



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

OPCM 4007/2012

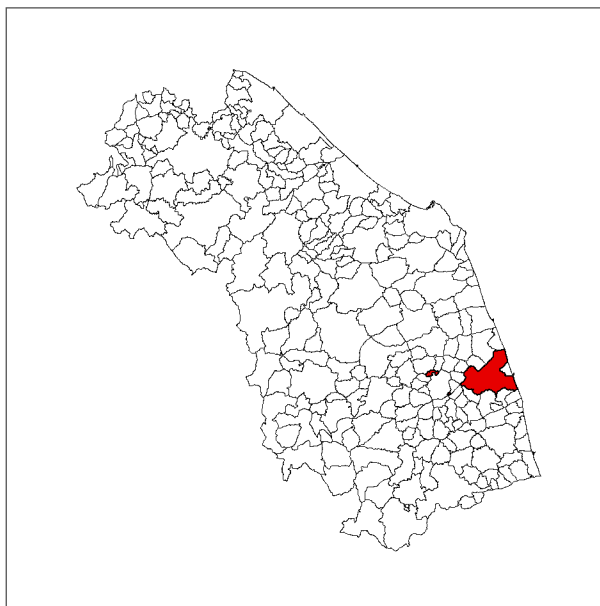
PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA. ANNUALITA' 2011

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Marche

Comune di Fermo



Regione



Soggetto realizzatore

Dott. Geol. Andrea Ambrogi
 Dott. Geol. Paolo Boldrini

Collaboratori

Dott. Geol. Francesco Bassano
 Dott. Geol. Andrea Alessandrini

Data

ottobre 2013

Elab. **1**

INDICE

1 – PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE.....	2
2 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
4 – GEOMORFOLOGIA.....	7
5 – IDROGEOLOGIA.....	9
6 – ANALISI DEI DATI ESISTENTI.....	9
6.1 - Sismicità Storica di Fermo.....	11
7 – INDAGINI SVOLTE EX NOVO.....	11
7.1 – Sondaggi geognostici.....	11
7.2 – Indagini geofisiche.....	11
7.2.1 – Indagini sismiche MASW.....	12
7.2.2 – Indagini sismiche a stazione singola HVSR.....	13
7.2.2.1 – Analisi dei dati HVSR.....	14
8 – CARTA DELLE INDAGINI.....	15
8.1 – Informatizzazione dei dati.....	16
9 – CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	16
10 – CARTE DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA.....	21
11 – SINTESI DEI RISULTATI.....	23
11.1 - Zone stabili suscettibili di amplificazione locale.....	23
11.2 - Zone suscettibili di instabilità.....	23
12 – STRUTTURA DEL DATABASE.....	26
12.1 - Struttura di archiviazione dei file.....	27
13 – BIBLIOGRAFIA.....	31

ELENCO ELABORATI:

Elab.1 – Relazione illustrativa

Elab.2 – Carta delle indagini

Elab.3 – Carta geologico-tecnica

Elab.4 – Sezioni geologiche

Elab.5 – Carta delle microzonee omogenee in prospettiva sismica

A.T.P. (registrato a Fermo n°2110 serie 1T del 19 giugno 2013)

Via Marsala n.4 – 63900 Fermo (FM)

Tel. 0734.227462 – E-mail andreageo@libero.it

Andrea Ambrogi geologo incaricato

Paolo Boldrini geologo incaricato

Francesco Bassano geologo collaboratore

Andrea Alessandrini geologo collaboratore

1 – PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE

Su incarico del Comune di Fermo, di intesa con la Regione Marche e il Dipartimento della Protezione Civile, secondo quanto stabilito dall'OPCM 4007/2012 "Effettuazione delle indagini di Microzonazione Sismica", sono state eseguite indagini sulle caratteristiche geologico-geomorfologiche, idrogeologiche e litotecniche delle principali aree urbanizzate del territorio comunale e di un loro intorno significativo, al fine di realizzare una Carta di Microzonazione Omogenea in Prospettiva Sismica (MOPS), di **1° livello**.

Le aree oggetto degli studi sono state individuate in accordo con i criteri sanciti dalle norme vigenti e sentita l'Amministrazione Comunale. Si tratta di aree dove si concentra pressoché la totalità delle residenze e delle attività artigianali, industriali e commerciali dell'intero territorio comunale. Le indagini sono state estese anche alle zone di espansione previste dal P.R.G. e, laddove i dati in nostro possesso lo consentivano, anche nelle zone agricole di raccordo agli abitati.

Di fatto la porzione di territorio compresa tra i fiumi Tenna ed Ete Vivo, sono state studiate quasi nella loro totalità.

La metodologia di analisi adottata può essere così riassunta:

- *acquisizione dei dati esistenti¹ e loro elaborazione ed interpretazione;*
- *rilevamento geolitologico e geomorfologico integrativo alla scala 1:10.000;*
- redazione dei seguenti elaborati cartografici:
 - Carta delle Indagini, alla scala 1:10.000;*
 - Carta Geologico-Tecnica, alla scala 1:10.000;*
 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, alla scala 1:10.000;*
 - Sezioni Geologiche (n°7), alla scala 1:2.000 e 1:2500;*
- stesura della *Relazione illustrativa;*
- creazione di un database in formato "Access" e dei relativi shapefiles per la realizzazione delle carte sopra descritte.

Come base topografica è stata utilizzata la Carta Tecnica Numerica – C.T.R. 1:10.000; in particolare sono state impiegate le tavole in formato raster delle sezioni n°:

- ✓ 304130 Sant'Elpidio a Mare
- ✓ 304140 Foce Fiume Tenna
- ✓ 314040 Torre San Patrizio

¹ Si ringraziano i colleghi che hanno messo a disposizione parte del materiale geognostico utilizzato nel presente lavoro: dott. Savino Salvetti, dott. Gianluca Testaguzza, dott. Alessandro Paccapelo, dott. Sergio Raccichini, dott. Sergio Ioiò, dott. Graziano Ciferri, dott. Alberto Conti.

- ✓ 315010 Fermo;
- ✓ 315020 Porto San Giorgio;
- ✓ 314080 Grottazzolina;
- ✓ 315050 Monte San Biagio;
- ✓ 315060 Altidona.

Tutti i raster adoperati sono stati georeferenziati al sistema di coordinate di riferimento WGS84UTM33N utilizzando l'applicazione ArcMap™ e le coordinate dei vertici di ogni sezione cartografica come *punti di controllo (Ground Control Point, GCP)*. In particolare per ogni sezione è stata utilizzata la seguente procedura:

1. Trasformazione delle coordinate dei vertici dal sistema Gauss-Boaga (indicate nel cartiglio) al sistema WGS84UTM33N mediante l'applicazione Traspunto;
2. Importazione del raster nel layer di lavoro di ArcMap™;
3. Georeferenziazione del raster immettendo le coordinate di cui al punto 1 per i 4 vertici della sezione (GCP).

Lo studio e le indagini sono state condotte in ottemperanza alle seguenti normative di riferimento:

- ✓ OPCM 4007/2012 – Effettuazione delle indagini di Microzonazione Sismica (MZS) – Decreti nn. 90/DPS del 19/11/2012, 1/DPS del 07/01/2013

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con la quale è sono stati realizzati gli elaborati cartografici per lo studio di MS di 1° livello sono i seguenti:

- ✓ Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 2.0 Beta-II), approvati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n.3907);
- ✓ Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Dipartimento di Protezione Civile Nazionale (ICMS)- approvati il 13 novembre 2008 dalla conferenza delle Regioni e delle Province autonome.

2 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del Comune di Fermo, in posizione circa baricentrica rispetto all'omonima provincia si estende su una superficie di circa 124 Kmq. Esso interclude interamente, sul versante orientale il territorio del comune di Porto San Giorgio; a nord e a sud di quest'ultimo, arriva fino al mare Adriatico.

In corrispondenza del lato nord, il confine comunale coincide in larga parte con il tracciato del fiume Tenna. In tale ambito i comuni limitrofi sono, da est verso ovest, Porto Sant'Elpidio, Sant'Elpidio a Mare, Monte Urano, Torre San Patrizio, Magliano di Tenna. Ad occidente Fermo confina con Grottazzolina. A meridione i comuni confinanti sono Lapedona, Monterubbiano e Ponzano di Fermo.

La Fermo storica sorge alle pendici del colle Sabauda (319m s.l.m.), mentre la parte nuova, edificata prevalentemente nel dopoguerra, si diparte a raggiera occupando la sommità dei crinali collinari. La porzione costiera delle Marche, come è noto, ha una tipica disposizione “*a pettine*”, con crinali collinari alternati ad ampie valli fluviali, disposti secondo una direttrice est-ovest.

Il comune di Fermo negli ultimi trenta anni è stato oggetto di un'edificazione diffusa; piccole frazioni sono divenute abitati popolati e anche l'edificazione lungo i crinali che si congiungono con il centro abitato, ha realizzato spesso un unicum continuo. Questo è il motivo principale che ci ha indotti ad estendere i nostri studi a gran parte del territorio comunale, tralasciando solo le aree completamente agricole con case sparse, oltre alla discreta disponibilità di dati geognostici resi disponibili.

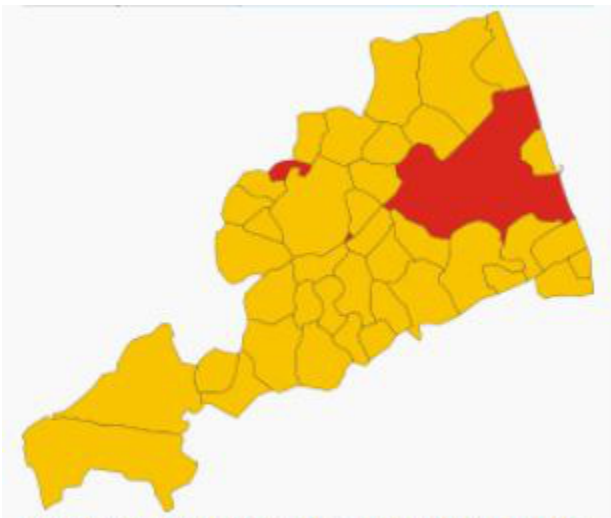


Figura 1 – posizione del territorio di Fermo rispetto alla Provincia omonima.

Oltre al centro urbano, il comune di Fermo consta delle seguenti principali frazioni: Ete Caldarette, Sacri Cuori, Salvano, Marina Palmense, Torre di Palme, Lido di Fermo, Lido Tre Archi/San Tommaso, San Marco Campiglione, Molini Girola.



Foto 1 - Sulla sinistra l'abitato di Fermo, al centro il fosso Valloscura e sulla destra il colle "La Montagnola".

3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il Territorio di Fermo si trova nella porzione più orientale del Bacino Marchigiano Esterno. Questo è costituito da una successione terrigena a dominante pelitica, all'interno della quale si rinvencono intercalati, a varie altezze stratigrafiche, corpi clastici sabbioso-argillosi e argilloso-sabbiosi.

Tali sedimenti si sono depositi in un intervallo di tempo compreso tra la parte alta del Pliocene medio e il Pleistocene superiore.

Il ciclo si chiude con la deposizione di sedimenti sabbiosi e ghiaiosi di ambiente marino marginale-continentale (Formazione di Fermo), che affiorano nella parte alta del colle Fermano e al tetto di alcuni rilievi collinari vicini (Capordarco, Torre di Palme, Lapedona, Monterubbiano, ecc).

In generale mentre la successione pliocenica è abbastanza monotona ed è costituita prevalentemente da sedimenti pelitici, quella pleistocenica (nel territorio di Fermo affiora solo il Pleistocene; il limite plio-pleistocene passa dietro gli abitati di Montegiberto e Petritoli) è stata suddivisa in cinque unità informali, le quali rappresentano in senso stratigrafico dinamico cicli trasgressivo-regressivi, costituiti da un membro basale pelitico e da un soprastante membro a tessitura più grossolana che può essere, a seconda dei casi, pelitico-arenaceo, arenaceo-pelitico, puramente arenaceo o arenaceo-conglomeratico. I membri a tessitura grossolana rappresentano la registrazione sedimentaria dell'abbassamento del livello marino (depositi di spiaggia e/o di transizione alla spiaggia), mentre la deposizione delle peliti indicano un approfondimento del bacino sedimentario (fase trasgressiva).

Verso la fine del Pleistocene inferiore si è prodotta una rapida accentuazione del sollevamento

regionale determinando l'assetto “Monoclinale” dei depositi plio-pleistocenici periadriatici.

La deposizione pelitica pleistocenica avveniva con una giacitura *onlap*² sul fianco occidentale sepolto dell'anticlinale di Monte Capodarco, una prosecuzione verso sud dell'omologa struttura del Conero. Il Conero nel Pleistocene, costituiva un'isola prospiciente la costa, similmente a quello che si verifica oggi più a sud con le isole Tremiti, mentre l'area Fermana dell'anticlinale, era una zona di “alto strutturale”, dove la sedimentazione Pleistocenica è quasi assente e discordante sul Pliocene.

Nell'area indagata **non sono state rilevate faglie attive e capaci**, ma solamente faglie inattive.

La Tettonica ha fortemente condizionato sia l'assetto strutturale degli strati, disposti come già detto a “Monoclinale” dolcemente immergente verso est-nord-est, sia la conformazione delle principali valli fluviali, impostate su faglie “antiappenniniche” ovvero con andamento est-ovest. Nel Pleistocene superiore-Olocene si sono formate le ampie coltri colluviali che con differenti spessori, si dispongono sui pendii. La loro tessitura è prevalentemente limosa. Esse sono spesso sede di fenomeni gravitativi .



Foto 2 – Parte sommitale della successione Pleistocenica: conglomerati di ambiente fluviale alla base passanti verso l'alto a sedimenti sabbiosi di spiaggia disposti con contatto erosivo. Trattasi di una sequenza ciclotemica che nella fattispecie è rappresentata da eventi ben riconoscibili (talora le variazioni hanno spessori anche molto ridotti). Verso l'alto tornano nuovamente i conglomerati (non visibili in questo affioramento). Tali variazioni tessiturali rappresentano la registrazione sedimentaria delle antiche oscillazioni del livello marino (cicli trasgressivo-regressivi).

² In geologia il termine *onlap* indica i rapporti tra gli strati dell'unità superiore e la superficie limite. La terminazione *onlap* è l'appoggio di strati orizzontali su una superficie inclinata.

Sul fondovalle dei principali corsi d'acqua sono presenti *depositi alluvionali* (attuali, recenti e terrazzati – *olocene-pleistocene sup.*), costituiti prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbioso-limose con intercalati lenti o livelli discontinui di limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie; al tetto del deposito sono prevalenti i sedimenti a granulometria fine limoso-sabbiosi.

4 – GEOMORFOLOGIA

L'area, a carattere collinare, si estende tra i bacini del fiume Tenna a nord e del fiume Ete Vivo a sud, dando origine ad una serie di strutture allungate secondo una direzione est-ovest. La massima altitudine si ha in corrispondenza del piazzale del Girfalco (colle Sabulo), situato alla sommità del centro storico di Fermo, che raggiunge la quota di 319 m s.l.m.

In generale la morfologia dei luoghi è condizionata dall'*evoluzione tettonica* e dai *processi d'erosione selettiva*. L'aspetto d'insieme è tipico della fascia costiera marchigiana, caratterizzata da elevati rilievi collinari delimitati da versanti ad acclività medio-alta; alla sommità dei rilievi sono presenti ovunque dei ripiani debolmente degradanti verso il mare, su cui insistono gli antichi nuclei abitati. A sud-est la frazione di Torre di Palme è delimitata verso mare da una *falesia* costiera, la cui origine è legata alle fasi finali del sollevamento generale dell'area adriatica (fine Pleistocene).

I processi di erosione selettiva hanno contribuito a modellare il paesaggio, mettendo in risalto i corpi arenaceo-conglomeratici più *competenti* dei sedimenti argillosi che costituiscono gran parte della successione sedimentaria affiorante.

La presenza di abbondanti depositi della copertura sui versanti, unitamente all'acclività di quest'ultimi, sono la causa dei diffusi fenomeni franosi che interessano larga parte del territorio fermano. Le loro caratteristiche sono varie. Vi è rappresentata l'intera gamma dei processi noti su pendii costituiti da sedimenti terrigeni a prevalenza argillosa. Si va dai *soliflussi* alle *deformazioni plastiche* alle vere e proprie *frane*. I *soliflussi* sono generalmente poco profondi e ad essi è associata una pericolosità medio-bassa; tuttavia essi spesso costituiscono il “grimaldello” d'ingresso a possibili fenomeni più importanti (frane) laddove l'incuria dell'uomo peggiora le condizioni ambientali (disboscamento diffuso, periodiche lavorazioni agrarie profonde, mancata regimazione delle acque superficiali, scavi e sbancamenti scriteriati, ecc). Le deformazioni plastiche sono molto diffuse e sono riconoscibili per le ampie ondulazioni trasversali al pendio che producono. A questi fenomeni è generalmente associato un grado di pericolosità medio. In ultimo le frane. Queste rappresentano un fenomeno di grande attenzione per il pericolo sociale ad esse connesso. Le frane possono interessare ampie superfici abitate e non.

Nel territorio di Fermo risultano assai diffuse le frane per colamento, che interessano nella quasi generalità dei casi le coltri di copertura a tessitura prevalentemente limosa. Le frane per scorrimento sono più rare, o perlomeno esse evolvono quasi sempre in frane complesse perché associate anche a fenomeni di colamento. Alle frane è attribuito un grado di pericolosità da medio a molto elevato, in funzione del grado di attività (nella valutazione del rischio subentrano anche altri elementi di valutazione quali l'esposizione e la vulnerabilità dei beni e/o opere presenti e, in ultimo ma molto importante, il coinvolgimento di vite umane).

Sul grado di attività dei movimenti gravitativi, nel presente lavoro è stato utilizzato un criterio il più oggettivo possibile, frutto di una grande conoscenza dei luoghi oggetto di studio. Il coordinatore del gruppo di lavoro, dott. geol. Andrea Ambrogi, è stato uno dei geologi estensori delle indagini geologiche a corredo del P.R.G. vigente, nonché estensore degli studi regionali sul rilievo del reticolo idrografico minore per gran parte del territorio comunale. Pertanto gli aspetti geomorfologici del territorio di Fermo ci sono noti da molti anni e monitorati.

Nel presente lavoro sono stati classificati come fenomeni gravitativi **attivi**, quelli con caratteristiche di manifestazione permanente con cicli di attività stagionali o, comunque con evidenti probabilità di riattivazione nel breve periodo. I restanti fenomeni sono stati classificati come **quiescenti**. Va sottolineato che nella maggioranza dei casi trattasi di fenomeni molto lenti. Le colate rapide, che si manifestano nel periodo invernale lungo i versanti in condizioni più critiche, sono spesso fenomeni abbastanza circoscritti, ancorché dannosi per la circolazione viaria e per il costante e progressivo consumo di suolo.

Come noto, gli studi di microzonazione sismica, secondo lo standard adottato dalla Protezione Civile Nazionale, non prendono in considerazione i processi di soliflusso e le deformazioni plastiche, ritenendoli evidentemente non significativi ai fini di una valutazione della pericolosità sismica locale. Limitatamente alle deformazioni plastiche, come già detto assai diffuse sui versanti collinari argillosi del territorio di Fermo, gli scriventi ritengono tali fenomeni non trascurabili. Pertanto essi sono stati cartografati come “*colate quiescenti*”, ovvero una tipologia di fenomeno prevista dagli Standard e con un grado di pericolosità compatibile con quello assegnato alle *D.P.* Nel Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche.

I processi erosivi sui versanti argillosi sono spesso molto diffusi e talora associati a fenomeni franosi. Essi tuttavia esulano dalle finalità di questo lavoro, e pertanto non sono stati cartografati.

In quanto alle scarpate strutturali, ne sono state cartografate alcune in corrispondenza dei corpi più competenti, che a Fermo si rinvengono al tetto della *regressione* (Fermo centro storico-viale Vittorio Veneto, abitato di Torre di Palme). I processi di erosione selettiva hanno dato origine a scarpate subverticali nei terreni arenaceo-conglomeratici, in netto risalto rispetto ai sedimenti alle porzioni di pendio impostate sulle argille [più tenere].

5 – IDROGEOLOGIA

La gran parte del territorio comunale è costituita da sedimenti argillosi dotati di permeabilità molto bassa e che non consentono l'instaurarsi di una circolazione idrica sotterranea. Tuttavia, le argille, laddove le condizioni lo consentono, costituiscono un buon *acquiclude* per la formazione di modesti acquiferi di collina.

In corrispondenza degli impluvi e talora sui pendii che ospitano spesse coltri colluviali a tessitura prevalentemente limosa, sono presenti falde acquifere molto modeste e a carattere fortemente stagionale.

Più interessanti le falde acquifere delle piane dei fiumi Tenna ed Ete vivo, entrambe sedi di una circolazione idrica degna d'interesse. L'acquifero di subalveo del fiume Tenna, in particolare, è composto da ghiaie e sabbie permeabili e con un discreto spessore; pertanto rappresenta un'importante risorsa idrica.

Sia i depositi alluvionali del fiume Tenna sia quelli dell'Ete vivo, si raccordano ai depositi costieri presenti sulla porzione est del territorio, prospiciente il mare Adriatico.

Anche depositi costieri sono sede di una circolazione idrica mediamente importante, che avvicinandoci alla linea di costa, è in equilibrio con il cuneo di acqua marina salata sottostante.

6 – ANALISI DEI DATI ESISTENTI

L'area oggetto di studio ricade nel *Foglio n.133-134 Ascoli Piceno-Giulianova* della *Carta Geologica d'Italia*, alla scala 1:100.000. Tale documento fornisce solamente un inquadramento generale che, attualmente, può ritenersi superato dalla pubblicazione della *Carta dell'Ambiente Fisico delle Marche*, alla scala 1:100.000, redatta nel 1991 e dalla *Carta Geologica dei Depositi Neogenico-Quaternari tra il F. Potenza e il T. Tronto*, alla scala 1:50.000 (a cura di Centamore E.-Studi Geologici Camerti - Numero Speciale 1986).

I riferimenti stratigrafici, utilizzati nel presente studio, traggono origine proprio da questi due ultimi documenti.

In sintesi, di seguito si riportano le principali pubblicazioni consultate, edite ed inedite (in ordine cronologico):

- Il Plio-Pleistocene Marchigiano-Abruzzese - Guida all'escursione del 7 – 10 ottobre 1986 (G. Cantalamessa et alii. Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino. 73° Congresso della Società Geologica Italiana; 1986).

- La geologia delle Marche (Centamore E., Deiana G.; numero speciale di Studi Geologici Camerti, 1986).

- L'ambiente Fisico delle Marche - Geologia-Geomorfologia-Idrologia (Regione Marche, Assessorato Urbanistica-Ambiente, 1991).

- Le emergenze geologiche e geomorfologiche delle Marche - Regione Marche, Assessorato Urbanistica e Ambiente, 1991.

- Progetto IFFI - 2005

- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Autorità di Bacino del Tronto, 2007.

- Carta Geologica Regionale alla scala 1:10.000, sezioni in corso di pubblicazioni

- **“Studi geologici eseguiti per l'adeguamento del P.R.G. al PPAR** - Dott. Geol. A. Ambrogio, Dott. Geol. Sergio Ioiò (1997/2005).

Tali studi hanno fornito utili indicazioni per inquadrare il territorio comunale in un contesto più ampio, relativamente alle condizioni geologiche e geomorfologiche.

Sono state consultate, infine, indagini e lavori di natura geologico-tecnica ed idrogeologica, eseguiti da diversi studi tecnici reperiti presso gli Uffici del Settore Urbanistica e Settore Lavori

Pubblici del Comune di Fermo.

6.1 - Sismicità Storica di Fermo

L'analisi storica degli eventi sismici avvenuti sul territorio di Fermo ricavata dal sito dell'INGV evidenzia che il territorio fermano è stato interessato da diversi eventi sismici. Tra i più importanti:

Anno 1540	Fermo	
Anno 1639	Amatrice	Mw 4.93±0,34
Anno 1741	Fabrianese	Mw 6.21±0.13
Anno 1873	Marche Meridionali	Mw 5.95±0,10
Anno 1881	Abruzzo meridionale	Mw 5.59±0.32
Anno 1916	Monti Sibillini	Mw 5.02±0,22
Anno 1930	Senigallia	Mw 5.81±0.09
Anno 1943	Marche Meridionali-Abruzzo	Mw 5.83±0,14
Anno 1980	Irpinia-Basilicata	Mw 6.89±0.09
Anno 1984	Appennino Abruzzese	Mw 5.50±0,09
Anno 1987	Porto San Giorgio	Mw 5.09±0.09
Anno 1997	Appennino Umbro-Marchigiano	Mw 6.01±0,09
Anno 2009	L'Aquila	Mw 6.3±0,40

7 – INDAGINI SVOLTE EX NOVO

Sebbene gli studi di microzonazione sismica di I° livello non prevedano l'esecuzione di indagini specifiche dedicate, gli scriventi hanno ritenuto necessario eseguire approfondimenti ritenuti utili a formulare una più esatta suddivisione del territorio comunale in microzone omogenee in prospettiva sismica.

7.1 – Sondaggi geognostici

Sono stati svolti i seguenti sondaggi geognostici a rotazione:

- ✓ n.2 sondaggi geognostici in località Marina Palmense [S475, S476];
- ✓ n.1 sondaggio geognostico in località Salvano [S477];
- ✓ n.1 sondaggio geognostico in località litorale nord [S478];
- ✓ n.1 sondaggio geognostico in località San Tommaso San Marco [S478].

7.2 – Indagini geofisiche

Per il progetto di Microzonazione Sismica del Comune di Fermo, sono state eseguite n.10

prospezioni sismiche MASW [cui si aggiungono anche 4 MASW reperite e 2 Down-Hole reperiti] e n.70 indagini sismiche a stazione singola (HVSr).

7.2.1 Indagini sismiche M.A.S.W.

L'indagine M.A.S.W. si contraddistingue per l'utilizzo di una sorgente impulsiva che genera onde sismiche, la cui propagazione viene registrata da una serie di sensori (geofoni) posti lungo uno stendimento le cui caratteristiche variano in funzione del sito in analisi.

La metodologia MASW prende in esame le onde di Rayleigh e/o Love, che presentano dispersione nei mezzi stratificati; in altre parole, onde con differente lunghezza d'onda si propagano con diverse velocità di fase e di gruppo (*Achenbach, J. D., 1999, Aki, K. and Richards, P. G., 1980*).

La tecnica presenta sicuramente alcuni vantaggi, come quello di lavorare con onde di superficie, maggiormente energetiche rispetto alle onde di volume e l'utilizzo di una sorgente attiva che permette di aumentare il rapporto segnale/rumore. Oltre a quanto sopra espresso, si possono sicuramente considerare tra i vantaggi i tempi di esecuzione ridotti, la non invasività del metodo e l'utilizzo di attrezzature di dimensioni limitate.

La tecnica non è altresì esente da limitazioni; i fondamenti teorici su cui il metodo è basato si riferiscono a una condizione di lavoro che va ad interessare un semispazio stratificato, con strati paralleli ed orizzontali; la presenza di strati con inclinazioni eccessive (superiori a circa 20°) richiede sicuramente un'attenzione particolare, generando un maggior grado di incertezza nei risultati finali.

Dalle indagini MASW è possibile ricavare, mediante un procedimento di inversione della curva di dispersione sperimentale, le velocità delle onde di taglio V_s dei litotipi attraversati.

Tale parametro viene utilizzato nei metodi semplificati proposti dalle N.T.C. 2008 per la determinazione delle categorie di sottosuolo e quindi per una stima degli “*effetti di sito*” (amplificazione sismica locale).

In generale vi è una relazione di proporzionalità tra il valore delle onde di taglio e la rigidità del terreno: terreni rigidi sono caratterizzati da valori elevati delle V_s , mentre i terreni soffici da valori bassi.

Le indagini svolte hanno consentito di ricostruire un quadro abbastanza preciso dei range di variabilità delle onde di taglio per i vari litotipi interessati.

Qui di seguito si riporta una tabella riepilogativa [valori indicativi].

TABELLA 1

DESCRIZIONE LITOTIPO	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO [Vs m/s]
limi, sabbie fini, sabbie limose/dep. della copertura ³ [ML]	120 - 200
sabbie, sabbie ghiaiose/dep. della copertura [SM, SW]	200 - 280
ghiaie, miscela di ghiaie e sabbie/dep. della copertura [GW]	300 - 500
argille alterate e fratturate di media consist./substrato alter. [NRS]	180 - 260
argille consistenti/substrato [NRS]	260 - 470
sabbie/parte alterata del substrato [NRS]	280 - 350
arenarie e conglomerati di tetto/substrato [NRS] ⁴	500 - 700

Si osservi l'ampia variabilità dei valori relativi alle argille del substrato essa è in relazione al grado sovraconsolidazione che ha subito il deposito.

In quanto alle arenarie e conglomerati di tetto, il grado di cementazione del deposito determina maggiori o minori velocità.

7.2.2 Indagini sismiche a stazione singola HVSR

La tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) è una procedura rapida, assolutamente non invasiva, applicabile ovunque e senza la necessità di perforazioni o lunghi stendimenti, che consente lo studio di possibili frequenze d'interesse del sito.

L'indagine è contraddistinta dall'assenza di sorgenti impulsive artificiali, andando a registrare i rumori ambientali (microtremori), sempre presenti in natura, in quanto generati da fenomeni quali onde, vento e attività antropiche.

La tecnica utilizzata è basata sui rapporti spettrali o HVSR [Horizontal to Vertical Spectra Ratio]. Essa è totalmente non invasiva, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque⁵. In altre parole la tecnica utilizza il rumore sismico di fondo come funzione di eccitazione.

I risultati delle registrazioni sono utilizzati per determinare la **frequenza caratteristica di risonanza del sito**. Questa rappresenta un parametro fondamentale per la progettazione di edifici in

³ Nei depositi della copertura sono annoverati anche i depositi costieri.

⁴ Per la caratterizzazione sismostratigrafica di questo litotipo, ci si è avvalsi anche di altri dati registrati nei comuni di Monterubbiano, Moresco e Lapedona, in successioni stratigrafiche analoghe a quelle di Fermo.

⁵ Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici [onde oceaniche, vento], dall'attività antropica oltre e dai processi legati alla dinamica terrestre. Esso è conosciuto anche come -microtremore- poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

termini di risposta sismica locale; i progettisti, infatti, devono adottare adeguate precauzioni onde evitare che la frequenza di risonanza dell'edificio da progettare sia prossima a quella del terreno.

Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella degli edifici, si produce una notevole amplificazione delle onde sismiche, inducendo sollecitazioni sulle strutture con grande potere distruttivo [**fenomeno della doppia risonanza**].

Ogni sito può generare più di una risonanza e non esiste una risonanza fondamentale in assoluto. La vulnerabilità sismica non è necessariamente data dal picco H/V più ampio ma dal picco la cui frequenza è più prossima a quella dell'edificato e/o dell'edificio da realizzare.

Infine le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono anche di stimare le V_{s30} [velocità delle onde di taglio nei primi trenta metri di sottosuolo], parametro la cui determinazione è richiesta dalla normativa sismica vigente [D.M. 14.01.2008]. Le curve H/V, in presenza di un vincolo noto in modo indipendente (profondità di un riflettore o V_s del primo strato) è data dalla formula:

$$f_r = \frac{V_s I}{4H}$$

nota la profondità del vincolo [H] e la frequenza [misurata], si ottiene la velocità delle onde di taglio relativa al primo strato. In realtà, in un sistema multistrato, la curva H/V contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza [e quindi allo spessore] di ciascuno di essi.

Effettuando il fitting della curva sperimentale con una curva teorica, ricostruita per tentativi, [inserendo nel programma, di volta in volta, lo spessore del sismostrato e la sua velocità] si ottiene il valore di V_{s30} . È necessario precisare che l'utilizzazione della tecnica HVSR per la determinazione della categoria di sottosuolo è gravata da numerose variabili; a nostro giudizio è preferibile che l'utilizzo in tal senso sia limitato a piccoli interventi edilizi, mentre è auspicabile l'uso come tecnica d'indagine limitatamente alla registrazione delle frequenze di risonanza dei siti [nonché degli edifici].

7.2.2.1 Analisi dei dati HVSR

Dall'analisi delle curve H/V relative alle registrazioni eseguite, si evince che nel sottosuolo del territorio di Fermo non sono presenti importanti contrasti d'impedenza capaci di generare picchi significativi. Molte delle curve acquisite hanno un andamento piatto o comunque indicanti modesti picchi che nella curva H/V non arrivano a 2; curve di questo tipo sono indicative di nessuna amplificazione sismica alle frequenze considerate [che sono quelle di interesse ingegneristico: 0.5-10 Hz].

Le registrazioni di maggiore interesse sono:

TABELLA 2

identificativo registrazione	località	frequenze caratteristiche	ampiezza picco/i
Tr2	centro abitato – palestra Coni	2.28/3.40Hz	2.80/2.40
Tr4	centro abitato – Scuola L.Da Vinci	1.81Hz	2.90
Tr7	centro abitato – Scuola L.Da Vinci	4.03Hz	3.80
Tr11	centro abitato – piazza del Montarone	1.78Hz	3.00
Tr17	c.da Salette	3.94Hz	3.20
Tr19	c.da Reputolo	4.31Hz	3.55
Tr21	c.da Moie	2.00Hz	3.80
Tr23	via D'Acquisto	2.13Hz	2.86
Tr42	c.da Santa Petronilla	3.41Hz	3.15
Tr43	c.da Mossa	3.75Hz	3.69
Tr52	c.da San Girolamo	1.97Hz	3.90
Tr53	c.da San Girolamo	1.40/3.59Hz	3.00/3.41
Tr54	c.da San Girolamo	1.53Hz	3.67
Tr64	c.da San Michele	1.81Hz	4.22
Tr71	c.da Castagna	2.19/7.30	2.69/2.20
Tr73	c.da San Pietro Orgiano	3.31	2.96

Dall'analisi dei dati si evince, laddove vi sono frequenze significative indicative dell'esistenza di un contrasto d'impedenza, vi è una certa ricorrenza di frequenze nel range 2-4Hz. Quella più bassa è generalmente in relazione alla presenza di corpi più duri all'interno delle argille marine, ad una profondità di 30-33m. Le frequenze più alte sono spesso legate al contrasto d'impedenza tra i depositi della copertura e quelli del substrato, a 13-15m di profondità.

8 – CARTA DELLE INDAGINI

La Carta delle Indagini, redatta su base cartografica in scala 1:10.000, riporta l'ubicazione e l'indicazione delle varie indagini reperite [ed eseguite] ritenute più significative per le finalità degli studi in questione.

Complessivamente i dati raccolti hanno consentito di disporre di un totale di 529 dati puntuali e 14 dati lineari, così suddivisi e rappresentati, secondo quanto previsto dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 2.0 beta-II) forniti dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica:

TABELLA 3

TIPO DI INDAGINE	SIGLA	QUANTITA'
Sondaggio a carotaggio continuo	S	93
Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato	SDS	2
Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato	SS	273
Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni	SC	11
Prova penetrometrica statica	CPT	10
Prova penetrometrica dinamica pesante	SPT	26
Prova penetrometrica statica con punta elettrica	CPTe	5
Prova penetrometrica dinamica leggera	DL	33
Stazione microtremore a stazione singola	HVSR	74
Prova sismica in foro Down-hole	DH	2
MASW	MW	14

Tali dati sono archiviati in formato PDF nella cartella Indagini/Documenti, consultabile nel database della Banca Dati per la Microzonazione Sismica allegato al presente studio (CD).

8.1 Informatizzazione dei dati

Tutti i dati raccolti sono stati informatizzati tramite il software SoftMS fornito direttamente dal sito della Protezione Civile Nazionale. L'inserimento e lo studio dei dati raccolti si è concluso con l'esportazione del file Access riferito al Comune di Fermo all'interno del quale sono stati catalogati, secondo gli Standard di archiviazione informatica, i dati raccolti che costituiscono la base di partenza per la realizzazione della Carta delle Indagini.

9 – CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Sulla base delle cartografie disponibili (PRG Comunale, PAI, CARG ecc.) e delle indagini geognostiche reperite [ed eseguite], è stata realizzata la **Carta Geologico-tecnica** in scala 1:10.000 e relative n. 7 sezioni geologiche in scala 1:5000 che evidenziano i rapporti geologico-stratigrafici e l'assetto strutturale.

In tale carta sono state distinte le unità relative alla copertura quaternaria e quelle inerenti il substrato, secondo il criterio dello **spessore minimo pari a tre metri** per la rappresentazione delle coperture [Standard Microzonazione].

Sono state inoltre riportate le giaciture degli strati, le principali forme e processi geomorfologici, utili per l'identificazione di zone suscettibili di instabilità ed amplificazione (aree in frana e loro stato di attività, scarpate morfologiche, creste).

Per quanto riguarda i *fenomeni di instabilità di versante* sono stati riportati nelle cartografie i dissesti di versante, seguendo generalmente in maniera fedele i limiti delle cartografie PAI e IFFI, opportunamente messi a confronto con la carta geomorfologica del P.R.G. e con dati relativi ai rilievi aggiornati. Dai rilievi di campagna sono state riscontrate delle difformità. In generale si è cercato di salvaguardare gli ambiti previsti dal P.A.I. della Regione Marche, in considerazione principalmente del suo valore vincolistico con associata relativa normativa. Tuttavia in alcuni casi sono state effettuate correzioni in senso conservativo, ovvero ampliando l'area in dissesto.

Come già detto nel capitolo 4 [Geomorfologia], per quanto riguarda i fenomeni di *deformazioni plastiche*, assai diffuse sui versanti collinari argillosi del territorio di Fermo, gli scriventi ritengono tali fenomeni non trascurabili. Pertanto essi sono stati cartografati come “*colate quiescenti*”, ovvero una tipologia di fenomeno prevista dagli Standard e con un grado di pericolosità compatibile con quello assegnato alle *D.P.* Nel Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche.

Infine, sono state indicate le *indagini geognostiche* (sondaggi), differenziandole nel seguente modo:

- **sondaggio che ha raggiunto il substrato** (in verde) e relativa profondità del substrato in metri dal piano campagna;
- **sondaggio che non ha raggiunto il substrato** (in rosso) e relativa profondità del sondaggio in metri dal piano campagna.

Per la realizzazione della Carta Geologico-tecnica sono stati compilati, i seguenti shapefiles: **Elineari, Geoidr, Geotec, Ind_In, Ind_pu, Instab**. Per quanto riguarda la struttura degli shapefiles, i codici, la simbologia e colori adottati nella carta ci si è basati secondo quanto previsto dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 2.0 Beta-II)”, approvati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell’OPCM 13 novembre 2010, n.3907).

Qui di seguito sono illustrate le unità geologico-tecniche riconosciute e cartografate.

UNITÀ DELLA COPERTURA

Sono state cartografate le unità della copertura con spessore > di 3,00 m.

- **Ambiente di versante** ⇒ **coltri colluviali** (*età: Olocene-Pleistocene superiore*): Rappresentano il

prodotto dell'alterazione e disgregazione dei litotipi in posto ad opera degli agenti elementari di degradazione meteorica, mobilizzati dalla gravità e dalle acque di dilavamento dei versanti. La loro tessitura è strettamente in relazione con le rocce di provenienza.

MLec – Limi inorganici, sabbie fini limose e limi argillosi. Tale litotipo è costituito principalmente da sedimenti limoso-argillosi e limoso-sabbiosi. Si rinvengono lungo le pendici collinari e sugli impluvi collinari.

SMec – sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Si rinvengono nell'area di Torre di Palme, lungo la pendice collinare, come frutto della disgregazione e alterazione delle arenarie di tetto.

GMec – Ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo. Si rinvengono nell'area di Torre di Palme, lungo la pendice collinare, come frutto della disgregazione e alterazione dei depositi di tetto [arenarie e ghiaie di tetto].

- **Ambiente fluvio-lacustre** ⇒ **depositi alluvionali terrazzati, attuali e recenti** (*età: Olocene-Pleistocene superiore*) costituiscono i depositi di fondovalle dei principali corsi d'acqua; sulla base delle indagini reperite sono stati individuati e cartografati due litotipi principali, uno prevalentemente sabbioso-limoso e l'altro ghiaioso-sabbioso.

MLtf – Limi inorganici, sabbie fini limose. Tale litotipo è costituito principalmente da sedimenti limoso-sabbiosi e da sabbie limose. Si rinvengono nella piana alluvionale del fiume Ete Vivo, e nella porzione distale della piana alluvionale del Tenna.

MLca – Limi inorganici, sabbie fini limose. Tale litotipo è costituito principalmente da sedimenti limoso-sabbiosi e da sabbie limose. Si rinvengono sotto l'abitato di Torre di Palme all'uscita di due valli sulla pianura costiera [Olocene].

Gwtf – Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia. Rappresentano le ghiaie fluviali delle alluvioni del fiume Tenna. Nelle alluvioni del fiume Ete Vivo sono presenti in subordine come intercalazioni nella successione limoso-sabbiosa, e comunque mai in affioramento.

- **Ambiente costiero** ⇒ **depositi di spiaggia** (*età: Olocene*):

SWsp – Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Sono sedimenti di ambiente di spiaggia affioranti nella fascia costiera nord [Lido di Fermo e parte di Casabianca].

Gwtm - Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia. Si rinvengono nella piana costiera antistante la falesia di Torre di Palme. Essi rappresentano il

frutto dello smantellamento dei depositi di tetto, e loro rielaborazione in ambiente marino costiero.

UNITÀ DEL SUBSTRATO

Nell'area di Fermo, come in tutto il Bacino Periadriatico Plio-Pleistocenico, il substrato marino non è un substrato rigido così come è inteso nelle NTC 2008 [$^6V_s > 800\text{m/s}$]. Le numerose prove MASW eseguite e reperite [vedi tabella 1 pag.13], indicano valori della velocità molto variabili, con una media intorno a 350-400m/s. Si hanno valori anche intorno a 200m/s per la parte alterata e fratturata delle argille marine, mentre i valori più alti si ottengono in corrispondenza delle arenarie e conglomerati di tetto [500-700m/s]. In merito a quest'ultima unità disponiamo anche di indagini MASW eseguite nei comuni vicini di Lapedona, Moresco e Monterubbiano, che forniscono risultati in linea con quanto detto.

NRS – Substrato geologico non rigido stratificato. Argille prevalenti, argille sabbiose, sabbie-argillose, arenarie e conglomerati di tetto.



Foto 3 – Arenarie di tetto presso la Località Torre di Palme. Sono tipici depositi di spiaggia. A più grande scala è ben riconoscibile la stratificazione cuneiforme.

⁶ V_s = velocità onde di taglio.



Foto 4 – Argille sabbiose [associazione pelitico-arenacea], presso la Località Santa Petronilla. Sono tipici depositi di ambiente di transizione alla spiaggia, indicanti oscillazioni del livello marino [sopra tale unità si rinvergono nuovamente argille di off-shore].



Foto 5 – Argille stratificate [associazione pelitica]; località: ampliamento dell'Istituto Scolastico Ragioneria, Viale Trento [centro urbano]. Sono tipici depositi di off-shore.

10- CARTE DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)*, costituisce l'elaborato di sintesi del presente lavoro. Tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche idrogeologiche, litotecniche, geotecniche, geofisiche), sono derivate dalle varie carte redatte, sono state assemblate per la definizione del modello di sottosuolo e, infine, per la suddivisione del territorio investigato in zone omogenee aventi la stessa risposta sismica locale. Come è noto, in occorrenza di eventi sismici, a parità di input sismico, due aree possono manifestare differenti amplificazioni del moto del suolo come effetto dell'assetto stratigrafico e morfologico locale.

Lo studio di microzonazione sismica di 1° livello è propedeutico per futuri approfondimenti [studi di 2° e 3° livello].

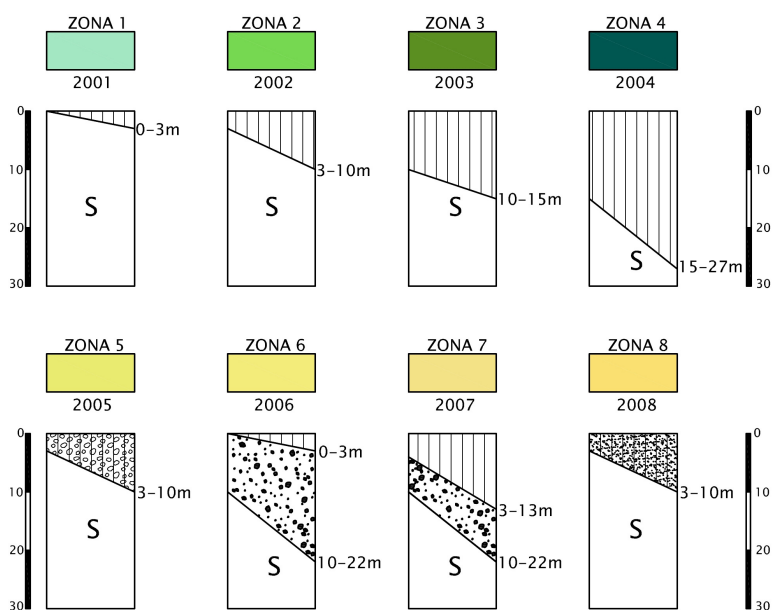
In funzione delle informazioni di base acquisite, nella carta delle MOPS, sono state distinte due tipologie di zone:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale;
- **Zone suscettibili di instabilità**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti portano a deformazioni permanenti nel territorio.

Con dei simboli sono state, invece, evidenziate forme di superficie, predisponenti amplificazioni e instabilità sismiche, quali:

- orlo di scarpata morfologica $h=10-20$ m e $h> 20$ m;
- cresta.

Per la realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, sono stati compilati, i seguenti shapefiles: **Elineari**, **Forme**, **Ind_pu**, **Instab**, **Stab**. Per quanto riguarda la struttura degli shapefiles, i codici, la simbologia e colori adottati nella carta ci si è basati secondo quanto previsto dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 2.0 Beta-II)”, approvati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell’OPCM 13 novembre 2010, n.3907).



Zone suscettibili di instabilità

instabilità di versante attiva



instabilità di versante quiescente



aree potenzialmente liquefacibili



Forme di superficie

orlo di scarpata morfologica [10-20 m]



orlo di scarpata morfologica [>20m]



cresta



Litologia dei terreni di copertura

ghiaie pulite con granulometria ben assortita



ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo



sabbie limose, miscela di sabbia e limo



limi inorganici, sabbie fini limose, limi argillosi



Litologia dei terreni del substrato geologico non rigido

argille, argille sabbiose, sabbie argillose, arenarie e conglomerati di tetto



Fig. 2 - Legenda delle MOPS

11 – SINTESI DEI RISULTATI

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) costituisce l'elaborato di sintesi dell'intero studio.

In essa sono state riportate le seguenti classi:

- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
- Zone suscettibili di instabilità
- Punti di misura di rumore ambientale.
- Forme di superficie

È opportuno ribadire che nell'area investigata non è presente un substrato rigido, ovvero con velocità delle $V_s > 800 \text{ m/s}$ [vedi paragrafo 7.2.1 e tabella 1] e che pertanto, anche le aree ove affiora il substrato [non rigido] sono soggette ad amplificazioni sismiche. Il risultato di questa condizione è l'assenza di aree perfettamente stabili, ovvero esenti da amplificazioni sismiche.

11.1 - Zone stabili suscettibili di amplificazione locale

Sono state distinte n° 8 classi per le zone stabili suscettibili di amplificazione locale [zone da 1 a 8] delle quali:

- n.1 relativa al substrato non rigido stratificato con spessore delle coperture $H < 3 \text{ m}$;
- n° 7 riguardano schemi stratigrafici coperture ($h > 3 \text{ m}$)-substrato non rigido stratificato; esse sono state distinte sulla base della tessitura e degli spessori dei depositi della copertura quaternaria.

Tra le zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche, approfondimenti [studi microzonazione sismica di livello superiore] dovrebbero riguardare il centro storico, causa l'elevata vulnerabilità sismica degli edifici presenti.

11.2 - Zone suscettibili di instabilità

Tali zone sono legate principalmente alla instabilità di versante legata a fenomeni gravitativi attivi e quiescenti. Inoltre sono state classificate come aree potenzialmente liquefacibili quelle ove concorrono le condizioni previste dalle NTC, individuate sulla base delle locali caratteristiche litologico-tessiturali e idrogeologiche.

Le aree legate a **fenomeni gravitativi** ricalcano le zone individuate come aree in frana nella carta geologico-tecnica, caratterizzate da un diverso grado di attività.

Alcuni dissesti interessano il centro urbano. **In particolare si ritiene necessario approfondire le conoscenze con studi di microzonazione sismica di livello superiore, dei seguenti dissesti per frana:**

- **La frana di fosso Reputolo**, una frana complessa per larga parte attiva, ancorché con velocità basse; sono coinvolti diversi fabbricati nella porzione apicale, che hanno subito negli anni danni con importanti dissesti strutturali.
- **La frana sotto viale della Carriera**, anch'essa attiva con basse velocità. Vi sono diversi edifici coinvolti. Inoltre nelle vicinanze vi è un edificio scolastico, la scuola media Leonardo Da Vinci, che ancorché in posizione esterna all'area in dissesto, mostra i segni di un possibile coinvolgimento [necessari approfondimenti e monitoraggi]. L'edificio presenta lesioni sulle strutture e un'anomala inclinazione del corridoio del II° piano. Inoltre nell'area circostante l'edificio le indagini HVSR svolte hanno mostrato picchi mediamente significativi in un range di frequenze compreso tra 2-4Hz, indicanti possibili amplificazioni sismiche significative alle dette frequenze.

Le **aree potenzialmente liquefacibili** sono quelle caratterizzate da un sottosuolo costituito da sabbie fini e limi sabbiosi poco addensati, ovvero rientranti nel fuso granulometrico di cui al punto 7.11.3.4.2 delle NTC 2008, immersi in falda.

Si riporta qui di seguito uno stralcio delle condizioni previste dalle NTC, secondo le quali la verifica a liquefazione può essere omessa [in una progettazione geotecnica] quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

- *eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;*
- *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.10g;*
- *profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
- *depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche*

dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.

- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

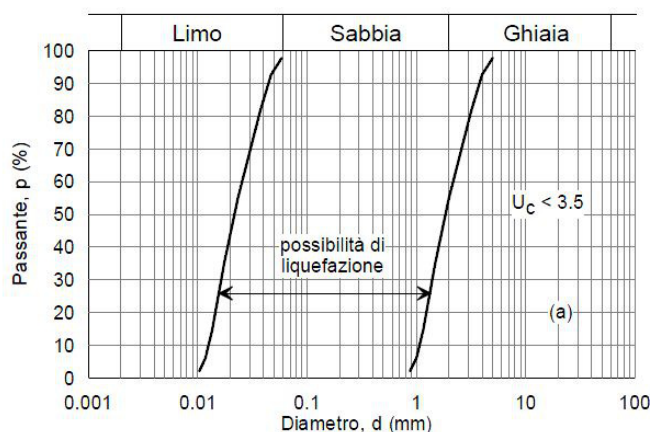


figura 7.11.1(a)

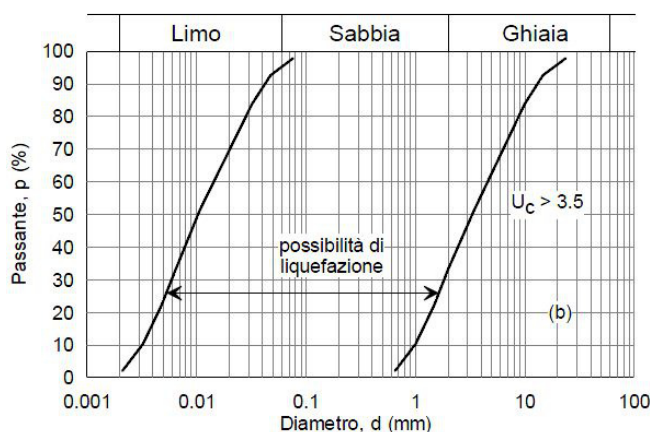


figura 7.11.1(b)

Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Sono state riconosciute aree potenzialmente liquefacibili nella pianura alluvionale del fiume Ete Vivo, nella fascia costiera in zona Lido di Fermo, ed in alcune porzioni della piana alluvionale del fiume Tenna. Tali aree, perlomeno quelle più densamente abitate e/o con un patrimonio edilizio datato e vulnerabile, dovrebbero essere oggetto di approfondimenti per mezzo di studi di microzonazione sismica di livello superiore.

12 – STRUTTURA DEL DATABASE

La carta delle indagini del Comune di Fermo fornisce informazioni sulle indagini geognostiche e geofisiche effettuate all'interno del territorio comunale. Tali indagini sono state reperite dalle relazioni geologiche che ci sono state messe a disposizione dall'Ufficio Tecnico del Comune, e dalla banca dati dello scrivente [alcune indagini, come meglio specificato in precedenza, sono state eseguite ex-novo]. La carta in questione non è soltanto un documento grafico per indicare l'ubicazione delle indagini; ad essa è infatti associata una banca dati dalla quale possono essere estrapolate le informazioni a carattere geologico e geofisico associate ad ogni singola indagine puntuale.

Il database in questione è un database di Access, che è stato agganciato alla cartografia in esame per mezzo di un software G.I.S. Come da direttive, il database è stato scaricato dal sito della Protezione Civile; il file è già strutturato nella sua architettura, di conseguenza è stato svolto soltanto un lavoro di immissione dati.

Così come previsto dagli *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica* l'inserimento dei dati relativi alle indagini è stato eseguito per mezzo del software "Soft MS versione 1.0" messo a disposizione dalla Protezione Civile.

Per le diverse tipologie di indagini, le tabelle per l'introduzione dei dati sono le seguenti.

- ***“Sito Puntuale”***;
- ***“Indagini Puntuali”***;
- ***“Sito lineare”***;
- ***“Parametri Puntuali”***;
- ***“Indagini lineari”***.

La prima tabella ***“Sito Puntuale”*** è destinata ad archiviare i parametri da georeferenziare dei siti di indagine; con tale tabella si definisce il punto sulla superficie topografica in corrispondenza del quale è stata effettuata l'indagine. Quindi vengono immessi dati come **località** del sito (Provincia, Comune, ecc...), **ubicazione** (coordinate geografiche in un S.R. WGS84), **quota altimetrica** e **base cartografica** utilizzata per la rappresentazione grafica.

Nella tabella ***“Indagini Puntuali”*** vengono descritte le tipologie di indagini eseguite in uno specifico sito puntuale; oltre alla tipologia e agli elementi che concorrono a definire la quota a cui è stata eseguita l'indagine, vengono archiviate le informazioni necessarie alla sua tracciabilità, anche

attraverso il collegamento esterno alla documentazione originaria.

Nella tabella “*Parametri Puntuali*” sono stati archiviati i parametri associati alle prove descritte nella tabella “Indagini Puntuali”; è possibile archiviare parametri che sono stati misurati in modo **diretto**, come profondità e spessori delle litologie, e **derivati**, come i parametri geomeccanici dei materiali sottoposti a eventuali prove di laboratorio o prove SPT.

Nella tabella “*Sito Lineare*” vengono archiviati i tracciati lungo i quali sono state svolte le indagini di tipo Lineare. Per i dettagli vale quanto già detto per la tabella “Sito puntuale”.

Nella tabella “*Indagini Lineari*” vengono descritte le tipologie di indagini eseguite in uno specifico sito lineare [ad esempio MASW]; oltre alla tipologia e agli elementi che concorrono a definire la quota a cui è stata eseguita l’indagine, vengono archiviate le informazioni necessarie alla sua tracciabilità, anche attraverso il collegamento esterno alla documentazione originaria.

Il database così compilato è stato agganciato agli shapefiles puntuali e lineari (**Ind_pu** e **Ind_In**) che indicano nella Carta delle Indagini la posizione e il tipo di prova in sito.

12.1 - Struttura di archiviazione dei file

La struttura di archiviazione dei file funzionali allo studio di microzonazione sismica prodotto e archiviati in cartelle, salvate nel supporto informatizzato allegato al presente studio, è la seguente:

- Fermo_S20

1. appoggio
2. BasiDati
 - Comuni
 - regioni
1. CLE
2. GeoTec
3. Indagini
 - Documenti
4. MS1
5. MS2
6. MS3
7. Plot
8. Progetti
9. Vestiture

Nome Cartella	Descrizione sintetica dei contenuti
Fermo_S20	Cartella principale contenente tutte le cartelle funzionali allo studio di microzonazione sismica prodotto.
<i>appoggio</i>	Cartella contenente file ausiliari per la rappresentazione cartografica (shape Join_Output.shp e Join_Output2.shp x etichette esplicative sfondo.shp x sfondo comuni limitrofi nome_sezioni.shp x etichette nome sezioni)
BasiDati	Cartella contenente le carte di base utilizzate in formato vettoriale e georeferenziate. <ul style="list-style-type: none"> ● Comuni: cartella contenente gli shapefile Comuni2011 (shapefile fornito dalla Protezione Civile con i confini comunali dell'intero territorio nazionale) e marche2011 (shapefile con i soli comuni marchigiani); ● regioni: cartella contenente shapefile reg2011_g.shp con le regioni italiane) ● Shapefile e file di layer (.lyr) dei raster utilizzati come base topografica, limite area di. analisi
GeoTec	Cartella contenente <ul style="list-style-type: none"> ● gli <i>shapefile</i> e i <i>file layer</i> riferiti ad elementi geologici e idrogeologici: <ul style="list-style-type: none"> ○ Elineari; ○ Geoidr; ○ Geotec.
Indagini	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> ● gli <i>shapefile</i> e i <i>file di layer</i> delle indagini: <ul style="list-style-type: none"> ● Ind_pu; ● Ind_In; ● il database di Access nominato "CdI_Tabelle_109006.mdb" con le tabelle per l'archiviazione delle indagini utilizzato attraverso una "OLE DB connection"; ● la cartella Documenti con archiviati i documenti pdf delle Indagini_puntuali e delle Indagini_lineari.
MSI	Contiene i seguenti <i>shapefile</i> e <i>file di layer</i> : <ul style="list-style-type: none"> ● Instab; ● Instab_micro; (impiegato nella Carta delle MOPS) ● Stab;
Plot	Cartella nella quale sono inseriti i file di stampa (PDF) degli elaborati prodotti: <ul style="list-style-type: none"> ● Relazione illustrativa; ● Carta delle indagini (in Scala 1:10.000 – n.1 tavola); ● Carta geologico tecnica (in Scala 1:10.000 – n.1 tavola); ● Sezioni geologiche (in Scala 1:5000 – n.1 tavola); ● Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (in Scala 1:10.000 – n.1 tavola)

Progetti	Sono contenuti i progetti utilizzati per realizzare le varie carte, in particolare: <ul style="list-style-type: none">● nella cartella sono presenti i seguenti progetti realizzati per ArcMAP 10:● Carta_delle_indagini.mxd;● Carta_geologico_tecnica.mxd;● Carta_microzone.mxd● testata.mxd (per produzione testate tavole)
Vestiture	Cartella per le vestiture realizzate (librerie e simboli). Sono inoltre presenti i loghi della Conferenza delle regioni delle Province Autonome, del Dipartimento della Protezione Civile, della Regione Marche, del Comune di Fermo, del Dipartimento di Protezione Civile Regionale Marche, dell'ANCI e dell'Ordine dei Geologi Marche utilizzati per il <i>layout</i> delle carte prodotte. File raster vari (png) utilizzati come testate e nelle legende.

Dott. Geol. Andrea Ambrogì

Dott. Geol. Paolo Boldrini

Collaboratori:

Dott. Geol. Francesco Bassano

Dott. Geol. Andrea Alessandrini

13 – BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1986)
La geologia delle Marche
Studi Geologici Camerti - Numero Speciale
Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Camerino

- AA.VV. (1991)
L'ambiente fisico delle Marche (Geologia-Geomorfologia-Idrogeologia)
Regione Marche - Giunta Regionale - Assessorato Urbanistica e Ambiente

- Centamore E. et Alii (1971)
Contributo alla conoscenza del Giurassico dell'Appennino Umbro-marchigiano
Studi Geologici Camerti - Volume I, 1971
Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Camerino

- Calamita F. (1990)
Thrusts and fold-related structures in the Umbria-Marche Appennines (Central Italy)
Annales Tectonicae - Vol. IV

- Dramis F. (1984)
Aspetti geomorfologici e fattori genetici delle Deformazioni Gravitative Profonde
Bollettino Società Geologica Italiana - 103

- Calamita F. (1986)
I back-thrusts sul fronte montuoso dell'Appennino Umbro-Marchigiano
Memorie Società Geologica Italiana - 35; 1986

- Calamita F. e Deiana G. (1986)
Geodinamica dell'Appennino Umbro-Marchigiano
Memorie Società Geologica Italiana - 35; 1986

- Pieruccini U. (1988)
Le Deformazioni Gravitative Profonde
in "La gestione delle aree franose" a cura di Canuti P. e Pranzini E.
Edizioni delle Autonomie n° 28; 1988 - Roma

- Bisci C. e Dramis F. (1991)
Il concetto di attività in geomorfologia: problemi e metodi di valutazione
Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria - 14; 1991

- Ambrogi A. e Ioiò S. (1997, 2005)
Indagini geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche per il P.R.G. Del comune di Fermo

La presente relazione è composta da n.30 pagg.