ribassati e rialzati ad andamento antiappenninico, che hanno condizionato la deposizione di ambiente continentale e l'impostazione dell'attuale reticolo idrografico. Infatti i blocchi strutturali così individuati hanno subito sollevamenti differenziati e basculamenti in senso N-S, guidati da faglie trasversali, con i margini settentrionali dei blocchi che hanno subito sollevamenti maggiori rispetto a quelli meridionali e che corrispondono generalmente agli alti strutturali antiappenninici, coincidenti morfologicamente con gli spartiacque.

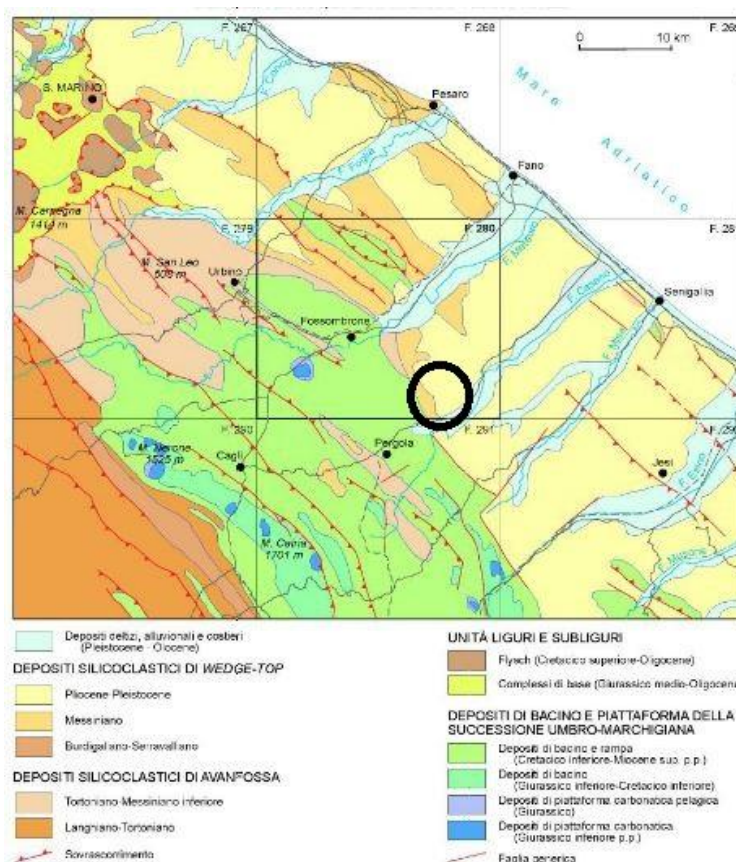


Fig. 4.2 - Schema tettonico-stratigrafico dell'area centro-settentrionale della Regione Marche in cui si evidenziano le principali strutture deposizionali e i principali lineamenti strutturali. Da Carta Geologica d'Italia – Progetto Carg. Il cerchio nero indica approssimativamente l'area di studio.

L'assetto strutturale delle unità litostratigrafiche Plio-Pleistoceniche è quindi caratterizzato da una serie di ampie sinclinali e anticlinali ad asse NW-SE, comprese tra il margine occidentale della dorsale marchigiana e la struttura anticlinalica costiera. Le principali lineazioni tettoniche presentano un andamento appenninico e risultano variamente interrotte e/o dislocate da sistemi di faglie e fratture con direzione antiappenniniche.

Gli assi delle sinclinali si sviluppano in direzione NW- SE e presentano un andamento più o meno sinuoso con i fianchi che risultano debolmente inclinati con valori che non superano i 10°-20° di inclinazione.

L'assetto strutturale generale dell'area di studio è ben evidente in Figura 4.1, nelle quali si riconoscono anche strutture di sovrascorrimento (non presenti direttamente in corrispondenza dell'area delimitata per lo studio di microzonazione) e alcune pieghe.



5 . LITOSTRATIGRAFIA E GEOMORFOLOGIA AREA DI STUDIO

Il territorio comunale di Fratte Rosa ricade nel così detto bacino marchigiano esterno, in un'area caratterizzata da una morfologia essenzialmente collinare modellata su una estesa struttura monoclinale di direzione NO - SE formata prevalentemente da terreni pelitici e, subordinatamente, arenaceo-pelitici.

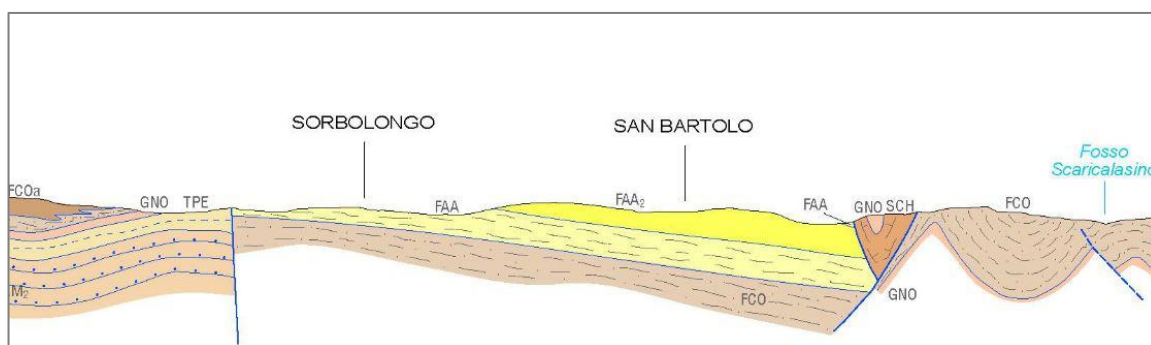


Figura 5.1 – Stralcio della Sezione geologica B-B' del Foglio 280 Fossombrone della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000. Da tale profilo, realizzato circa 5 Km a nord del settore in esame, si evidenzia l'assetto prevalentemente monoclinale che caratterizza anche l'area di studio.

5.1 Litostratigrafia

Unità del substrato

I terreni del substrato su cui è impostata l'area oggetto di studio, di origine sedimentaria marina, sono costituiti esclusivamente da argille marnose grigio-azzurre stratificate (FAA) (Pliocene inferiore p.p. – Plistocene inferiore p.p.), come si evidenzia nella figura 4.2.

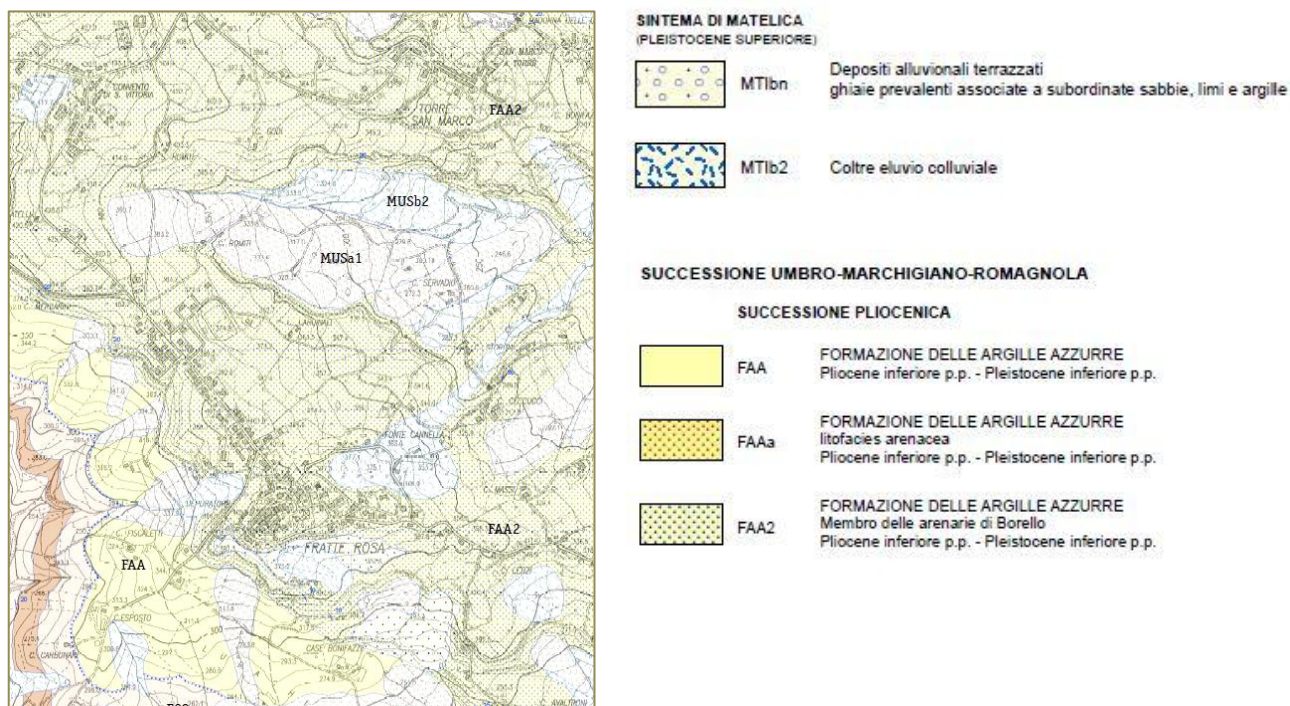


Fig. 5.1 – Stralcio Carta Geologica Regionale Sezione 280150 Fratte Rosa – Edizione CTR (Scala 1:10.000). Da progetto Carg Foglio 280 “Fossombrone”.

Nell’area è possibile riconoscere il Membro delle Arenarie di Borrello (**FAA₂**), considerata una *litofacies* delle Argille Azzurre, il quale caratterizza di fatto gran parte dell’area di studio fra cui tutte le principali aree abitate (Fratte Rosa, Convento S.Vittoria, Torre San Marco). Esso costituisce la porzione inferiore della formazione delle Argille Azzurre ed è costituito da un’alternanza metrica di sequenze arenacee e marnoso-argillose. Le arenarie, di color grigio-giallastre, possono avere una cementazione bassa o media e presentano una forte lenticolarità a scala dell’affioramento; gli strati sono da sottili a medi, e solo raramente spessi; di frequente contengono numerosi biosomi e bioclasti, anche grossolani. Localmente, si sono rilevati pochi affioramenti illustrati nelle foto che seguono (vedi foto 1, 2).



Foto 1 – Affioramento del Membro delle Arenarie di Borrello nell’ambito di alcuni lavori di ristrutturazione presso il centro abitato di Torre S.Marco lungo Via Borgo Torre. La foto mostra la stratificazione delle areniti del Membro delle Arenarie di Borello intercalate da peliti con inclusioni di bioclasti.



Foto 2 – Affioramento del Membro delle Arenarie a Sud del nucleo storico di Fratte Rosa. La foto mostra la stratificazione delle areniti del Membro delle Arenarie di Borello intercalate da sottili strati di peliti. Spessore strati areniti 25-30 cm. Immersione verso NE.

Le peliti che prevalentemente caratterizzano le Argille Azzurre sono rappresentate da argille e argille marnose con sporadiche intercalazione di livelletti siltoso-sabbiosi di colore grigio azzurrognolo e subordinatamente nocciola, talora laminate, fossilifere e in



strati da sottili a medi. Esse sono estremamente fratturate e presentano diffusi livelli millimetrici di patine di ossidazione rossastre. Localmente si osservano addensamenti di frammenti organogeni e noduli diagenetici giallo-rossastri di diametro centimetrico, formati da ossidi di ferro e solfuri. Sono inoltre presenti rari livelli di limi e/o sabbia fine e medio fine, di color nocciola e più raramente grigiastra, con evidenti strutture gradate e laminate (laminazione piano-parallela e talora incrociata).

La Formazione delle argille azzurre pelitiche costituiscono la parte sud-est dell'area di studio nella località denominata "le Serre". Un notevole affioramento è stato rilevato a Nord di M.Pello, fuori dall'area di studio (vedi foto 3).



Foto 3 – Affioramento della Formazione Argille Azzurre a Nord di M.Pello (porzione NOvest dell'area di studio). Si notano i sottili livelli marnosi e/o siltoso-sabbiosi. Immersione degli strati verso SW.

Depositi continentali quaternari

All'interno dell'area di studio, le formazioni marine del substrato precedentemente descritte, sono ricoperte in discontinuità da depositi continentali dell'Olocene e del Pleistocene.

I corpi sedimentari di ambiente continentale, derivano in parte dalla deposizione fluviale (alluvioni) e in parte dall'alterazione chimico-fisica e dall'azione dei diversi agenti meteorici sulle formazioni del substrato (coperture eluvio-colluviali). Nell'area in esame



sono stati mappati sia depositi eluvio-colluviali che alluvionali (in una sola area molto limitata in estensione).

I depositi eluvio-colluviali sono formati dall'alterazione e disgregazione dei litotipi del substrato rimasti in posto o che hanno subito limitato trasporto (eluvium) oppure connessi con i processi di erosione, dilavamento, trasporto ed accumulo ad opera delle acque di ruscellamento e/o della gravità (colluvium). Detti depositi, costituiti da sedimenti fini di natura limoso-argilloso-sabbiosa o argillosi (il prevalere di una granulometria dipende dalla natura litologica del substrato) dalle mediocri caratteristiche geotecniche, sono generalmente caratterizzati, lungo i versanti collinari presenti nell'area in studio, da spessori metrici, generalmente crescenti spostandosi verso gli impluvi e i fondovalle prospicienti.

I depositi alluvionali terrazzati rilevati fanno parte del **Sintema di Matelica** formati da ghiaie, sabbie, limi ed argille in riempimenti di canali e corpi tabulati, nell'area sono presenti, nell'area di studio, in un ristretto settore posto immediatamente a S del centro abitato di Fratte Rosa e sono costituiti, nel caso specifico, da depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi.

In ultimo i depositi di frana in evoluzione del **Sintema del Musone**, depositi di litotipi eterogenei e caotici di varie granulometrie; le frane cartografate sono di diverse tipologie con evidenze di movimenti in atto e/o recenti.

5.2 Geomorfologia

L'assetto morfologico dell'area è caratterizzato dalla presenza di una dorsale collinare principale, in cui sorgono gli abitati di Fratte Rosa e Convento S.Vittoria, caratterizzata da un andamento SW-NE, che funge da linea di spartiacque superficiale tra i due maggiori impluvi del bacino idrografico minore Rio Freddo, affluente di destra del Fiume Cesano. Nella suddetta dorsale, corre la sede stradale della S.P. n.41 Fratte Rosa che collega la Valle del Fiume Cesano con la Valle del Metauro. Da Convento S.Vittoria la S.P. n.141 collega all'altro nucleo abitativo di Torre S.Marco posizionato su un'altra dorsale collinare, sempre ad andamento SW-NE, collegata con il centro abitato di S.Andrea (Comune di Mondavio).

Da un punto di vista morfologico, il territorio comunale può essere definito come



prettamente collinare. L'acclività dei versanti e le forme ed i processi morfogenetici risentono significativamente della natura dei terreni e del loro assetto stratigrafico. I terreni prevalentemente argillosi (Formazione Argille Azzurre) danno luogo, in genere, a versanti poco acclivi, interessati molto spesso da fenomeni gravitativi di diversa tipologia e dimensioni (foto n.4).



Foto 4 – Versante Sud località le Serre (porzione Sud dell'area di studio). La morfologia più dolce e meno acclive dipende dalla natura argillosa del substrato.

Il reticolo idrografico, in conseguenza della ridottissima permeabilità e della facile erosione del substrato, è in queste aree particolarmente fitto e gerarchizzato. Tipici di questi ambienti sono le forme calanchive dovute ai processi di erosione. Nell'area in esame si rilevano aree a morfologia calanchiva (foto n. 5).



Foto n.5 – Vista della porzione SW di Convento S.Vittoria. Forme erosive calanchive in evoluzione, formate da profonde incisioni su substrato delle Argille Azzurre e con displuvi stretti e affilati.

I versanti divengono più acclivi in corrispondenza dei terreni arenacei e arenaceo-pelitici come conseguenza della loro maggiore resistenza nei confronti degli agenti morfogenetici. La percentuale della componente sabbiosa aumenta generalmente in corrispondenza della sommità dei crinali collinari ricadenti all'interno del territorio comunale, il cui risalto morfologico è da mettere appunto in relazione alla maggiore resistenza all'erosione dei litotipi ivi affioranti (Membro delle Arenarie di Borrello foto n.6).



Foto n. 6 – Vista della porzione SW del centro abitato di Fratte Rosa. La differenza dell’acclività del versante è dovuta al passaggio dalla facies arenacea del Membro delle Arenarie di Borrello alle Argille Azzurre (probabile limite stratigrafico segnato in rosso).

I versanti che si dipartono dai crinali collinari sono diffusamente sovrastati da coperture eluvio- colluviali, formatesi dall’alterazione e disgregazione dei litotipi del substrato che sono rimasti in posto (eluvium) o connessi con i processi di erosione, dilavamento, trasporto ed accumulo ad opera delle acque di ruscellamento o della gravità (colluvium). Le coperture di alterazione eluvio-colluviale sono molto spesso interessate da fenomeni gravitativi superficiali, evidenziati dalla presenza di tipiche ondulazioni della superficie topografica con raggi di curvatura variabili da metrici a decametrici e generalmente caratterizzati da movimenti lenti e continue deformazioni. Tali forme sono determinate dalla deformazione progressiva delle coperture caratterizzate dalle scadenti caratteristiche meccaniche e a comportamento prevalentemente plastico, sovente connesso ad uno stato di saturazione idrica. In tale tipologia di fenomeni gravitativi le superfici di scorrimento all’interno della massa non sono continue e identificabili con chiarezza. L’evoluzione di tale tipologia di dissesti gravitativi può coinvolgere ampi volumi di terreno e portare all’instaurarsi di fenomeni complessi (colamenti e scivolamenti roto/traslazionali) che, localmente, si possono manifestare con la creazione di evidenti scarpate sub-verticali, o comunque ad elevata acclività, e



contropendenze spesso sede di diffuse venute idriche.



Foto n. 7 – Vista del versante in frana a Nord del Centro abitato di Torre S.Marco. Sono evidenti le ondulazioni dovute al movimento gravitativo.

Nell’ambito del territorio comunale tutti i versanti sono soggetti a fenomeni di instabilità ma quello con più movimenti gravitativi sono quelle ricadenti sul versante a NNE dell’abitato di Torre S.Marco e quelli cartografati come P3 dal P.A.I. (Piano per l’Assetto Idrogeologico della Regione Marche-Tavola RI 19a Cod. F-07-0672 – F-07-0662) Parte di questo esteso movimento gravitativo si vede in foto n.7.

Per quanto riguarda le profondità dei movimenti gravitativi rilevati sul territorio comunale, va detto che essa è estremamente variabile e, in linea generale, si può ritenere che tali fenomeni siano essenzialmente localizzati nella coltre di alterazione eluvio- colluviale di spessore variabile da qualche metro ad una decina di metri.

Per quanto concerne i caratteri idrogeologici delle aree collinari oggetto del presente lavoro, si possono rinvenire acquiferi freatici di importanza locale nei corpi eluvio- colluviali più sabbiosi. Questi acquiferi sono d’importanza trascurabile come risorse e riserve idriche mentre contribuiscono spesso a peggiorare le condizioni di stabilità dei versanti.



6. CARTA DELLE INDAGINI

La Carta delle indagini è l'elaborato di base per uno studio di MS, dove vengono rappresentate le indagini pregresse raccolte nella fase di reperimento dei dati esistenti. Si tratta in prevalenza di indagini geognostiche eseguite a corredo di progetti urbanistici ed edilizi, reperite presso gli archivi comunali. Nella carta delle indagini sono riportate le verticali pregresse con la relativa simbologia di rappresentazione prevista dagli standard di rappresentazione e archiviazione informatica. I sondaggi inseriti sono stati oggetto di una valutazione critica al fine di valutarne la qualità e, successivamente, la corretta ubicazione plano-altimetrica sulla relativa cartografia tematica. Le informazioni relative alle indagini reperite sono state organizzate in una banca dati e georeferenziate su base cartografica CTR tramite GIS.

Nell'ambito dello studio di MS di II Livello sono state effettuate nuove indagini geofisiche (6 linee sismiche MASW e 15 misure HVSR) ed è stato aggiornato l'elenco delle indagini pregresse (1 linea MASW). Nel database oltre alle indagini di seguito elencate con la relativa simbologia sono riportate anche i prelievi di campioni e le prove sui campioni.

Nella tabella 1 vengono evidenziate tutte le indagini reperite ed eseguite tra la Microzonazione I e la Microzonazione II.



Tabella 6.1

Simbologia	Tipologia di indagine	Sigla	N.Totale	N.prove MZII
	Sondaggi a carotaggio continuo che intercetta il substrato	SS	34	
	Sondaggi a carotaggio continuo che intercetta il substrato	SDS	28	
	Trincee e pozzetti esplorativi	T	13	
	Prove penetrometriche statiche	CPT	16	
	Prove penetrometriche dinamiche leggere	DL	1	
	Prove penetrometriche dinamiche medie	DM	1	
	Prove penetrometriche dinamiche super pesante	DS	8	
	Stazione microtremore a stazione singola	HVSR	42	15
	MASW	MW	11	6
	Analisi su campione	SM	5	
	Prova di taglio diretto	TD	7	

7. CARTA GEOLOGICO –TECNICA

La Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica, restituita in formato cartaceo in scala 1:5.000, è un elaborato che deriva dall'analisi delle indagini geognostiche e geotecniche pregresse eseguite nel territorio comunale e da quello delle carte geologiche e geomorfologiche

esistenti, in accordo con le indicazioni riportate nel volume "Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica" redatto dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale.

La cartografia geologica utilizzata come base per la redazione dell'elaborato in oggetto è quella dal progetto CARG (Cartografia geologica e geomorfologica - scala 1:10.000), opportunamente modificata sulla base dei dati geologici e stratigrafici reperiti e del rilievo geologico e geomorfologiche di superficie effettuato dalla scrivente.

Considerata l'importanza dello spessore delle coperture, delle coltri di alterazione e della profondità del sustrato per la valutazione della risposta sismica locale, nella carte geologico- tecniche prodotte sono state evidenziate, con apposita simbologia, le verticali

 Provincia di Pesaro e Urbino Comune di Fratte Rosa	RELAZIONE ILLUSTRATIVA Microzonazione Sismica II livello	Geol. Cristiana Nasoni Geol. Manuel Franceschelli
---	---	--

che hanno raggiunto il substrato geologico, così come richiesto dagli standard di rappresentazione e archiviazione informatica.

I dati raccolti, elaborati ed archiviati sono stati successivamente utilizzati per la definizione dei reali limiti litologici e per la ricostruzione del modello geologico del sottosuolo, fondamentale per la realizzazione della stessa Carta geologico-tecnica e per la successiva Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

Per la descrizione dei litotipi presenti nell'area in studio si è utilizzato l'Unifield Soil Classification System (ASTM, 1985), così come prescritto dagli standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Dall'osservazione dei dati geotecnici e geofisici esistenti è senz'altro possibile escludere nel territorio comunale di interesse la presenza di substrati rigidi con $V_s > 800$ m/s sino ad una profondità di almeno 50 metri. Le unità geologico-litotecniche sono state quindi distinte tra terreni di copertura e substrato geologico non rigido, giungendo ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici. Sono stati considerati e cartografati come volumi stratigrafici significativi i corpi con uno spessore uguale o superiore a 3 mt.

La rappresentazione della carta geologica e tecnica è rimasta pressochè invariata con la suddivisione dei substrati in due diverse categorie legate alla loro natura litologica (Membro delle Arenarie di Borrello – FAA2 e Argille Azzurre - FAA) anche se dall'analisi delle indagini geofisiche eseguite nell'ambito del presente lavoro e da quelle riportate nel precedente livello di approfondimento si è potuto constatare come entrambi i litotipi sopra indicati siano caratterizzati da una stessa velocità di propagazione delle onde di taglio e da una analoga rigidità sismica. Anche per le coperture eluvio-colluviale la distinzione è rimasta invariata. In Tabella 2 sono elencate i litotipi presenti nella carta geologico-tecnica.



Tabella 7.1

Substrato		
Simbologia	Sigla	Descrizione
	ALS	Alternanza di litotipi stratificato. Substrato di origine marina che presenta generalmente Vs < 800 m/s; riferibile dal punto di vista litostratigrafico al Membro delle Arenarie di Borrello (FAA ₂) della Formazione delle Argille Azzurre. A volte, nell'area in esame, i primi 3-30 m a partire dal p.c. presentano caratteristiche geomeccaniche e dinamiche differenti (più scadenti) rispetto alla porzione sottostante, a causa di un certo grado di fratturazione e/o alterazione, variazioni litologiche e verosimilmente anche rilascio tensionale.
	COS	Coesivo sovraconsolidato stratificato. Substrato di origine marina che presenta generalmente Vs < 800 m/s; riferibile dal punto di vista litostratigrafico alla Formazione delle Argille azzurre (FAA). A volte, nell'area in esame, i primi 3-30 m a partire dal p.c. presentano caratteristiche geomeccaniche e dinamiche differenti (più scadenti) rispetto alla porzione sottostante, a causa di un certo grado di fratturazione e/o alterazione, variazioni litologiche e verosimilmente anche rilascio tensionale.
Terreni di copertura		
	MLec	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità. Origine deposizionale eluvio-colluviale. Coesivo da moderatamente consistente a consistente. Costituiti generalmente da rari clasti arenitici spigolosi, immersi in abbondante matrice limosa e argillosa. Tali terreni rappresentano i depositi di origine eluvio-colluviale che ricoprono i versanti costituiti da substrati prevalentemente del tipo ALS. Gli spessori sono generalmente variabili dai 3 ai 10 m.
	CHec	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse. Origine deposizionale eluvio-colluviale. Coesivo da moderatamente consistente a consistente. Costituiti generalmente da rari clasti marnosi spigolosi, immersi in abbondante matrice limosa e argillosa. Tali terreni rappresentano i depositi di origine eluvio-colluviale che ricoprono i versanti costituiti da substrati prevalentemente del tipo COS. Gli spessori sono generalmente variabili dai 3 ai 10 m.

Nella carta Geologico - Tecnica sono state cartografate le zone interessate da movimenti gravitativi (instabilità di versante) suddivise sulla base della tipologia di cinematismo (scorrimento, colamento, complessa, non definito) e del relativo stato di attività. L'individuazione, la perimetrazione e le caratteristiche delle aree instabili sono state dedotte dall'analisi sovrapposta delle cartografie tematiche esistenti (CARG, PAI, IFFI) e



confermate dal successivo rilievo geomorfologico di superficie eseguito nell'ambito del presente lavoro.

E' stato cartografato un movimento gravitativo, non presente nelle cartografie tematiche esistenti, nella Microzonazione I e riconfermato nel presente lavoro. Il movimento gravitativo, delimitato a Est del centro abitato di Torre S.Marco, è stato definito nell'appendice 8 del manuale - Microzonazione Sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.1, in allegato alla presente relazione.

Si sono evidenziati gli elementi morfologici d'interesse quali orli di scarpate morfologiche e creste. Sono inoltre riportate con l'apposita simbologia le indagini reperite, con i sondaggi geognostici suddivisi sulla base del raggiungimento o meno del substrato geologico.

Tabella 7.2

Instabilità di versante	
Simbologia	Descrizione
	Scorrimento – attivo
	Colata – attiva
	Scorrimento – quiescente
	Colata – quiescente
	Complessa – quiescente
Forme di superficie e sepolte	
	Orlo di scarpata morfologica di h maggiore di 20 m
	Orlo di scarpata morfologica di h compresa fra 10 e 20 m



	Cresta
	Picco isolato
	Traccia della sezione rappresentativa del sottosuolo lungo la quale è stata realizzata una sezione geologico-tecnica di riferimento
Elementi geologici e idrogeologici	
	Giacitura di strato (normale) e valore di inclinazione degli strati
	Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato
	Profondità (m) sondaggio o pozzo che ha raggiunto il substrato (geologico)
	Profondità della falda (indicata anche in zone caratterizzate da terreni coesivi)

8. SEZIONI GEOLOGICHE - TECNICHE

All'interno dell'area di studio delimitata per la realizzazione della Carta geologico-tecnica, sono stati identificati cinque profili topografici significativi, in corrispondenza dei quali sono state realizzate altrettante sezioni geologico-tecniche denominate A-A'', B-B', C-C'', D-D', E-E'.

Tali profili sono stati selezionati in modo da fornire il quadro più completo possibile delle situazioni geomorfologiche e stratigrafiche presenti nell'area di studio. Le sezioni sono state realizzate in scala 1:2.000, che costituisce il livello di dettaglio minimo necessario all'efficace rappresentazione degli spessori delle coperture alluvionali e detritiche e dei rapporti geometrici di questi ultimi con il sottostante substrato.

9. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Per la realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica è stata operata una sintesi derivante dalla sovrapposizione dei dati geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici acquisiti. La finalità di tale cartografia è quella di suddividere il territorio oggetto di studio in microzone ad analoghe caratteristiche geologiche,



geomorfologiche e geotecniche, all'interno delle quali è possibile ipotizzare un'analoga suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotti dal sisma. In tale fase non è ancora previsto l'utilizzo di un input sismico né la quantificazione numerica dei diversi effetti.

Rispetto al precedente studio di I livello, nel presente lavoro è stata fatta una diversa suddivisione dei litotipi che vanno a costituire la successione stratigrafica tipica di ciascuna delle microzone, fatta prevalentemente per il loro comportamento sismico, con particolare riguardo alla velocità di propagazione delle onde di taglio e alla frequenza di risonanza.

Le microzone, per gli standard di rappresentazione, vengono classificate in tre categorie:

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

La divisione del territorio in microzone omogenee e la definizione delle relative geometrie è stata effettuata sulla base della litologia e dello spessore delle coperture, unitamente alla tipologia del substrato geologico.

Nella legenda della carta sono riportate le stratigrafie di riferimento con le indicazioni relative alla litologia e allo stato di addensamento/consistenza dei litotipi costituenti la relativa successione stratigrafica. Anche in questo caso sono stati considerati come volumi stratigrafici significativi i corpi con uno spessore uguale o superiore a 3 m. Nel territorio comunale indagato sono state individuate 4 microzone, identificate con un numero progressivo da 1 a 4 e da una colorazione basata su diverse tonalità di verde.

Per gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica si è fatto riferimento alla versione 4.1 degli Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica redatta dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica.



9.1 Zone stabili

Sulla base delle conoscenze acquisite non è stata definita nessuna zona senza possibilità di amplificazioni locali. Infatti nell'area in studio non sono presenti substrati rigidi sub-affioranti alla superficie topografica. Inoltre la locale formazione geologica pleistocenica non rigida è sempre caratterizzata da una porzione superficiale, per un spessore variabile da pochi decimetri a diversi metri, più o meno alterata e/o fratturata che può pertanto dar luogo ad amplificazioni locali.

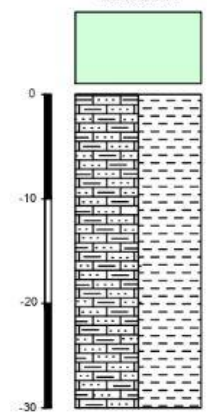
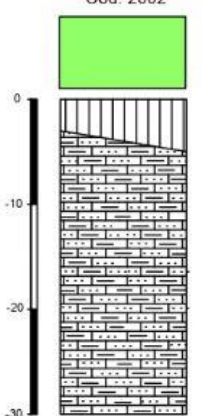
9.2 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

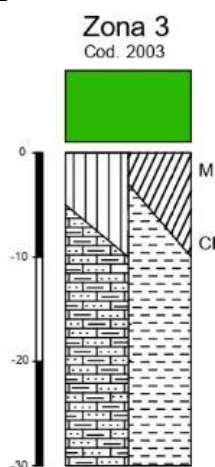
Sono zone nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale. Per il territorio comunale oggetto del presente lavoro sono state individuate, sulla base della tipologia e dello spessore delle coperture, 4 microzone omogenee in prospettiva sismica. Di seguito si riporta la descrizione delle colonne stratigrafiche di riferimento delle microzone omogenee in prospettiva sismica individuate nel territorio oggetto di indagine.

Di seguito si riporta la descrizione delle colonne stratigrafiche delle microzone omogenee in prospettiva sismica individuate nel territorio oggetto di indagine e riportate nella relativa cartografia. Rispetto al precedente livello di approfondimento, il numero delle microzone rimangono invariate (n.4), mentre varia la tipologia della successione litostratigrafica; le due tipologie di substrato esistenti sono stati accorpati in un'unica colonna stratigrafica, caratterizzati da un analogo comportamento sismico, e delle microzone con la presenza di diversi spessori di copertura eluvio-colluviale.



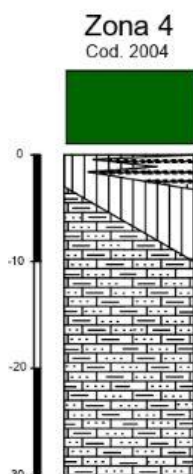
Tabella 9.1

Colonne stratigrafiche	Descrizione
Zona 1 Cod. 2001 	Questa zona è caratterizzata dalla presenza di substrato ALS (alternanze litologiche stratificate) – unità litostratigrafica Membro Arenarie di Borrello (FAA2) o COS (coesivo sovraconsolidato stratificato) – unità Formazionale delle Argille Azzurre (FAA). Dall’analisi delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite e reperite si evince come la successione stratigrafica della microzona in oggetto sia caratterizzata dalla locale formazione geologica affiorante o sub-affiorante come sopra descritto; la sua porzione più superficiale, per uno spessore variabile da pochi decimetri a diversi metri, si presenta più o meno alterata e/o fratturata. Dall’analisi delle indagini sismiche reperite ed eseguite si evince come tale tipologia di terreni sia caratterizzata da una velocità di propagazione delle onde di taglio compresa tra $V_s \approx 400 \div 600$ m/s.
Zona 2 Cod. 2002 	Dall’analisi delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite e reperite si evince come la successione stratigrafica della microzona in oggetto sia costituita, al di sotto di modesti spessori di terreno vegetale e/o di riporto antropico eterogeneo, da coperture eluvio-colluviali prevalentemente limoso-sabbiosa e limoso-argillosa, generalmente caratterizzate da una bassa consistenza e dalle mediocri caratteristiche geotecniche. Tali depositi, caratterizzati da uno spessore compreso tra 3÷5 metri circa, sovrastano la locale formazione geologica basale costituita dalla formazione costituita da alternanze litologiche stratificate (ALS) corrispondente al Membro delle Arenarie di Borrello (FAA2). Dall’analisi delle indagini sismiche eseguite e reperite si definisce che i terreni riferibili alla coltre di alterazione eluvio-colluviale siano caratterizzati da una velocità di propagazione delle onde di taglio dell’ordine $V_s = 150 \div 300$ m/s, mentre nella sottostante formazione geologica basale il parametro V_s assume valori compresi tra 400÷600 m/s circa.



Dall'analisi delle indagini reperite si evince che la successione stratigrafica della microzona in oggetto sia costituita da depositi eluvio-colluviali fini di natura limoso-sabbiosa e limoso-argillosa (ML). Tali depositi, caratterizzati da uno spessore compreso tra 5÷10 metri circa, sovrastano la locale formazione geologica basale costituita dalla formazione costituita da alternanze litologiche stratificate (ALS) corrispondente al Membro delle Arenarie di Borrello (FAA2). La stratigrafia di questa zona può essere costituita da depositi argillosi inorganici e argilloso-limosa, caratterizzati da uno spessore compreso tra 3÷10 mt circa e da una velocità di propagazione delle onde di taglio compresa tra $V_s=150\div300$ m/s circa. La successione stratigrafica prosegue verso il basso con la formazione geologica basale costituita da depositi prettamente argilloso-marnosi della formazione delle Argille Azzurre (FAA) prettamente argilloso-marnosa.

La composizione dei substrati sopra descritti, si presentano con la porzione più superficiale, per uno spessore variabile da pochi decimetri a diversi metri, più o meno alterata e/o fratturata. Dall'analisi delle indagini sismiche reperite si evince come i terreni riferibili alla locale formazione geologica presentino una velocità di propagazione delle onde di taglio compresa tra 400÷600 m/s circa.



Dall'analisi delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite e reperite si evince come la successione stratigrafica della microzona in oggetto sia costituita da depositi alluvionali fini di natura limoso-sabbioso-argillosa caratterizzati da uno stato di addensamento/consistenza variabile medio. Tali terreni, caratterizzati da una velocità di propagazione delle onde di taglio compresa tra $V_s=200\div350$ m/s circa, possono essere intercalati da depositi di origine alluvionale prevalentemente sabbiosi (spessore 1-3 m). I depositi sopra descritti sovrastano la locale formazione geologica basale costituita dalla formazione costituita da alternanze litologiche stratificate (ALS) corrispondente al Membro delle Arenarie di Borrello (FAA2) che dall'analisi delle indagini sismiche eseguite il parametro V_s assume valori compresi tra 400÷600 m/s circa.



Sulla Carta delle MOPS vengono riportati i punti di misura di rumore ambientale in corrispondenza dei quali sono state effettuate registrazioni velocimetriche HVSR. Accanto al simbolo della registrazione velocimetrica viene riportata la frequenza fondamentale del sito f_0 in Hz.

9.3 Zone di attenzione per instabilità

Nella carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica sono state cartografate le zone interessate da movimenti gravitativi (instabilità di versante) suddivise sulla base della tipologia di cinematisma (scorrimento, colamento, complessa, non definito) e del relativo stato di attività. Le instabilità di versante derivano dal medesimo tematismo riportato sulla Carta geologico-tecnica, pertanto per la loro descrizione si veda il relativo paragrafo del presente lavoro.

Per il Comune Fratte Rosa non sono state identificate instabilità da liquefazione. Infatti, benché ci siano sondaggi che mostrano un livello dalla falda al di sopra dei 15 m dal p.c., la probabilità che possano verificarsi fenomeni di liquefazione può essere considerata remota, in virtù delle classi geotecniche riconosciute nell'area di studio, che sono in genere caratterizzate da un elevato contenuto in fini e quindi da terreni prevalentemente coesivi.

Tabella 9.2

Simbologia	Descrizione
	Zona di attenzione per instabilità di versante attiva (ZA_{FR_A}) rientrante in corrispondenza della Zona 2 suscettibile di amplificazione sismica.
	Zona di attenzione per instabilità di versante attiva (ZA_{FR_A}) rientrante in corrispondenza della Zona 3 suscettibile di amplificazione sismica.

10. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI (f_0)

La Carta delle frequenze naturali di terreno è stata elaborata sulla base dei dati ricavati dall'interpretazione delle registrazioni sismiche a stazione singola dei microtremori ambientali (HVSR). Le misure HVSR forniscono una stima diretta della frequenza di risonanza (o del periodo proprio) delle coperture. La carta elaborata riporta per ogni misura HVSR eseguita il valore della frequenza di risonanza f_0 misurato in Hz con la relativa ampiezza A_0 del picco del rapporto H/V rilevato. Generalmente f_0 indica il massimo relativo dell'ampiezza H/V rilevato nella curva dei rapporti spettrali posto alla



frequenza minore. La legenda utilizzata per la realizzazione della Carta delle Frequenze è la seguente:

Legenda

Frequenza fondamentale (F_0) e ampiezza del picco H/V (A_0)

F_0 (Hz)	A_0
 0.0 - 0.5	 0.0 - 2.0
 1.0 - 2.0	 2.0 - 3.0
 3.0 - 4.0	 3.0 - 4.0
 4.0 - 5.0	 4.0 - 5.0
 5.0 - 6.0	
 6.0 - 8.0	
 8.0 - 10.0	
 10.0 - 20.0	

La combinazione dei parametri f_0 ed A_0 fornisce informazioni sulla presenza o meno di fenomeni di risonanza sismica e sulla loro ubicazione nel campo delle frequenze. Per la stima di f_0 si è tenuto conto delle indicazioni della Commissione Tecnica Regionale di considerare l'intervallo di frequenza 0,5-20 Hz. (frequenza di normale interesse ingegneristico-strutturale); per valori di ampiezza del rapporto H/V minore di 2.5 le curve sono state considerate "piatte" quindi senza picchi di amplificazione sismica ($f_0=0$). Le 15 indagini HVSR specificatamente eseguite per il 2 livello sono state eseguite con un sismografo triassiale dotato di sensori velocimetrici da 4,5 Hz.

Dall'analisi della Carta delle frequenze si riscontra una distribuzione della frequenza di risonanza naturale dei terreni variabile; in tabella 9.1 è possibile vedere le prove HVSR effettuate nell'area con l'ubicazione, la codifica i valori di risonanza f_0 e i valori di ampiezza del rapporto H/V.



Tabella 10.1

Codice Indagine	Altro Codice	f0	H/V	Zona MOPS	Denominazione
041016P108	Fr1	0	0	Zona 1	Convento S.Vittoria
041016P109	Fr2	4,7	2,7	Zona 3	Convento S.Vittoria
041016P110	Fr3	6,9	3,6	Zona 3	Torre S.Marco
041016P111	Fr4	4,1	3,75	ZAFR	Torre S.Marco
041016P112	Fr5	2,8	2,9	Zona 1	Torre S.Marco
041016P113	Fr6	0	0	Zona 1	Convento S.Vittoria
041016P114	Fr7	0	0	Zona 1	Fratte Rosa S.P. n.41
041016P115	Fr8	8,4	4,4	Zona 2	Campo sportivo
041016P116	Fr9	0	0	Zona 1	Via Rossini - Fratte Rosa
041016P117	Fr10	0	0	Zona 1	Chiesa S.Maria in Castagneto Fratte Rosa
041016P118	Fr11	0	0	Zona 4	Centro Storico
041016P119	Fr12	0	0	Zona 1	Centro Storico
041016P120	Fr13	0	0	Zona 1	Centro Storico
041016P121	Fr14	0	0	Zona 1	Centro Storico
041016P122	Fr15	0	0	Zona 1	Centro Storico
041016P123	Fr16	0	0	Zona 1	Centro Storico
041016P124	Fr17	0	0	Zona 1	Via Serre
041016P125	Fra	8,75	2,9	Zona 2	Convento S.Vittoria
041016P126	Frb	5,09	2,7	Zona 3	Scuola - Torre S.Marco
041016P127	Frc	0	0	Zona 1	Scuola - Fratte Rosa
041016P128	HVSR1	2	3,7	Zona 1	Via Serre
041016P129	HVSR2	0	0	Zona 1	Via Rossini - Fratte Rosa
041016P130	HVSR3	0	0	Zona 1	Centro Storico
041016P131	HVSR4	0	0	Zona 1	Centro Storico
041016P132	HVSR5	3,06	3,5	Zona 2	Via Serre
041016P133	HVSR6	3,53	3,9	Zona 2	Via Serre
041016P134	HVSR7	4,85	3,2	Zona 2	Via Serre
041016P135	HVSR8	12,94	3,6	Zona 2	Campo sportivo
041016P136	HVSR9	9	2,8	ZAFR	Via Pieve - Fratte Rosa
041016P137	Area verde Chiesa	0	0	Zona 4	Chiesa S.Maria in Castagneto Fratte Rosa
041016P138	HVSR11	0	0	Zona 4	Torre S.Marco
041016P139	HVSR12	0	0	Zona 1	Torre S.Marco
041016P140	HVSR13	0	0	Zona 1	Torre S.Marco
041016P141	HVSR14	0	0	Zona 1	Torre S.Marco
041016P142	HVSR10	0	0	Zona 4	Via Lubachi - Fratte Rosa
041016P11	HVSR17	0	0	Zona 1	Torre S.Marco
041016P28	HVSR 34	0	0	Zona 1	Convento S.Vittoria
041016P45	HVRS55	0	0	Zona 1	Via terre Cotte - Fratte Rosa
041016P52	HVRS62	0	0	Zona 1	Torre S.Marco
041016P54	HVSR64	0	0	Zona 1	Torre S.Marco
041016P47	HVRS57	0	0	Zona 1	Fonte Romana



Entrando nel dettaglio si possono fare le seguenti considerazioni:

I valori più alti del contrasto di impedenza si riscontrano nella porzione di territorio orientativamente ubicata in Via Serre lungo la S.P. n.41, dove le misure effettuate hanno registrato la presenza di rapporti $H/V > 3$ (alto contrasto) posti nel range di frequenza 3,5-4,8 Hz. Tali valori trovano una valida giustificazione dal punto di vista stratigrafico dal momento che nell'area individuata è presente una copertura eluvio-colluviale argillosa e/o argillosa-limosa con spessori che posso arrivare a circa 10 mt in profondità (in prossimità di impluvi), poggianti sulla Formazione delle argille Azzurre (FAA).

Un'altra area caratterizzata da valori del rapporto H/V leggermente alti è quella posta ad est di Via Borgo di Sotto dove si sono registrati dei picchi posti nel range di frequenza 5,0 - 6,9 Hz. Tali valori trovano una valida giustificazione dal punto di vista stratigrafico in quanto nell'area sono presenti terreni di copertura che possono avere spessori di circa 5-10 metri poggianti sulla locale membro delle Arenarie di Borrello (FAA2). Tale contrasti di impedenza posso essere ascrivibili alla scarsa consistenza e addensamento dei terreni di copertura.

Altra area caratteristica riguarda la zona del Campo Sportivo ($H/V > 3$) in cui si hanno dei picchi nel range di frequenza 8,4-13: Tali valori stanno Tali valori trovano una valida giustificazione dal punto di vista stratigrafico in quanto nell'area sono presenti terreni modesti spessori di copertura da 3 a 5 metri metri poggianti sulla locale membro delle Arenarie di Borrello (FAA2).

La porzione principale dei tre nuclei abitativi di Fratte Rosa, Convento S.Vittoria, Torre S.Marco, e il territorio che si sviluppa lungo la dorsale collinare, mostra dalla misure HVSR eseguite nessuna amplificazione sismica significativa infatti non si rilevano picchi con valore del rapporto $H/V > 3$ nell'intervallo 1-20 Hz, nella quasi totalità delle prove il valore di H/V è sotto 2,5. Tutta la zona con assenza di picchi è la zona in affioramento del substrato del Membro delle Arenarie di Borrello (FAA2) dei centri abitati, mentre delle Argille Azzurre (FAA) lungo la S.P.n.41 località le Serre.

Un'altra considerazione interessante è legata all'assenza di picchi significativi ($H/V < 2,5$), delle prove effettuate sulle coperture in Centro Storico di Fratte Rosa e sul deposito quaternario ascrivibile ad un terrazzo alluvionale situato a SE del Centro storico stesso. Tale valori (del tutto simili ai valori riscontrati nel substrato affiorante nelle stessa area) non trovano una valida giustificazione dal punto di vista stratigrafico per la presenza dei terreni



di copertura e quindi possono essere imputabili ad una maggior consistenza e addensamento dei terreni di copertura.

11. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2

Il risultato principale ottenuto in questo livello di analisi è la Carta di Microzonazione Sismica di livello 2 ottenuta associando una quantificazione numerica degli effetti di amplificazione alle diverse aree analizzate. Per la realizzazione di tale elaborato cartografico sono stati utilizzati gli abachi di riferimento forniti dal Servizio di Protezione Civile della Regione Marche. Gli Abachi sono tabelle che consentono la determinazione dei valori di FA (fattore di amplificazione) corrispondente ad una data posizione o ad una data MOPS in funzione di alcuni parametri:

- Valore di V_{S30}
- Valore della frequenza di risonanza (f_0)

Il fattore di amplificazione (FA) rappresenta un indice integrale del livello di amplificazione indotto dalle condizioni litostratigrafiche e/o morfologiche locali e tale fattore rappresenta un indice di pericolosità sismica relativa valido all'interno di un dato territorio comunale.

Nell'area in studio si è utilizzato il valore della Velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 metri per l'assenza del substrato rigido di riferimento con $V_s \geq 800$ m/sec. all'interno della suddetta profondità, così come si evince dalle indagini sismiche MASW eseguite dalla scrivente. Dalle inversioni congiunte MASW e HVSr il tetto della formazione rigida di riferimento non è stato mai infatti rilevato prima dei 50 metri di profondità. Inoltre nell'utilizzo degli abachi si è fatto riferimento al valore della frequenza di risonanza (f_0) presente alla più bassa frequenza nel range 0.5-20 Hz. (previa verifica dell'assenza di artefatti) e che la stessa presentasse un valore del rapporto $H/V \geq 2.5$. L'assenza di un contrasto significativo $H/V < 2.5$ permette la determinazione del relativo valore di Fa entrando nell'Abaco con il solo valore di V_{S30} e prendendo il valore indicato come 75° percentile.

Gli abachi sono stati realizzati dal Servizio di Protezione Civile della Regione Marche sulla base di un approccio numerico finalizzato alla definizione dei valori di FA associati alle situazioni stratigrafiche presenti nel territorio regionale. Il territorio marchigiano è stato



suddiviso in tre grandi domini: il dominio calcareo, quello terrigeno ed il dominio alluvionale.

Il territorio comunale in studio è all'interno di del dominio Terrigeno.

Per l'area oggetto del presente lavoro si è utilizzato l'abaco in cui il substrato sismico è situato ad una profondità maggiore di 30 metri (V_{s30}).

Una volta definito il dominio di appartenenza e la profondità del substrato rigido di riferimento, per ciascuna delle MOPS individuate nell'ambito del presente lavoro vengono determinati i valori di FA relativi ai tre intervalli di periodi di vibrazione (0,1-0,5 sec; 0,4-0,8 sec; 0,7-1.1 sec) previsti per la realizzazione delle carte di microzonazione sismica di livello II nell'area marchigiana. La determinazione del fattore di amplificazione si ottiene entrando negli abachi così individuati attraverso il valore della frequenza di risonanza fondamentale (f_0) e quello della velocità media delle onde di taglio (V_s) nei primi trenta metri.

Le carte prodotte riportano le aree suscettibili di amplificazione locale e le aree di attenzione per fenomeni di instabilità gravitativa con i corrispondenti fattori di amplificazione (FA).

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Nelle tabelle realizzate sono evidenziate le zone con il relativo codice e i parametri di amplificazione di riferimento.



ZONA 1 (COD. 2001)

Area dei centri abitati con substrato in affioramento o sub-affioramento

Sulla base delle indagini sismiche passive eseguite nell'ambito del presente lavoro, la Zona 1 è risultata avere un comportamento omogeneo in tutta la sua estensione individuabile nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS). In tale area le misure HVSR eseguite non presentano un contrasto di impedenza sismica significativo nel range delle frequenze analizzato 0,5-20 Hz.

Parametro di ingresso

Valore

Valore V_{s30}

300 m/sec

Valore f_0

Non definibile "Curva piatta"

ZONA TERRIGENA Profondità basamento sismico > 30 m

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
(s/m) 0.05A	<200	1.2	1.6	2.0							1.5
	300	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.2	2.0	1.9	1.7
	500	1.2	1.3	1.6	1.5	1.7	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6
	700	0.9	1.3	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	2.0	2.6	2.7							2.5
	300	1.6	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.9
	500	1.3	1.5	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6
	700	1.2	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	2.6	3.0	2.9							2.9
	300	1.9	2.0	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7	1.6	1.8
	500	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5
	700	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4
	≥800										



ZONA 2 (COD. 2002)

Area Campo Sportivo e NO Convento S.Vittoria – Coperture eluvio-colluviali

Sulla base delle indagini sismiche passive eseguite nell'ambito del presente lavoro, la Zona 2 è risultata avere un comportamento omogeneo in tutta la sua estensione individuabile nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS). In tale area le misure HVSR eseguite presentano un contrasto di impedenza localizzato a frequenze maggiore degli 8 Hz.

Parametro di ingresso	Valore
Valore V_{s30}	300 m/sec
Valore f_0	>8 HZ

ZONA TERRIGENA Profondità basamento sismico > 30 m

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
v300 (m/s)	<200	1.2	1.6	2.0						1.9	1.5
	300	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.2	2.0	1.9	1.7
	500	1.2	1.3	1.6	1.5	1.7	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6
	700	0.9	1.3	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
v330 (m/s)	<200	2.0	2.6	2.7						2.5	
	300	1.6	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.9	
	500	1.3	1.5	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	
	700	1.2	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
v300 (m/s)	<200	2.6	3.0	2.9						1.6	2.9
	300	1.9	2.0	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7	1.6	1.8
	500	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5
	700	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4
	≥800										



ZONA 3 (COD. 2003)

Zone caratteristiche: Loc. Serre e area Scuola Torre S.Marco– Coperture eluvio-colluviali

Sulla base delle indagini sismiche passive eseguite nell'ambito del presente lavoro, la Zona 2 è risultata avere un comportamento omogeneo in tutta la sua estensione individuabile nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS). Le misure HVSR eseguite in queste zone caratteristiche hanno permesso di determinare una frequenza media di ingresso.

Parametro di ingresso

Valore

Valore V_{s30}

300 m/sec

Valore f_0

4,5 Hz¹

ZONA TERRIGENA Profondità basamento sismico > 30 m

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	1.2	1.6	2.0	1.8	2.1	2.3	2.2	2.0	1.9	1.5
	300	1.2	1.4	1.6	1.5	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6	1.7
	500	1.2	1.3	1.6	1.5	1.7	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6
	700	0.9	1.3	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	2.0	2.6	2.7	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	2.5
	300	1.6	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.9
	500	1.3	1.5	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6
	700	1.2	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	2.6	3.0	2.9	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7	1.6	2.9
	300	1.9	2.0	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7	1.6	1.8
	500	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5
	700	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4
	≥800										

¹ Valore derivante dalla media dei valori ottenuti nell'area



ZONA 4 (COD. 2004)

Area Centro Storico Fratte Rosa e area Scuola Torre S.Marco – Coperture eluvio-colluviali

Sulla base delle indagini sismiche passive eseguite nell'ambito del presente lavoro, la Zona4 è risultata avere un comportamento omogeneo in tutta la sua estensione individuabile nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS). In tale area le misure HVSR eseguite non presentano un contrasto di impedenza sismica significativo nel range delle frequenze analizzato 0,5-20 Hz.

Parametro di ingresso	Valore
Valore V_{s30}	300 m/sec
Valore f_0	Non definibile "Curva piatta"

ZONA TERRIGENA Profondità basamento sismico > 30 m

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs(m) / s	<200	1.2	1.6	2.0							1.5
	300	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.2	2.0	1.9	1.7
	500	1.2	1.3	1.6	1.5	1.7	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6
	700	0.9	1.3	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V30 (m)	<200	2.0	2.6	2.7							2.5
	300	1.6	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.9
	500	1.3	1.5	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6
	700	1.2	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)										75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
Vs0 (m)	<200	2.6	3.0	2.9							2.9	
	300	1.9	2.0	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7	1.6	1.8	
	500	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	
	700	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	
	≥800											



ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' GRAVITATIVA

Le aree cartografate in dissesto (zone di attenzione per instabilità di versante) sono individuate nella tavole di MS di 2° livello con un retino dotato di colore e un tratteggio continuo. Le misure HVSR presenti in tali aree unitamente alle prove sismiche MASW hanno consentito di determinare i parametri di ingresso da utilizzare negli Abachi per il calcolo del valore FA. Le misure MASW eseguite in tali aree hanno evidenziato la presenza di terreni caratterizzati da bassa velocità di propagazione delle onde di taglio dell'ordine di 150-200 m/sec fino alla profondità in cui non si intercetta il tetto del substrato geologico; mentre il valore V_{s30} ottenuto e necessario per entrare negli abachi è risultato essere sempre prossimo ai 300 m/sec.

Per i movimenti gravitativi cartografati sono stati attribuiti gli stessi parametri di ingresso utilizzati per la MOPS della Zona 2 e della Zona 3 definiti in base allo spessore delle coperture.

ZONA 2 (COD. 2002)	
Frana Via della Pieve – Coperture eluvio-colluviali	
Per il suddetto dissesto presente sul fianco orientale del crinale collinare sul quale si sviluppa il centro abitato di Fratte Rosa, cartografato dal PAI con il codice F-07-00682, è stata utilizzata la frequenza ottenuta dalla registrazione presente all'interno della stessa area perimetrata.	
Parametro di ingresso	Valore
Valore V_{s30}	300 m/sec
Valore f_0	>8 HZ



ZONA TERRIGENA Profondità basamento sismico > 30 m

FA 0.1 < T < 0.5 s												
		f0 (Hz)										75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
v30 (m/s)	<200	1.2	1.6	2.0								1.5
	300	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.2	2.0	1.9		1.7
	500	1.2	1.3	1.6	1.5	1.7	1.8	1.9	1.8	1.7		1.6
	700	0.9	1.3	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.4	1.4		1.4
	≥800											

FA 0.4 < T < 0.8 s												
		f0 (Hz)										75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
f0 (m/s)	<200	2.0	2.6	2.7								2.5
	300	1.6	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7		1.9
	500	1.3	1.5	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5		1.6
	700	1.2	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5		1.6
	≥800											

FA 0.7 < T < 1.1 s												
		f0 (Hz)									75° perc.	
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
f (m/s)	<200	2.6	3.0	2.9								2.9
	300	1.9	2.0	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7	1.6		1.8
	500	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4		1.5
	700	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4		1.4
	≥800											

ZONA 3 (COD. 2003)

Dissesto ubicato a Est del centro abitato di Torre S.Marco

Parametro di ingresso	Valore
Valore Vs ₃₀	300 m/sec
Valore f ₀	4,1 Hz



ZONA TERRIGENA Profondità basamento sismico > 30 m

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m) 003A	<200	1.2	1.6	2.0		2.1	2.3				1.5
	300	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.2	2.0	1.9	1.7
	500	1.2	1.3	1.6	1.5	1.7	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6
	700	0.9	1.3	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	2.0	2.6	2.7		1.9	1.9				2.5
	300	1.6	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7		1.9
	500	1.3	1.5	1.8	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5		1.6
	700	1.2	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	2.6	3.0	2.9		1.8	1.7	1.8	1.7	1.6	2.9
	300	1.9	2.0	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7	1.6	1.8
	500	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5
	700	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4
	≥800										



12. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Il principale obiettivo del presente lavoro è stato quello di fornire una quantificazione numerica degli effetti di amplificazione nelle diverse aree del territorio comunale attraverso l'utilizzo di specifici abachi di riferimento, forniti dal Servizio di Protezione Civile della Regione Marche. Essi hanno consentito la determinazione del valore del fattore di amplificazione attraverso il valore di V_{s30} e quello della frequenza di risonanza (f_0) dei terreni costituenti la locale successione stratigrafica di ogni singola MOPS.

In tale tipologia di studi è di fondamentale importanza valutare la presenza di contrasti di impedenza sismica significativi in grado di generare fenomeni di risonanza e comprenderne la posizione all'interno della successione stratigrafica e la tipologia dell'interfaccia risonante. L'incertezza interpretativa rilevata nell'area in studio è principalmente legata proprio all'assenza di un substrato rigido in grado di fornire un marcato contrasto di impedenza sismica rispetto ai sovrastanti terreni di copertura. Infatti le indagini geofisiche reperite ed eseguite direttamente dalla scrivente hanno evidenziato come la velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno della locale formazione geologica di base (Membro delle Arenarie di Borrello - FAA₂ e Formazione delle Argille azzurre - FAA) raramente superi i valori di 500 m/sec, sempre ben lontani da quelli attribuibili al substrato sismico. Di conseguenza i contrasti di impedenza sono difficilmente rilevabili e il substrato geolitologico può dare valori di risonanza come le coperture più addensate e consistenti (come nel caso del Centro Storico di Fratte Rosa) in quanto il passaggio diventa abbastanza graduale anche in considerazione della parte alterata più superficiale del substrato.

Monteporzio, Novembre 2019

Geol. Cristiana Nasoni

Geol. Manuel Franceschelli

Appendice 8

Checklist per l'inserimento di nuove frane nel P.A.I. o modifica delle geometrie per frane già presenti

(a cura del professionista che ha condotto gli studi di microzonazione sismica)³⁹

☒ FRANA NON PRESENTE NEL P.A.I.

indicare le coordinate geografiche del baricentro

• Lat. 43°46'34,5 Long. 331°7'38,4

☐ FRANA PRESENTE NEL P.A.I. (GEOMETRIA MODIFICATA)

indicare le coordinate geografiche del baricentro della frana già riportata nel P.A.I. per la quale si richiede una modifica della geometria

• Lat. _____ Long. _____

Descrivere il tipo di frana secondo la classificazione di Varnes (tipo di movimento, materiale)

SCORRIMENTO - DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI LIMATO-ABBIO

Indicare il tipo di indagini effettuate per accertarne la presenza e definirne la geometria (è possibile indicare anche più tipi di indagini)

- ☐ rilievo aereofotogrammetrico
- ☐ rilievo geologico e geomorfologico
- ☒ indagini geofisiche
- ☐ indagini geognostiche
- ☐ indagini geotecniche di laboratorio
- ☐ analisi numeriche

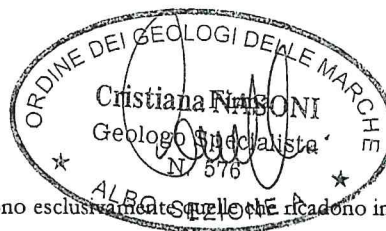
Descrivere lo stato di attività della frana

ATTIVA

Il sottoscritto Dott. Geol. CRISTIANA NASOMI dichiara che la frana ha evidenze sufficienti per essere inserita (o, se già segnalata, per essere modificata nella sua geometria e/o attività) nel P.A.I.

Luogo e data

MONTEPRIO, 18/4/2018



³⁹ Si ricorda che le frane di interesse per la microzonazione sismica sono esclusivamente quelle che ricadono in aree urbanizzabili o urbanizzabili o che possono interessarle nella loro evoluzione