



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



**CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME**

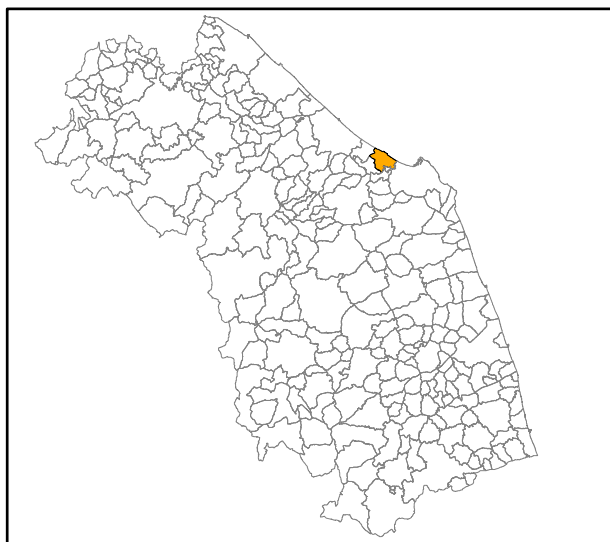
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77
 OCDPC 344/2016

PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO - ANNUALITA' 2015

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Marche Comune di Falconara Marittima



Regione



**Soggetto realizzatore
 A.T.P.**

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
 Dott. Geol. Gigliola Alessandroni
 Via Piave n.70 - 60019 Senigallia (AN)
 Tel./Fax 071-64894
 cell. 368-3823833
 Dott. Geol. Angelo Curatolo
 Via Selva n.132
 Monte San Vito (AN)
 Cell. 328-0282743

Collaboratore

Dott. Geol. Celli Leonardo

Data

Novembre 2018

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	11
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	21
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	26
4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	27
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA	28
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	31
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	36
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	37
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	42
8.1 CARTA DELLE INDAGINI.....	42
8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	44
8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	47
8.4 CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI	57
8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA	60
8.6 COMMENTI FINALI E CRITICITA'	63
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI.....	64
10 BIBLIOGRAFIA.....	65
11 ALLEGATI	

1. INTRODUZIONE

A seguito d'incarico conferito dall'Amministrazione Comunale di Falconara Marittima (AN) e per essa dal Dirigente del 3° Settore "Gestione Governo Valorizzazione del Territorio e delle Infrastrutture", con determinazione n.473 del 24.04.2018 e successivo disciplinare d'incarico Rep. n.4552 dello 02.05.2018, l'ATP (costituita con atto notarile Rep. N.8732426855 del 26.04.2018) composta dai geologi Gigliola Alessandroni e Angelo Curatolo, ha redatto gli studi e indagini di Microzonazione Sismica di livello 2, relativamente al territorio comunale, con la collaborazione del Geol. Leonardo Celli, iscritto da meno di 5 anni all'albo professionale.

Lo studio si è articolato coerentemente e in ottemperanza al quadro normativo primario di riferimento, recepito e disciplinato da successivi atti e disposizioni del Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza e per la Protezione Civile della Regione Marche:

- *O.C.D.P.C. n.344 del 09.05.2016 "Attuazione dell'art.11 del decreto-legge 28 aprile 2009 n.39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n.77, in materia di contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico"*
- *D.G.R.M. 1470 del 23.10.2012 "O.P.C.M. n.4007/12. Effettuazione delle indagini di microzonazione sismica e di condizioni limite per l'emergenza-Criteri per l'individuazione delle priorità di esecuzione delle indagini"*

- *Decreto Dirigente Dipartimento del Servizio per la Protezione Civile n.20 del 26 febbraio 2016 “O.C.D.P.C. n.344/2016 – Approvazione schema disciplinari d’incarico e impegno di spesa – annualità 2018”*

Le indagini, in ottemperanza alla normativa di riferimento e al suddetto disciplinare, sono state effettuate secondo gli *”Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (I.C.M.S. 2008 e successivi aggiornamenti)*, studi e/o linee guida per gli specifici tematismi redatte dai gruppi di lavori del Dipartimento Nazionale della Protezione Civile e restituite secondo gli *“Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.0b”*.

Lo studio di MS di livello 2 ha come obiettivo di compensare alcune incertezze del livello 1 con approfondimenti conoscitivi e di fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi) dei fenomeni di amplificazione del moto sismico atteso, indotti dalla configurazione sismostratigrafica locale e/o effetti legati alla morfologia superficiale, rappresentati dal cosiddetto fattore di amplificazione (FA).

Attraverso indagini e confronti con i risultati del livello 1, si giunge alla realizzazione di una carta di MS, nella quale le zone a comportamento omogeneo sono caratterizzate da un fattore di amplificazione, descrittivo degli effetti attesi di amplificazione della zona.

Lo studio di livello 1, redatto nel 2013 dall’ATP formata dai geologi Massimo Mosca, Mariano Tesei e Mirco Moreschi, ha messo a disposizione un discreto database d’indagini geognostiche e geofisiche pregresse.

I dati acquisiti sono stati integrati nel livello 2 con una campagna d'indagini geofisiche, nel rispetto dei dettami del disciplinare, mediante misure sismiche in onde superficiali (MASWe HVSR), per la verifica delle frequenze naturali associabili alle MOPS già definite nel livello 1 e con l'obiettivo di quantificare gli aspetti dei fattori di amplificazione in pseudo-accelerazione, relativi a prefissati intervalli di periodi.

Lo studio di MS2 si è sviluppato all'interno del perimetro di maggior urbanizzazione del territorio, concentrando l'approfondimento d'indagine in aree indicate dall'Amministrazione Comunale, con successivo atto del luglio 2018, nel quadro delle previsioni urbanistiche riguardanti alcune zone passibili di nuova edificazione/riqualificazione e di protezione civile.

L'area perimetrata, pari a circa 13,60 Km², si sviluppa prevalentemente lungo la valle dell'Esino e la fascia litoranea (parte del Capoluogo, le frazioni di Castelferretti, Fiumesino, Rocca Priora, Marina di Rocca Priora), ma ricomprende anche la porzione collinare del Capoluogo (Falconara Alta).

Gli areali da approfondire, rappresentati nella Figure 1 ÷ 1.6 ed elencati nella Tabella 1, sono riferiti alla simbologia delle MOPS di livello 1 e standard 2.0 (Annualità 2011), successivamente aggiornata agli standard 4.0b (Annualità 2015), omettendo di indagare la MOPS 2007, ex MOPS 2008, in quanto coincidente esclusivamente con l'area di ex discarica.

Il comune di Falconara Marittima, con una superficie territoriale di 25,82 Km² e una popolazione che raggiunge 26.063 abitanti (01/01/2018-Istat), si affaccia sul mare Adriatico e confina con i comuni di Camerata Picena, Chiaravalle,

Montemarciano e Ancona; ha coordinate geografiche $43^{\circ}37'27,12''$ N, $13^{\circ}24'14,40''$ E – $43,6242^{\circ}$ N, $13,4040^{\circ}$ E e topograficamente è rappresentato nella Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 alle Sezioni 281160 Montemarciano, 282090 Marina di Montemarciano, 282140 Palombina Nuova e 293010 Camerata Picena.



Figura 1 – Planimetria generale con ubicazione degli areali

Areale	MOPS livello 1 Standard 2.0	MOPS livello 1 Standard 4.0b
Area lungo Via Pergoli-lato monte-di fronte all'ex Preventorio (zto "C" di espansione)	2001	2099
Area lungo Via Marconi-lato monte-(zto "C" di espansione)	2002	2001
Area impianti sportivi comunali-zona stadio-(zto "F" attrezzature e impianti di interesse generale)	2003	2002
Area APU1 lungo Via del Consorzio-lato monte presso rotatoria (zto "C" di espansione)	2004	2003
Area APU3 tra la SS16 e l'attuale sede ferroviaria a sud dell'ex Montedison (zto "C" di espansione)	2005	2004
Area APU3 lungo la SS16-lato monte (zto F" attrezzature e impianti di interesse generale)	2006	2005
Area centro città Piazza Mazzini (zto F" attrezzature e impianti di interesse generale)	2007	2006
Area PEEP Tesoro (zto "C" di espansione)	3023/3022	30232099
Castelferretti-area di proprietà comunale tra la Superstrada e Via Sebastianelli (zto F" attrezzature e impianti d'interesse generale)	3050	30502008
Villanova-area tra la Via Flaminia-lato mare e lo scalo merci (zto "B" p/edificata)	3050	30502008

Tabella 1 – Elenco degli areali e MOPS livello 1 aggiornate agli standard 4.0b

La morfologia del territorio si articola in un sistema collinare a SE (Monte Barcaglione, Falconara Alta e Monte Domini) che raggiunge la quota massima di 204 metri s.l.m. e una zona pianeggiante a NO costituita dall'ampia pianura alluvionale del fiume Esino.

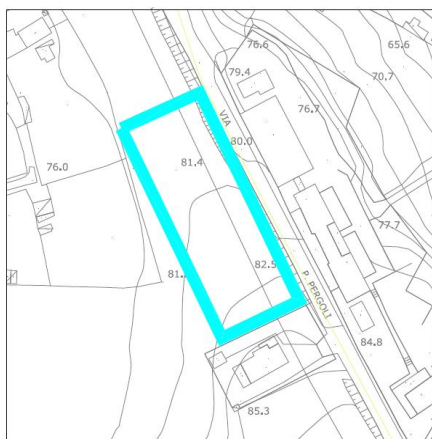


Figura 1.1 – Area Via Pergoli



Area Via Marconi

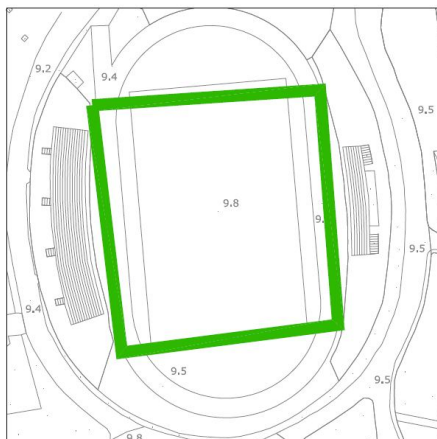
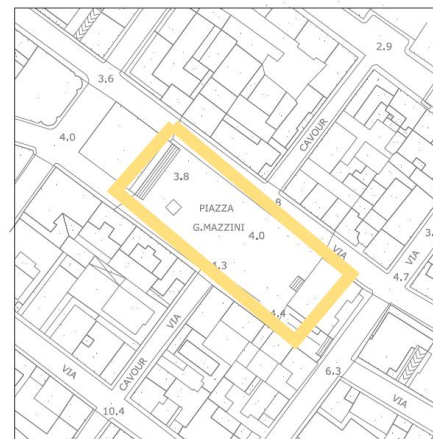


Figura 1.2 – Area impianti sportivi Area Piazza Mazzini



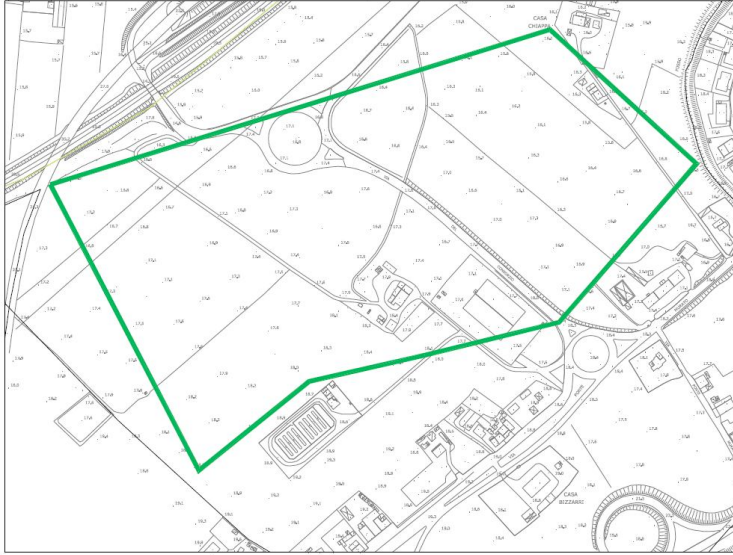


Figura 1.3 - Area lungo Via del Consorzio

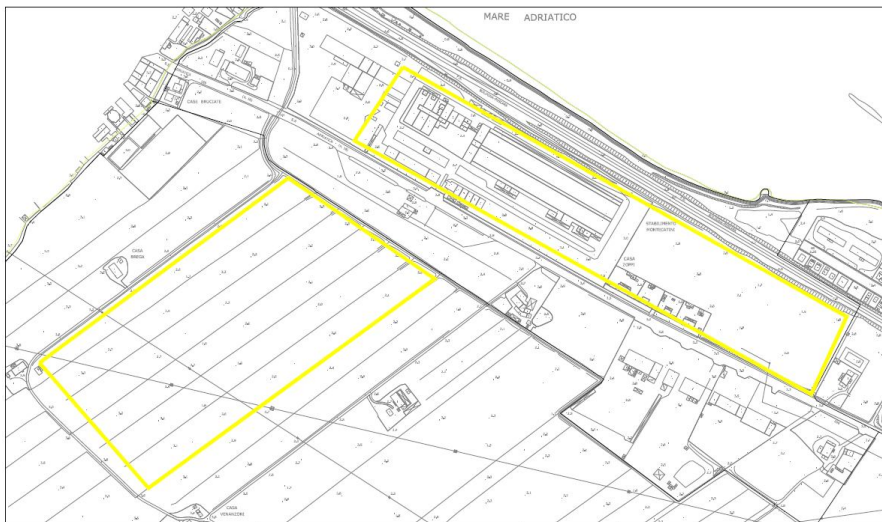


Figura 1.4 – Area a monte della SS16; Area tra SS16 e ferrovia, a sud dell'ex Montedison

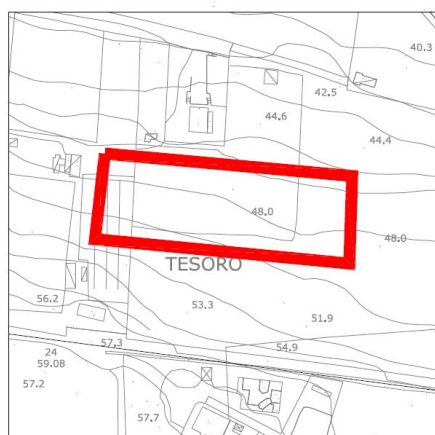


Figura 1.5 - Area PEEP Tesoro

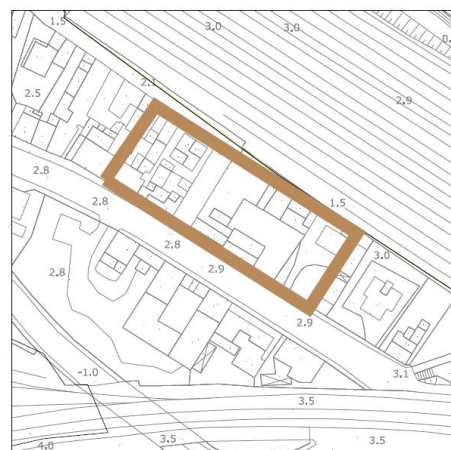
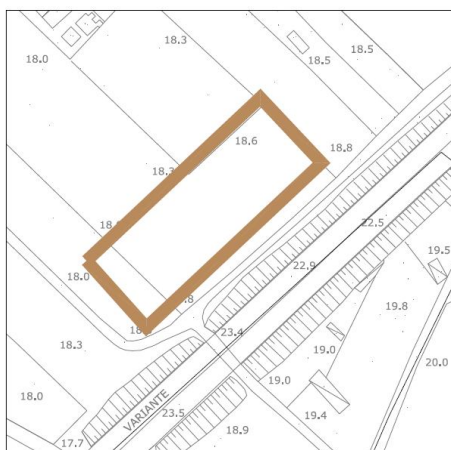


Figura 1.6- Castelferretti: area Via Sebastianelli

Villanova: area Via Flaminia

A Nord e a Sud della foce dell'Esino si sviluppa una stretta fascia costiera, la cui continuità è interrotta dal complesso industriale dell'API.

Nella piana alluvionale si concentrano le frazioni e i nuclei abitati di Castelferretti, Fiumesino, Rocca Priora e Marina di Rocca Priora, una serie

d'infrastrutture (aeroporto, autostrada A-14, le linee ferroviarie Bologna-Bari e Ancona-Roma, la superstrada SS76 e la variante SS16) e la zona industriale.

La presente relazione espone le modalità di acquisizione e di elaborazione dei dati geologici, geotecnici, sismici e cartografici adottati nella realizzazione dello studio di microzonazione sismica di livello 2 e illustra i seguenti elaborati cartografici:

Carta delle Indagini, aggiornamento della cartografia del livello 1 agli standard 4.0b e integrazioni con le indagini realizzate ex novo;

Carta Geologico-Tecnica, aggiornamento della cartografia del livello 1 agli standard 4.0b;

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, aggiornamento della cartografia del livello 1 agli standard 4.0b;

Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni, in cui sono riportati i valori di frequenza di risonanza fondamentale derivati dalle indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSF);

Carta di Microzonazione Sismica, individuazione delle aree omogenee dal punto di vista dei **Fattori di Amplificazione**, ottenuti con il metodo degli abachi in funzione dei periodi di vibrazione considerati (FA 0,1s÷0,5s; FA 0,4s÷0,8s; FA 0,7s÷1,1s), derivati dalle indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSF).

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

La pericolosità sismica di un territorio è intesa come la probabilità che un dato valore di scuotimento del terreno, espresso con parametri fisici, possa essere superato in un certo intervallo di tempo a seguito di un terremoto.

Le Marche sono da secoli interessate da una diffusa e frequente attività sismica, con massima intensità pari al X grado della scala MCS.

Nell'area marchigiana l'attività sismica è concentrata in fasce ben definite dal punto di vista geologico e fisiografico:

- una più interna corrispondente alla zona della catena appenninica, caratterizzata da terremoti frequenti e d'intensità pari al X grado della scala MCS;
- una fascia intermedia corrispondente alla zona pedeappenninica, caratterizzata da una blanda ma diffusa attività sismica;
- la fascia periadriatica caratterizzata da attività sismica generalmente moderata.

I terremoti che periodicamente colpiscono il territorio regionale sono espressione di un campo di sforzi tettonici ancora attivo.

Meccanismi focali di tipo distensivo e asse di massima distensione in direzione SW-NE, caratterizzano l'area appenninica che presenta il più alto livello di sismicità e dove l'attività sismogenetica avviene entro i primi 12 Km di profondità.

Meccanismi focali di tipo compressivo e trascorrente e asse di massima compressione in direzione SW-NE, sono tipici dell'area pedeappenninica e periadriatica

e in particolare in quest'ultima l'attività sismica è limitata ai primi 10 Km di profondità.

La mappa della “*Massima Intensità Macrosismica Risentita in Italia*” elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica sulla base dei massimi valori risentiti all'interno di apposite macrozone e che fornisce un quadro immediato del grado di sismicità, inquadra il territorio comunale di Falconara Marittima in ambiti caratterizzati da terremoti d'intensità dell'VIII grado della scala M.C.S.

Il territorio comunale di Falconara Marittima faceva parte dei comuni classificati sismici antecedentemente al decreto del M. LL.PP. del 10.02.1983 (G.U. n.80 del 23.03.1983) e inserito in II categoria, contraddistinta da indice di sismicità $S = 9$, coefficiente d'intensità sismica $C = (S - 2)/100 = 0.07$ e con valori di picco dell'accelerazione $A/g = 0.25$.

A livello regionale si ricordano le Circolari nn.14 e 15 del 28 agosto 1990 (*Indirizzi e criteri per l'effettuazione di indagini geologiche in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici al PPAR e alla legge regionale n.33/84 – Relazione tecnico-illustrativa Circolare ex L.33/84 art.10/11*), contenente la tipologia di indagini finalizzate alla riduzione del rischio, alla scala dello strumento generale di piano.

Secondo quanto riportato nelle Circolari richiamate e riguardo alla pericolosità sismica regionale, il territorio di Falconara Marittima è classificato a livello B, rischio sismico medio, ricadente nella fascia intermedia pedeappenninica ed esterna costiera.

Nuovi studi nel campo della sismogenesi hanno portato alla redazione della mappa di pericolosità sismica (*OPCM n.3274 del 20.03.2003- INGV*) che ha proposto

un modello sismogenetico denominato ZS9, che integra i livelli informativi precedenti con gli ultimi sviluppi degli studi nel settore geologico-strutturale e sismogenetico.

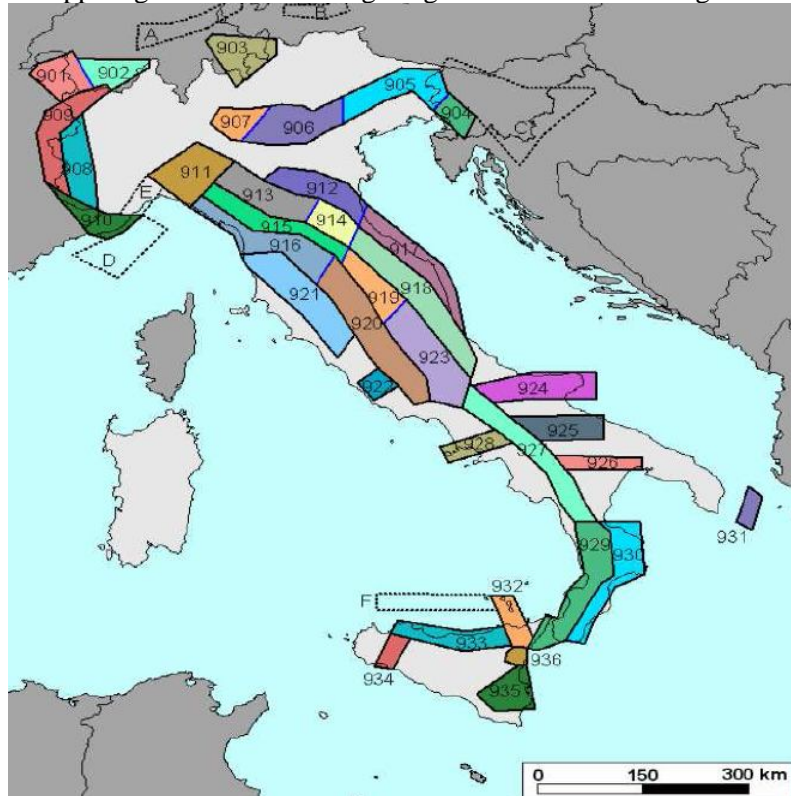


Figura 2 – Zona sismogenetica ZS9 (da: “Zonazione sismogenetica ZS9-App.2 al Rapporto Conclusivo”, a cura di C. Meletti e G. Valensise, 2004”)

Per l’area marchigiana orientale, zona sorgente 917, in cui ricade il territorio comunale di Falconara Marittima, il modello ZS9 individua un regime tettonico debolmente compressivo, le cui strutture sono allineate lungo la costa o verso mare e una classe di profondità efficace compresa tra 5 e 8 Km, rappresentativa della maggior parte degli eventi sismici.

L'ordinanza del PCM n.3274 del 20 marzo 2003 (*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica – G.U. n.105 dell'8.5.2003*) e successive modifiche e integrazioni, recepita dalla Regione Marche con D.G.R. n.1046 del 29.07.2003, classifica il comune di Falconara nella Zona 2.

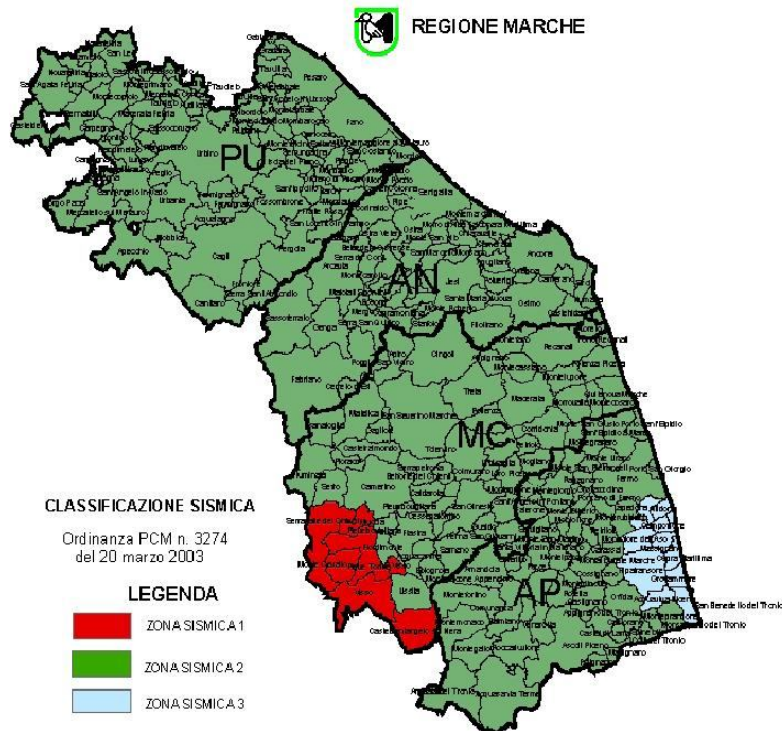


Figura 3 – Elaborato grafico allegato alla D.G.R. n.1046 del 29.07.2003 (da: "B.U.R. Marche n.79-2003")

Tale zona è individuata da un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g), compresa tra 0.15 e 0.25 g e accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) (ag/g) di 0.25.

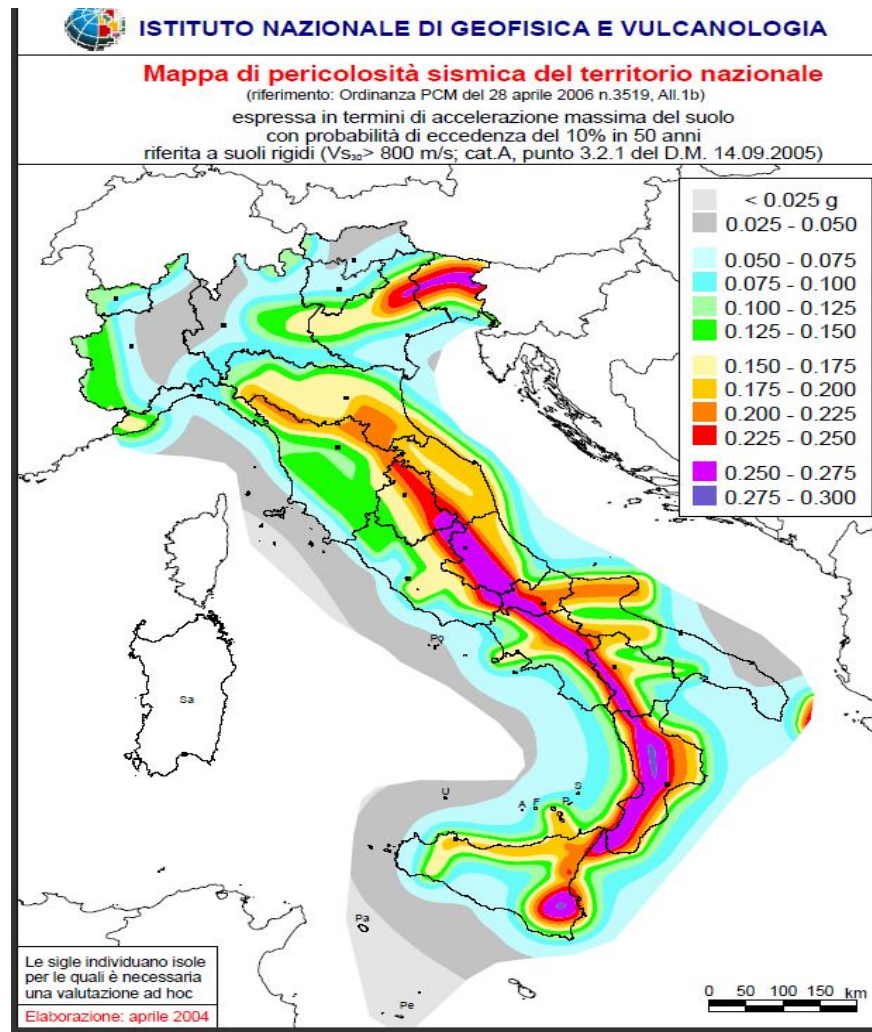


Figura 4 – Mapa della pericolosità sismica del territorio nazionale

La successiva *Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b*, ha definito la pericolosità sismica del territorio nazionale, illustrata mediante la mappa della figura precedente, che rappresenta graficamente la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

In questo contesto, il territorio comunale è caratterizzato, in via generale, da un'accelerazione (ag) orizzontale massima convenzionale sul suolo di tipo A, compresa tra 0,175 e 0,200 g.

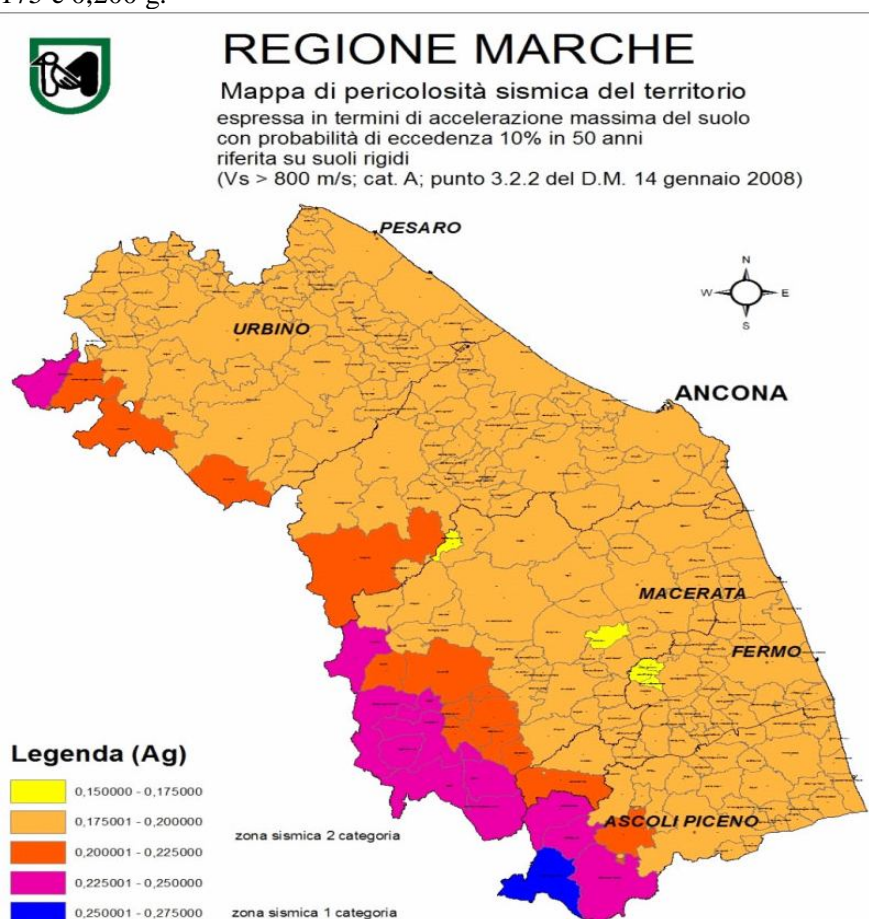


Figura 5 – Mappa di pericolosità sismica e valori di PGA

L'analisi sulla sismicità storica del territorio comunale ha preso in considerazione anche i dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano, ultima versione CPTI15-DBMI 2015 (<http://emidius.mi.ingv.it>), con la selezione degli

eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato il territorio comunale e Falconara Alta (cfr. Figure 6 e 7).

Storia sismica di Falconara Marittima [43.626, 13.399]					
Numero di eventi: 31					
Effetti		In occasione del terremoto del			
Int	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1690 12 23 00 20	Costa anconetana	16	8	5.58
F	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
NF	1897 06 24 19 04	Apecchio	27	5	4.34
6	1897 09 21	Marche settentrionali	44	7	5.40
NF	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8	5.50
NF	1898 08 25 16 37 4	Valnerina	67	7	5.03
5	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
5	1917 11 05 22 47	Costa anconetana	26	6	5.22
5-6	1922 10 11 06 43 4	Costa anconetana	20	5	4.34
7	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
4	1957 11 11 21 40	Costa anconetana	50	5	4.50
F	1970 09 07 14 02 2	Apennino umbro-marchigiano	56	5	4.35
7	1972 01 25 20 24 3	Costa anconetana	24	6	4.49
7	1972 02 04 02 42 1	Costa anconetana	75		4.57
5-6	1972 06 14 18 55 5	Costa anconetana	17		4.68
F	1972 11 30 11 25 2	Costa pesarese	30		4.52
5	1973 11 10 03 01 0	Costa anconetana	5		
4	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3-4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
NF	1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46

4	1987 07 03 10 21 5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
NF	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6	4.72
4	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
2	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4-5	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
NF	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
4	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
NF	2006 04 10 19 03 3	Maceratese	211	5	4.06
4-5	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5	4.21

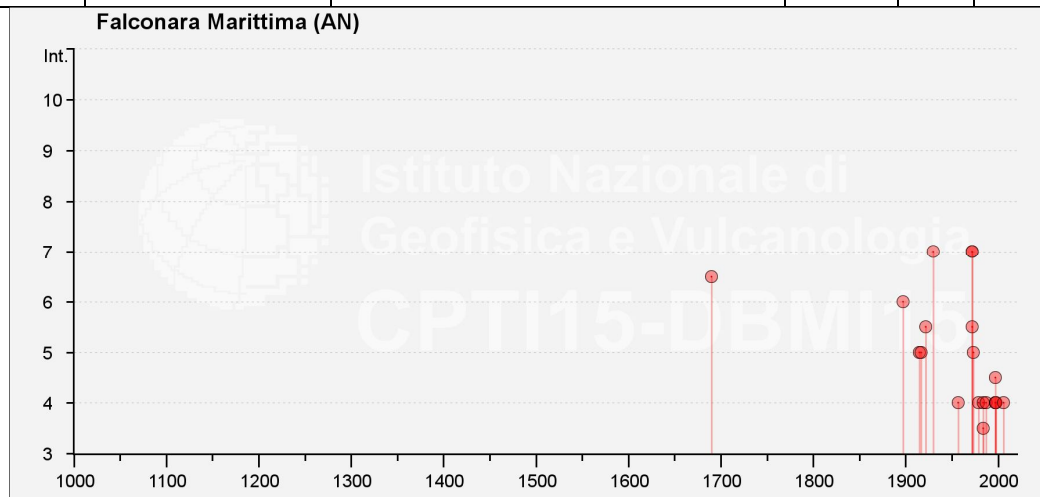


Figura 6 – Eventi sismici relativi al territorio di Falconara Marittima (da: DBMI 2015)

Nelle liste sono evidenziati il numero degli eventi, la data, l'area epicentrale e parametri relativi (NMDP = dati d'intensità macrosismica, I_0 = intensità macrosismica e M_w = magnitudo momento) e l'intensità macrosismica locale (Int [MCS]); nella colonna "Effetti", i termini F e NF rispettivamente indicano se il terremoto è stato percepito (valore assoluto d'intensità convenzionalmente assegnata di 3,9° MCS) o non è stato percepito (valore assoluto d'intensità convenzionalmente assegnata di 1° MCS).

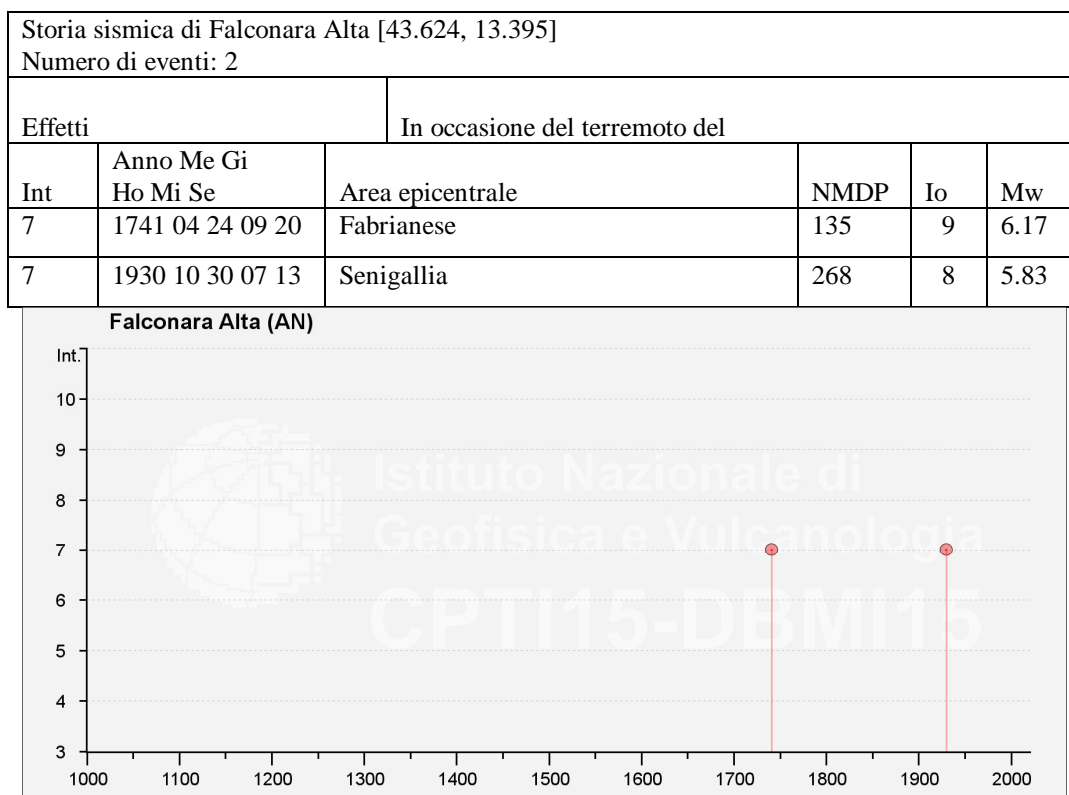


Figura 7 – Eventi sismici relativi al territorio di Falconara Alta (da: DBMI 2015)

Le liste degli eventi mostrano che il territorio comunale, per il periodo riportato, non è stato epicentro di terremoti, risentendo prevalentemente di quelli relativi alla fascia costiera.

Per il territorio comunale sono ricordati 31 eventi, dal 1690 al 2006, tra cui si segnalano i valori di massima intensità macrosismica, compresi tra 6 e 7° MCS registrati in occasione dei terremoti del 1897, epicentro Marche settentrionali, del 1930, epicentro Senigallia e del 1972 nell'area epicentrale della Costa Anconetana.

La zona di Falconara Alta ha risentito, con 7°MCS, dei terremoti con epicentro nel Fabrianese (1741) e a Senigallia (1930).

A seguito degli eventi del 1930 e del 1970 sono stati documentati danni al patrimonio dei beni culturali e in particolare il crollo del campanile della Chiesa di Santa Maria delle Grazie (Falconara Alta), al Castello di Falconara Alta, attuale sede del municipio e all'edilizia pubblica.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Il territorio comunale di Falconara Marittima ricade nel settore esterno della catena a pieghe e sovrascorrimenti umbro-marchigiana, in un settore dell'Avanfossa (Bacino Marchigiano Esterno o Bacino Periadriatico Auct.), dove affiorano prevalentemente i terreni plio-pleistocenici della Formazione delle Argille azzurre (*Centamore et. al., 1986*).

La struttura a sovrascorrimenti e pieghe, nell'area in studio, è presente in profondità, mascherata dai depositi continentali e marini che ne caratterizzano la sequenza stratigrafica.

I depositi marini sono rappresentati dalla *Formazione delle Argille Azzurre (Pliocene inferiore p.p.- Pleistocene inferiore p.p.)*, costituita essenzialmente da una successione di peliti, rappresentate da argille e argille marnose di colore grigio-azzurrognolo e subordinatamente nocciola, talora laminate, fossilifere, in strati da sottili a medi; localmente si osservano livelli millimetrici di patine di ossidazione rossastre, livelli di silt anche se raramente e livelli di sabbia fine e medio/fine e a varie altezze stratigrafiche sono intercalati corpi arenacei e arenaceo-organogeni.

Si tratta di sedimenti che segnano il passaggio dall'ambiente marino a quello continentale (*Passeri, 1994*) e sono caratterizzati da una continuità di sedimentazione nelle zone profonde e nelle aree più lontane del bacino, mentre negli alti strutturali e nelle zone marginali sono presenti lacune sedimentarie e superfici di discontinuità angolare.

La formazione raggiunge spessori complessivi di almeno 1300 metri ed è particolarmente presente nel territorio comunale, affiorando nella porzione SE, dove si sviluppano parte di Falconara Capoluogo e le località di Falconara Alta, Castello di Barcaglione, Guastuglia, Tesoro e Monte Domini.

Nella zona suddetta, i depositi presentano una stratificazione suborizzontale in corrispondenza di Falconara Alta, Tesoro e Castello di Barcaglione a 10-15°, immergente a NNE in località Guastuglia.

L'assetto geologico generale è completato da depositi continentali quaternari (*Pleistocene superiore-Olocene*), che comprendono le alluvioni del fiume Esino (attuali e terrazzate), le alluvioni di fondovalle dei corsi d'acqua minori, le coperture eluvio-colluviali lungo i versanti e i depositi costieri/di spiaggia.

I depositi alluvionali dell'Esino, organizzati in diversi ordini, si sono formati per l'alternarsi di periodi di erosione e di sedimentazione, in conseguenza delle vicende climatiche quaternarie e delle variazioni indotte nei processi erosivi e sul livello marino e spesso contengono prodotti di rimaneggiamento dei depositi di versante (*Nesci & Savelli, 1986*).

La tettonica regionale, combinata con la tendenza della corrente fluviale a erodere verso SE, in destra idrografica, ha fatto sì che nelle successive fasi di approfondimento, le preesistenti alluvioni fossero asportate solo parzialmente, emergendo così i lembi delle antiche pianure alluvionali separate da quelle attuali, da gradini o scarpate di raccordo.

La composizione litologica di tali depositi è data da ghiaie e ghiaie sabbiosi basali, che segnano il passaggio alla sedimentazione marina delle argille azzurre; localmente sono intercalate lenti sabbiose e limoso-argillose, con chiusura laterale a pinch-out e spessori variabili da qualche centimetro fino ad alcuni metri.

I depositi ghiaiosi sono praticamente affioranti lungo il corso attuale dell'Esino e nelle aree circostanti; allontanandosi, le ghiaie sono coperte da litotipi alluvionali a granulometria fine, limi argillosi, limi sabbiose e argille limose, con spessori variabili da 6 a 10 metri.

Lo spessore complessivo dei depositi alluvionali varia da pochi metri, nelle zone prossime ai raccordi vallivi a circa 44 metri in corrispondenza della costa, al centro della valle dell'Esino.

Lungo i versanti affiorano depositi eluvio-colluviali e nelle valli dei corsi d'acqua minori, depositi originati principalmente da movimenti di massa e più in generale da fenomeni erosivi e di trasporto che agiscono all'interno del bacino idrografico, di natura prevalentemente argilloso-limoso-sabbiosa.

Tali depositi si rinvencono nella parte medio bassa dei versanti lungo cui si sviluppa l'abitato di Falconara, dei versanti collinari di Monte Domini e di quelli dei bacini idrografici dei fossi delle Saline, Rigatta e Castellaraccia, con spessori variabili da 3 a 15 metri.

La fascia costiera è occupata da depositi di spiaggia antica e attuale a prevalente composizione ghiaiosa e/o sabbioso-ghiaiosa in proporzioni variabili.

I litotipi ghiaiosi affiorano nella fascia a nord del litorale, dalla località Rocca Priora fino alla foce dell'Esino, mentre nella fascia sud, dalla linea di costa verso l'entroterra affiorano le sabbie e quindi le ghiaie.

La continuità della sedimentazione litoranea è interrotta dal terrapieno su cui sorge lo stabilimento della raffineria API, dove sussistono importanti spessori di terreno di riporto, compresi tra 4 e 6 metri.

Il paesaggio in cui è inserito il territorio comunale di Falconara Marittima, è quello tipico immediatamente retrostante la piana costiera, con rilievi collinari di altezze medie, generalmente non superiori a 200 metri s.l.m., bordati marginalmente dall'ampia pianura del fiume Esino e dai depositi costieri.

Le linee morfologiche prevalenti del sistema collinare sono determinate dai sedimenti marini che danno origine a un paesaggio collinoso e blandamente ondulato, che si sviluppa in destra idrografica del fiume Esino, con versanti mediamente acclivi e localmente interessati da fenomeni gravitativi.

La tipologia di movimento gravitativo più frequentemente riscontrabile è associabile a scorrimenti, colamenti, deformazioni plastiche e soliflussi, allo stato attivo, quiescente o in lenta evoluzione e/o riattivabile anche in parte, a seguito di significativi eventi meteorici e che coinvolgono generalmente le coperture eluvio-colluviali.

La parte pianeggiante, come già detto, è costituita dalle alluvioni del fiume Esino, che ha le sue origini alle pendici del Monte Cafaggio, in provincia di Macerata e

dopo un percorso di circa 75 Km, con direzione quasi S-N, attraversa l'intera provincia di Ancona, sfociando poco a NO di Falconara Marittima.

Corsi d'acqua secondari sono il Fossatello, i fossi Cannetacci, Rigatta, della Liscia, San Sebastiano, Fosso Nuovo e Vallone del Molino, affluenti "naturali" dell'Esino o condotti alla sua confluenza, da deviazioni del drenaggio superficiale mediante rilevanti modifiche antropiche.

Nelle zone pianeggianti non si sono riscontrati elementi morfologici di rilievo.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Lo studio di livello 1 di Microzonazione Sismica di Falconara Marittima ha costruito un buon database d'indagini pregresse con riferimento sia a sondaggi sia a prove geofisiche, concentrati prevalentemente nell'abitato di Falconara Capoluogo, Castelferretti e Marina di Rocca Priora, consistenti in:

- n° 7 sondaggi con prelievo di campioni e relative analisi di laboratorio;
- n° 208 sondaggi con descrizione stratigrafica;
- n° 68 prove penetrometriche statiche;
- n° 28 prove penetrometriche dinamiche;
- n° 7 prove MASW;
- n° 28 prove di sismica a rifrazione;
- n° 21 prove HVSR;
- n° 5 prove downhole.

La campagna d'indagini specifica per le attività di Microzonazione Sismica di livello 2 è consistita in indagini sismiche in onde superficiali, n° 12 MASW e n° 38 HVSR, distribuite nelle MOPS di livello 1 secondo quanto previsto dal disciplinare d'incarico e dalle successive indicazioni dell'Amministrazione Comunale per ciò che riguarda gli areali di futura trasformazione urbanistica.

L'obiettivo è stato quello di approfondire e completare i risultati delle indagini preesistenti, definire al meglio il modello geologico, la potenziale amplificazione sismica locale dovuta alle coperture e calcolare i parametri FA tramite gli abachi predisposti dalla Regione Marche.

Tutti i dati, precedenti e di nuova acquisizione, sono riportati negli ship files relativi alla carta delle indagini.

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'analisi geologica dei terreni effettuata nell'ambito del livello 1, ha permesso di riconoscere aree associabili alle coperture (alluvioni, eluvio-colluvioni e di costa) e al substrato geologico, di cui è possibile definire la caratterizzazione meccanica a grande scala.

I terreni coesivi costituenti i depositi di versante, formatisi per trasporto e risedimentazione dei terreni in posto, hanno generalmente caratteristiche geomeccaniche scarse, con l'angolo di attrito interno che oscilla tra 20° e 25°, coesione drenata compresa mediamente tra 0,1 e 0,2 Kg/cm² e coesione non drenata che non supera quasi mai 1,5 Kg/cm².

I sedimenti alluvionali a composizione limoso-argillosa, hanno angoli di attrito compresi tra 24 e 28° e valori della coesione drenata pari a 0,05÷0,10 Kg/cm².

Le caratteristiche meccaniche sono invece molto diverse, in relazione alla variabilità granulometrica, nei terreni granulari delle alluvioni e dei depositi costieri, costituiti da sabbie e ghiaie passanti verso l'alto e lateralmente a sabbie limose e limi argillosi in lenti di vario spessore e distribuzione areale.

Le formazioni marine costituite da terreni prevalentemente argillo-marnosi, sono sovraconsolidate, con struttura integra, consistenza elevata e alti valori della

coesione; nelle prove drenate la coesione, è mediamente di $0,3\div 0,4 \text{ Kg/cm}^2$, la coesione non drenata è $\geq 3,0 \text{ Kg/cm}^2$ e angolo di attrito pari a $25^\circ\div 27^\circ$.

Molto spesso il substrato geologico è preceduto da una fascia di alterazione di spessore variabile dipendentemente dalle condizioni locali (Eluvium), con struttura non sempre ben riconoscibile e generalmente con parametri geotecnici inferiori; la coesione non drenata è perciò ridotta ($1,5\div 2,0 \text{ Kg/cm}^2$), così come la coesione drenata ($0,2\div 0,3 \text{ Kg/cm}^2$), mentre l'angolo di attrito è $< 25^\circ$.

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA

L'insieme delle indagini geofisiche, preesistenti e di nuova acquisizione, permette un'analisi comparativa della distribuzione della velocità delle onde di taglio e delle frequenze fondamentali delle coperture e del substrato in relazione ai vari ambienti, alluvionale-costiero e collinare.

Nella pianura alluvionale dell'Esino, a partire da Sud verso Nord, il substrato geologico si raggiunge attorno a -20 metri e si approfondisce verso la costa fino a -30/40 metri, con velocità delle onde S comprese tra 350 e 600 m/s.

I depositi alluvionali soprastanti si differenziano in funzione della granulometria e/o dello stato d'addensamento e danno velocità delle onde comprese tra 260 e 390 m/s per i limi argillosi e limi sabbiosi, mentre per le ghiaie si registrano velocità di 520 e 690 m/s, con dati puntuali anche superiori a 750 m/s; nell'ambiente costiero sono segnalati valori delle velocità attorno a 230 e 350 m/s.

In questa vasta zona, si può individuare per l'area urbana di Castelferretti una distribuzione delle frequenze tra 8 e 16 Hz, mentre nell'area degli insediamenti industriali le frequenze si mantengono attorno a 5÷6 Hz; valori compresi tra 2 e 5 Hz caratterizzano viceversa la fascia valliva e costiera, in destra e sinistra della foce del fiume Esino.

Tali valori di frequenza sono interpretabili come contrasti d'impedenza tra alluvioni fini e grossolane, in rapporto al loro spessore e al minore o maggiore approfondimento di questo passaggio.

E' da osservare che il passaggio tra alluvioni e substrato geologico non dà origine a significativi contrasti d'impedenza, passaggio che avviene a profondità minime di 20 metri e soprattutto dove predominano le ghiaie con alte velocità delle onde S.

Per ciò che riguarda il contesto collinare, le coperture hanno spessori variabili da 3 a 10 metri circa e velocità delle onde SH comprese tra 150 e 380 m/s, sovrapposte al substrato geologico caratterizzato da velocità di 380 e 500 m/s.

La distribuzione delle frequenze dei picchi di risonanza lungo i versanti collinari assume valori compresi tra 2 e 4 Hz, quindi generalmente con bassi contrasti d'impedenza.

Localmente, sia nella zona di pianura sia alla sommità dei rilievi collinari (Guastuglia, Castello di Falconara), si sono registrate misure con frequenza pari a 0 Hz.

I risultati d'insieme delle indagini mostrano una buona rispondenza tra la risposta sismica e l'assetto geologico-stratigrafico del territorio, di cui i principali elementi sono l'assenza del substrato sismico entro i 30 metri di profondità, le velocità del substrato geologico comparabili con quelle dei litotipi alluvionali ghiaiosi.

Tale differenza appare maggiore nel tratto più basso della pianura alluvionale ove le ghiaie più addensate poste in profondità possono raggiungere la velocità anche di 800 m/s, mentre velocità più moderate si registrano per i litotipi alluvionali a granulometria fine posti nello strato più superficiale.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La ricostruzione geolitologica del sottosuolo effettuata mediante le correlazioni litostratigrafiche derivate dalle indagini del livello 1, ha permesso di elaborare un modello geologico del territorio comunale di Falconara Marittima.

In questa fase di livello 2, si è ampliato il numero delle indagini geofisiche per affinare le conoscenze sul comportamento quali/quantitativo del modello geologico e sismico rappresentato nella carta delle MOPS di livello 1, rispetto a fenomeni di risonanza e contrasti d'impedenza.

Come descritto in dettaglio ai paragrafi 4.1 e 4.2, i terreni presenti sono costituiti essenzialmente dalle formazioni marine plio-pleistoceniche (*Pliocene inferiore p.p.* – *Pleistocene inferiore p.p.*) e da depositi continentali: depositi alluvionali, costieri e di versante (*Pleistocene superiore - Olocene*).

Nelle Figure 8÷10 sono riportati gli schemi esemplificativi dei principali rapporti litostratigrafici degli ambienti, collinare e di pianura, tratti dalle sezioni geologiche allegate al livello 1, cui sono stati associati i risultati delle misure H/V; non sono rappresentate sezioni litotecniche poiché non sono state riscontrate aree a maggiore criticità dal punto di vista della risposta sismica in superficie.

In corrispondenza dei crinali e/o delle aree sommitali dei versanti collinari, dove insistono gli abitati di Falconara Alta, Guastuglia, Castello di Barcaglione, Tesoro e Monte Domini, lo schema geolitologico è caratterizzato dall'affioramento del substrato argilloso-marnoso; lungo i versanti e nelle zone di raccordo con la pianura il substrato è

coperto da argille e limi prevalenti, di spessore variabile da 3 a 15 metri circa (cfr. Figura 8).

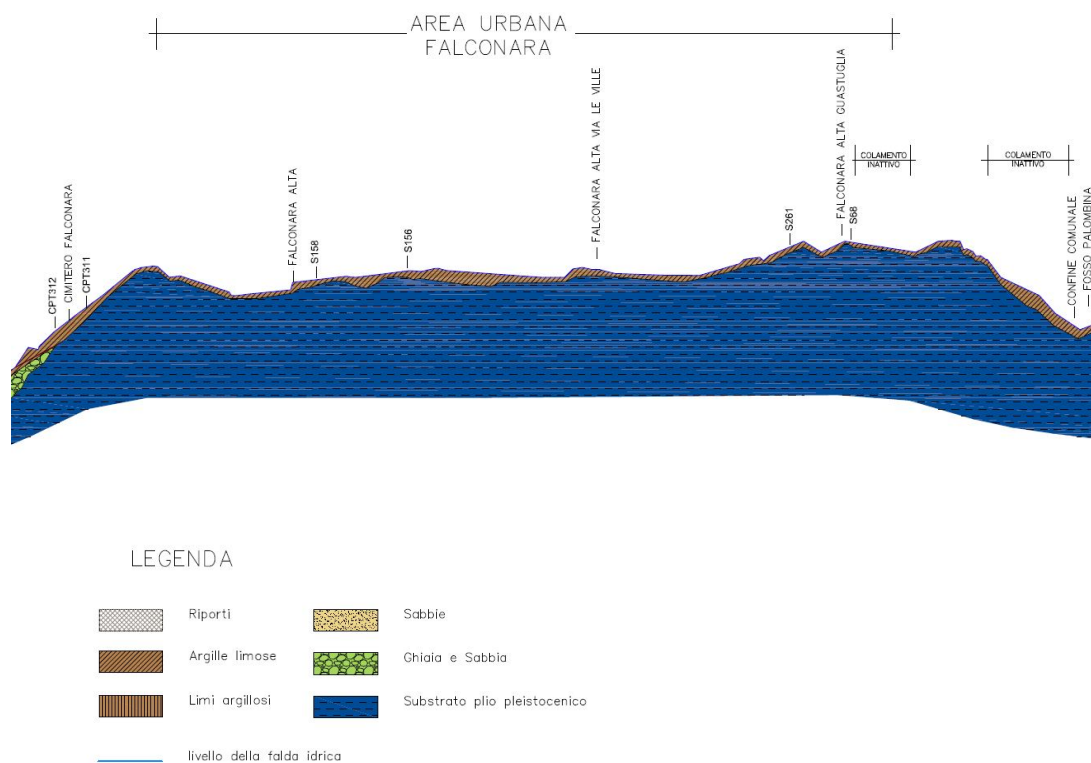


Figura 8 – Schema dei rapporti litostratigrafici nelle zone dei crinali e aree sommitali dei versanti (da Sezione Geologica A – A', livello 1)

La distribuzione delle frequenze dei picchi di risonanza lungo i versanti collinari assume valori compresi tra 2 e 4 Hz, quindi generalmente con bassi contrasti d'impedenza, fino a sostanziali assenza di picchi di risonanza alla sommità dei rilievi collinari (Guastuglia, Castello di Falconara), dove si sono misurati frequenza pari a 0 Hz.

Lungo il versante collinare con esposizione NW, la presenza di picchi di risonanza con frequenza di 12 Hz appare compatibile con il passaggio tra coperture eluvio-colluviali e substrato geologico a circa 3-5 metri dal p.c.

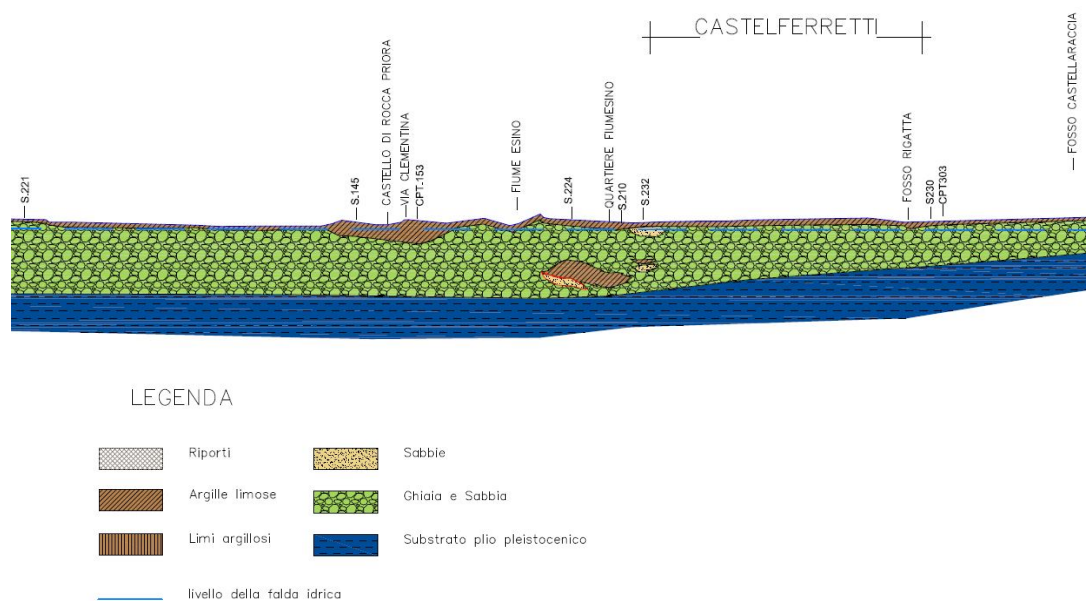


Figura 9 – Schema dei rapporti litostratigrafici nella piana alluvionale trasversalmente al corso del fiume Esino (da Sezione Geologica A – A', livello 1)

Spostandosi verso i fondovalle (reticolo idrografico minore e piana del fiume Esino) e la piana costiera, si riscontra un progressivo approfondimento del tetto del substrato e spessore dei depositi variabili da pochi metri in prossimità delle chiusure vallive laterali ai 45 metri in corrispondenza del centro della vallata dell'Esino (cfr. Figure 9 e 10).

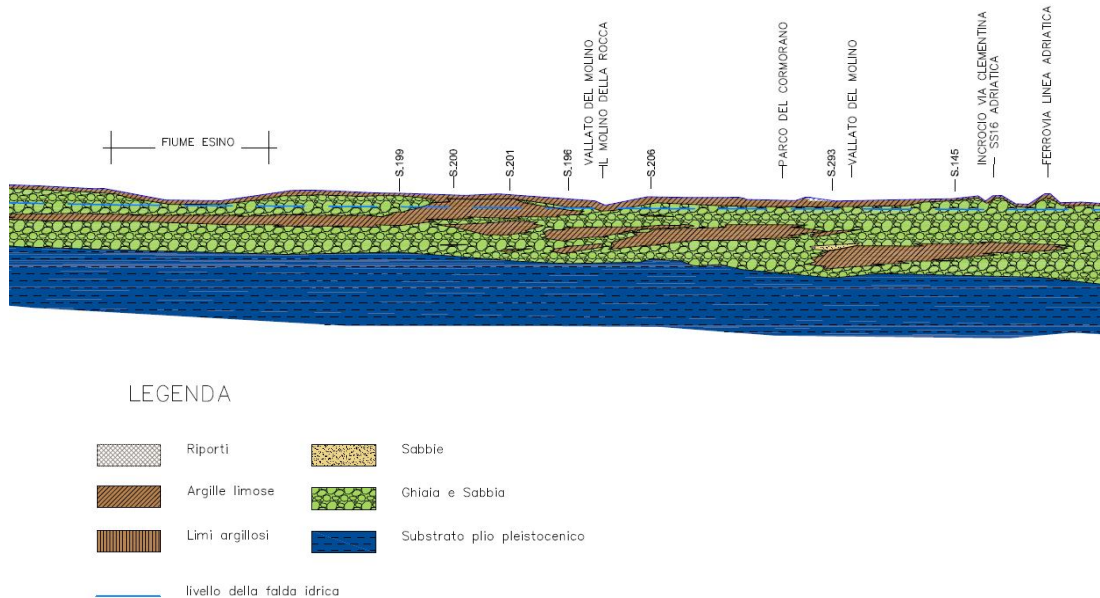


Figura 10 – Schema dei rapporti litostratigrafici nella piana alluvionale parallelamente al corso del fiume Esino (da Sezione Geologica C- C', livello 1)

Come accennato in precedenza, le alluvioni sono costituite da litotipi coesivi (limi e argille) e granulari (ghiaie e sabbie), variamente disposti in senso areale e verticale; generalmente le ghiaie affiorano al centro della vallata, mentre nel resto del territorio risultano localmente ricoperte o intercalate da materiali fini per spessori variabili da 3 a 18 metri, con i valori massimi presenti nella parte nord-occidentale a confine con il territorio comunale di Montemarciano.

In questa vasta zona, si può individuare per l'area urbana di Castelferretti una distribuzione delle frequenze tra 8 e 16 Hz, mentre nell'area degli insediamenti industriali le frequenze si mantengono attorno a 5÷6 Hz e valori compresi tra 2 e 5 Hz, caratterizzano viceversa la fascia valliva e costiera, in destra e sinistra della foce del fiume Esino.

Tali valori di frequenza sono interpretabili come contrasti d'impedenza tra alluvioni fini e grossolane, in rapporto al loro spessore e al minore o maggiore approfondimento di questo passaggio.

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

La distribuzione delle indagini inserite nel geodatabase copre in maniera soddisfacente la zona di Falconara Capoluogo e delle principali località e frazioni, situate lungo la fascia costiera e collinare, ricomprese nel perimetro definito nel presente studio di livello 2.

Le numerose prove sismiche effettuate nel presente studio a integrazione e verifica dei dati preesistenti, hanno permesso di dettagliare in modo sufficientemente esaustivo sia gli ambiti territoriali a sviluppo insediativo sia quelli in previsione di trasformazione urbanistica o di protezione civile.

Le stazioni di misura di sismica di superficie (MASW e HVSR) sono state ubicate in corrispondenza delle aree indicate dall'Amministrazione Comunale e rappresentative della MOPS di riferimento, permettendo di poter indagare il territorio in modo mirato in funzione degli ambiti di maggior interesse.

Le indagini sismiche HVSR sono state tutte sottoposte a verifica con il metodo SESAME in funzione dei criteri di attendibilità statistica della curva H/V e della valutazione della chiarezza del picco stesso.

Nell'insieme i dati a disposizione, confermando le zone omogenee in prospettiva sismica coerenti con quanto riportato nel livello 1, anche se rimangono alcune incertezze nelle zone di bordo valle dell'Esino e di raccordo con la fascia costiera, per ciò che riguarda potenziali fenomeni di amplificazione.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

L'obiettivo dell'approfondimento di livello 2 è quello di quantificare numericamente gli effetti dei fenomeni di amplificazione del moto sismico attraverso la stima dei valori di FA, definito come fattore di amplificazione a basso periodo e determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione.

Sulla base di tutti i dati a disposizione è stato possibile determinare i valori di FA per la Carta di Microzonazione di livello 2, secondo gli abachi e le procedure indicate nel documento fornito dalla Regione Marche-Servizio Protezione Civile *“Microzonazione Sismica di II Livello – Abachi Regionali, Rev.2” (OGS Trieste 2015, modificato dalla Commissione Tecnica Regionale 2018).*

Gli abachi sono stati costruiti dalla Regione Marche mediante un approccio numerico finalizzato alla definizione dei valori di FA associati alle diverse situazioni litostratigrafiche, differenziati in relazione all'ambiente tettonico e sedimentario all'interno del quale ricade il Comune (da *“Allegato 1 e Allegato 2 di Microzonazione Sismica di II Livello – Abachi Regionali).*

Il primo step è stato quello di attribuire al Comune di Falconara Marittima il dominio sedimentario proprio, in questo caso due e cioè “alluvionale A” per zone vallive e costiere, “terrigeno T” per le zone collinari.

Successivamente, individuate le profondità attese del basamento sismico nelle MOPS di livello 1, superiori a 30 metri, per ogni dominio si sono consultate le triplette degli abachi relative agli intervalli di periodi di vibrazione: 0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-

1,1s, correlato i valori delle velocità delle onde S entro i 30 metri e delle frequenze delle coperture f_0 (cfr. Figure 11 e 12).



REGIONE MARCHE
Servizio Protezione Civile



ZONA ALLUVIONALE 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	
VSA	<200	1.0	1.3	1.5							1.3
	300	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5
	500	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5
	700	0.9	1.1	1.3		1.4			1.2	1.1	1.1
	≥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	
VSA	<200	1.8	2.1	2.1							2.0
	300	1.6	2.0	1.9	1.8	1.7	1.9	1.9	1.7	1.7	1.9
	500	1.3	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5
	700	1.1	1.3	1.5		1.3			1.3	1.3	1.3
	≥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	
VSA	<200	2.5	2.7	1.8							2.6
	300	2.0	2.2	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.9
	500	1.5	1.5	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5
	700	1.3	1.4	1.3		1.2			1.3	1.4	1.4
	≥800										

Via Gentile Da Fabriano n. 3 – Ancona
Tel. 071/8064306 – 8064323 Fax 071/8062419
Doc. regione.marche.protecciv@emarche.it
Mail: servizio.protezionecivile@regione.marche.it

Figura 11 – Abaco delle frequenze nella zona alluvionale (da Allegato 2, Microzonazione Sismica di II livello)



REGIONE MARCHE
Servizio Protezione Civile



ZONA ALLUVIONALE Profondità basamento sismico < 30 m e > 3 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) HSA	<200			1.6	2.0						1.8
	300	0.6	1.1	1.4	1.8	2.2	2.3	2.2	2.1	1.9	2.0
	500			1.5	1.7	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.8
	700						1.4		1.7	1.5	1.5
	≥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	
(s/m) HSA	<200			2.3	1.9						2.1
	300	1.2	1.8	1.7	1.6	1.6	1.4	1.3	1.4	1.4	1.6
	500			1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3
	700						1.2		1.2	1.2	1.2
	≥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	
(s/m) HSA	<200			1.6	1.4						1.6
	300	1.6	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
	500			1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2
	700						1.1		1.1	1.1	1.1
	≥800										

Via Gentile Da Fabriano n. 3 - Ancona
Tel. 071/8064306 - 8064323 Fax 071/8062419
E-mail: regione.marche.proteci@emarche.it
Mail: servizio.protezionecivile@regione.marche.it

Figura 12 – Abaco delle frequenze nella zona terrigena (da Allegato 2, Microzonazione Sismica di II livello)

Classi	
frequenza (Hz)	$f_0 < 1$
	1.5 $1 \leq f_0 < 2$
	2.5 $2 \leq f_0 < 3$
	3.5 $3 \leq f_0 < 4$
	4.5 $4 \leq f_0 < 5$
	5.5 $5 \leq f_0 < 6$
	6.5 $6 \leq f_0 < 7$
	7.5 $7 \leq f_0 < 8$
	≥ 8
velocità (m/s)	$V_s < 200$
	300 $200 \leq V_s < 400$
	500 $400 \leq V_s < 600$
	700 $600 \leq V_s < 800$

Tabella 2 – Classi relative ai valori dei due parametri rappresentativi della situazione sismo-stratigrafica locale: la frequenza di risonanza (f_0) e la velocità media delle onde S vicino alla superficie (V_{S30} o V_{SH}) (da Microzonazione Sismica di II livello)

Nella stima dei valori di f_0 , ci si è attenuti a quanto scritto nel documento suddetto, vale a dire che:

1. si sono considerati solo quelli corrispondenti a massimi relativi all'intervallo 0,5-20 Hz (se all'interno di questo intervallo non sono presenti massimi, la curva HVSR può essere considerata piatta);
2. nel caso esista un solo massimo significativo all'interno di questo intervallo, il valore corrisponde a quello massimo;
3. se esiste più di un massimo significativo all'interno di questo intervallo, si possono utilizzare i diversi valori di frequenza corrispondenti a questi massimi e valutare i corrispondenti valori di FA, scegliendo quello maggiore tra quelli determinati.

Si è quindi ottenuta la stima dei fattori di amplificazione FA per ciascuna MOPS per gli intervalli di riferimento considerati e discussi al paragrafo 8.5

Gli effetti di amplificazione topografica relativi alla parte collinare e dei versanti sono stati omessi poiché, come indicato nell'Allegato 3 del documento di "*Microzonazione Sismica di II livello*", nel territorio comunale di Falconara Marittima il substrato geologico affiorante o subaffiorante non è substrato sismico.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Le carte prodotte e di seguito descritte in dettaglio, sono state realizzate sia in formato cartaceo sia digitale (GIS) a scala 1:10.000, riportando i dati e la simbologia indicata, per ognuno degli elaborati prodotti, nelle specifiche tecniche illustrate negli *“Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.0b”*

Tutti i dati di archiviazione in formato shape, sono forniti in allegato digitale alla presente relazione.

8.1 CARTA DELLE INDAGINI

La carta delle indagini del livello 1 è stata integrata con le nuove indagini e aggiornata ai suddetti standard di rappresentazione.

Come riportato in precedenza, sono state inserite n°12 prove MASW e n°38 HVSR, ubicate lungo le sezioni e/o aree di maggiore interesse, per meglio qualificare il comportamento sismico e avere una caratterizzazione più puntuale dei valori di frequenza per le aree inserite all'interno del perimetro di maggior urbanizzazione.

La scelta per l'ubicazione delle nuove indagini ha tenuto conto sia delle indicazioni del disciplinare d'incarico sia delle indicazioni dell'Amministrazione Comunale, andando comunque a disporre i punti di misura in modo idoneo da permettere una buona leggibilità e correlazione dei dati.

Nel geodatabase compilato, sono inseriti i siti puntuali e lineari dei livelli 1 e 2 e in particolare sono derivati dal livello 1:

- Sondaggio a carotaggio continuo

- Sondaggio a distruzione di nucleo
- Sondaggio a carotaggio continuo che intercettano il substrato
- Sondaggio a distruzione di nucleo che intercettano il substrato
- Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
- Siti in cui è stato misurato il livello della falda (piezometria)
- Prova penetrometrica in foro (SPT)
- Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- Prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTe)
- Prova penetrometrica dinamica pesante (P)
- Prova penetrometrica dinamica leggera (L)
- Stratigrafia connesse alla realizzazione di pozzi per acqua
- Tomografia elettrica
- Stazione microtremore a stazione singola (HVSR)
- Prova sismica in foro tipo downhole
- Trincea o pozzetto esplorativo
- Profilo sismico a rifrazione
- MASW.

Non visualizzate sulla carta delle indagini, ma comunque presenti nel database troviamo anche le seguenti indagini di laboratorio derivate dal livello 1, analisi di classificazione dei campioni e prove di taglio diretto (ϕ' , c')

Per ciò che riguarda il livello 2, sono inseriti n°38 siti puntuali e n° 12 siti lineari per un totale di n° 1633 parametri per le indagini puntuali e n°105 parametri per le indagini lineari.

8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La Carta Geologico-Tecnica redatta nel livello 1 è stata corretta e rivista in base agli standard di rappresentazione 4.0b, adeguando le perimetrazioni delle aree a rischio idrogeologico al PAI 2016 (*Piano di Assetto Idrogeologico come modificato dal decreto del Segretario dell'Autorità di Bacino delle Marche n.49/2016*).

E' da segnalare che le indagini non hanno evidenziato la presenza del substrato sismico di tipo rigido ($V_s \geq 800$ m/s) e pertanto con riferimento alle legenda, il substrato identificato con la sigla "SFCOS" (coesivo sovraconsolidato stratificato alterato/fratturato) è sempre inteso nell'accezione geologica.

L'analisi della documentazione cartografica e dei siti di riferimento (ISPRA-progetto ITHACA) non ha evidenziato dati certi sulla presenza di faglie attive e capaci.

Nella Carta è riportata la distinzione tra litotipi di copertura e substrato, identificati per litologia e ambiente di deposizione, l'ubicazione dei sondaggi che hanno raggiunto o meno il substrato geologico e gli elementi idrogeologici riscontrati.

I terreni di copertura sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale, considerando lo spessore minimo cartografabile pari a 3 metri.

Si riporta di seguito una descrizione della legenda inserita nella cartografia geologico-tecnica allegata.

Depositi di altro ambiente (RI) = terreni di riporto antropico: nelle ex cave ritombate lungo il fiume Esino e in località La Rocca lungo la costa, si tratta di limi argillosi derivanti dalla decantazione delle acque di lavaggio dei materiali di cava; presso la località Le Saline si tratta di rifiuti urbani e materiali di copertura giornaliera e ritombamento finale di una discarica dismessa; lungo la costa nell'impianto della raffineria Api si tratta di materiale inerte (ghiaie, sabbie e massi ciclopici), utilizzati per la realizzazione di piazzali e servizio dell'impianto stesso.

Depositi di ambiente fluviale (GWtf) = ghiaie e sabbie ben assortite da poco addensate (terrazzo fluviale)

Depositi di ambiente fluviale (GMtf) = miscela di ghiaie, sabbie e limo poco addensate (terrazzo fluviale)

Depositi di ambiente fluviale (CLtf) = argille limose o limoso-sabbiose, moderatamente consistenti (terrazzo fluviale)

Depositi di ambiente fluviale (MLtf) = limi argilloso-sabbiosi, moderatamente consistenti (terrazzo fluviale)

Depositi di ambiente costiero (GPcl) = ghiaie pulite poco assortite e poco addensate (cordone litoraneo)

Depositi di ambiente costiero (GMcl) = ghiaie limose e sabbie moderatamente addensate (cordone litoraneo)

Depositi di ambiente costiero (SMcl) = sabbie limose poco addensate (cordone litoraneo)

Depositi di ambiente costiero (SCcl) = sabbie argillose poco o moderatamente addensate (cordone litoraneo)

Depositi di ambiente costiero (SPsp) = sabbie pulite e sciolte (spiaggia attuale)

Depositi ambiente di versante (MLec) = limi argillosi coesivi, moderatamente consistenti (eluvi-colluvi)

Depositi ambiente di versante (CLec) = argille limose coesive, moderatamente consistenti (eluvi-colluvi)

Substrato geologico coesivo, sovraconsolidato, stratificato fratturato/alterato (SFCOS)
= argille e argille marnose, consistenti, grigio scuro con venature nocciola in

coincidenza di bande di alterazione, a luoghi fratturato e in alternanza con stratificazioni di sabbia, da millimetriche a centimetriche. Tale terreno costituisce il substrato geologico della Formazione delle Argille Azzurre (successione Plio-Pleistocenica) ed è sismicamente classificabile come “non rigido” in quanto non si raggiunge mai il valore $V_s \geq 800$ m/s.

Le principali tipologie di movimenti gravitativi individuati sono frane di scorrimento e colata, allo stato di quiescenza.

Nella Carta sono altresì riportate le tracce di n°4 sezioni geologiche tratte dal livello 1 e non allegate al presente livello 2, parallele (Sezione **A-A'** e **B-B'**) e trasversali alla linea di costa (Sezione **B-B'** e **C-C'**) che confermano e completano il quadro per la ricostruzione del modello del sottosuolo, come discusso nel capitolo 5.

8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La Carta delle MOPS del livello 1 è stata aggiornata secondo gli standard di rappresentazione e archiviazione 4.0b che classificano le seguenti microzone a comportamento sismico omogeneo:

1. Zone stabili, nelle quali non s'ipotizzano effetti locali di alcuna natura (substrato geologico rigido in affioramento con morfologia pianeggiante) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
2. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;

3. Zone di attenzione per instabilità, per riattivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, ecc.).

Il territorio comunale è suddiviso in n°9 zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e n°4 zone di attenzione per instabilità che corrispondono alle zone suscettibili d'instabilità, previste nell'annualità 2011.

Non sono state individuate aree stabili, in quanto le registrazioni delle prove acquisite non evidenziano velocità delle onde $S \geq 800$ m/s, caratterizzanti il substrato rigido.

Di seguito sono descritte le microzone omogenee individuata dalla dicitura aggiornata agli standard 4.0b e nella Figura 13, le colonne stratigrafiche delle Zone suscettibili di amplificazioni locali, mentre nella Tabella 3 sono correlate le MOPS, gli ambienti deposizionali e le sequenze tipo relative agli areali indicati al paragrafo 1.

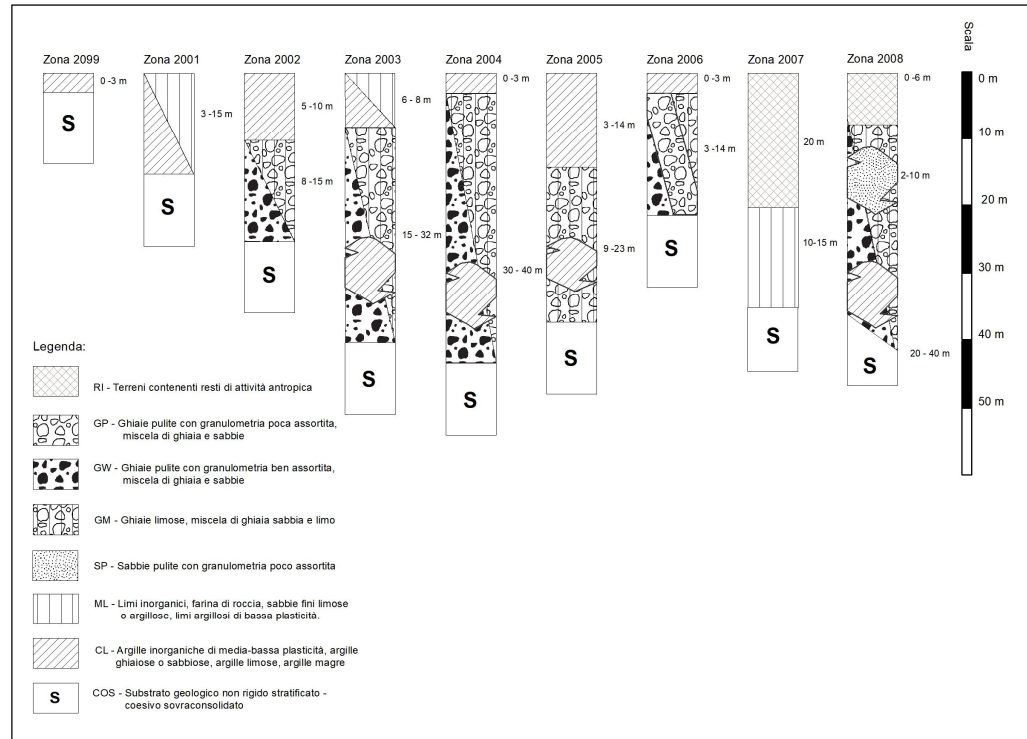


Figura 13 – Colonne stratigrafiche delle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 2099 = substrato geologico non rigido affiorante

In tale zona s'identificano le aree più elevate, situate nella porzione più orientale del territorio comunale (Falconara Alta, Guastuglia, Castello di Barcaglion, Monte Domini, Tesoro). Le coperture hanno uno spessore inferiore a 3 m e sono caratterizzate da terreni vegetali e/argillo-limosi di colore nocciola con noduli carbonatici. Il substrato geologico è costituito dai depositi marini plio-pleistocenici rappresentati da argille-limose di colore nocciola nelle porzioni più superficiali degradate e da argille-marnose

grigio-piombo con stratificazioni millimetriche sabbiose, nelle porzioni inalterate di fondo; si tratta di terreni sovraconsolidati, coesivi e molto consistenti. Le misure sismiche di superficie mostrano picchi di risonanza bassi o addirittura assenti, in particolare nelle località Guastuglia, Tesoro, Falconara Alta e Case Bugaro.

ZONA 2001 = copertura eluvio-colluviale e del reticolo idrografico minore, su substrato geologico

In tale zona s'identificano le fasce centrali e inferiori dei versanti collinari su cui insistono le località sopra ricordate e nelle aree di fondovalle dei fossi Rigatta e delle Saline. I depositi hanno spessori di 3÷15 metri e sono costituiti da argille limose coesive, da poco a moderatamente consistenti, sul substrato geologico delle argille marnose. Nella zona le HVSR mostrano picchi localmente a varie frequenze, attribuibili generalmente al passaggio tra le coperture e il substrato.

ZONA 2002 = depositi alluvionali di bordo valle in destra idrografica (Identificativo Area Castelferretti-Falconara Stadio, sequenza tipo: argille/ghiaie/substrato geologico)

I depositi alluvionali sopra citati sono presenti nella parte più a Est della pianura alluvionale del fiume Esino, a ridosso dei pendii collinari; sono costituiti in superficie da argille limose o limi argillosi e sabbiosi nocciola, poco addensati con spessori di 5-10 metri, passanti in profondità a ghiaie pulite o limose, poggianti sul substrato geologico delle argille e argille marnose. In tale zona il livello della falda si trova a

profondità variabili da 4 a 9 metri circa dal piano di campagna, dalla direzione più prossima alla costa a quelle più lontane da essa. Nella zona le indagini di superficie mostrano contrasti d'impedenza compatibili con passaggi più o meno superficiali tra alluvioni fini e ghiaie.

ZONA 2003 = depositi alluvionali (Identificativo Area Aeroporto – loc. Fiume Esino, sequenza tipo: limi-argille/ghiaie con intercalazioni argillose/substrato geologico)

Tale successione stratigrafica è presente nella zona posta in destra orografica del fiume Esino, adiacente alla Zona 2002 ed è caratterizzata da depositi alluvionali argillo-limosi o limo-argilloso-sabbiosi affioranti per spessori di 6-8 metri, moderatamente consistenti, passanti a ghiaie, formate da elementi poligenici prevalentemente calcarei in matrice limoso- sabbiosa, di spessore variabile da 15 a 32 metri. Nella porzione medio-bassa del banco ghiaioso è spesso presente una lente argillo-limosa di spessore variabile da pochi metri a circa 8 metri. Le alluvioni insistono sul substrato geologico delle argille marnose. Le registrazioni sismiche mostrano contrasti d'impedenza compatibili con il passaggio tra alluvioni fini e ghiaie.

ZONA 2004 = depositi alluvionali e cordone litoraneo (Identificativo Area Fiume Esino - foce e litorale Nord, sequenza tipo: ghiaie con intercalazioni argillo-limose/substrato geologico)

In tale zona sono inserite le aree d'alveo del fiume Esino e quelle costiere a nord della foce, nello specifico, in destra orografica la zona pianeggiante compresa tra la zona

aeroportuale e i laghi di Fossatello, in sinistra la fascia compresa tra Via Clementina e il corso fluviale fino al “Molino Santelli”, le aree della foce fluviale e il litorale Nord. In questo contesto troviamo una sottile copertura costituita da argille limose con spessori inferiori ai 3 metri, sovrastanti un banco di ghiaie e sabbie a luoghi pulite e ben assortite oppure sciolte e in matrice limosa; le ghiaie sono poco addensate in superficie e moderatamente addensate o addensate in profondità. Nella porzione medio-bassa del banco ghiaioso è spesso presente una lente argillo-limosa di una certa continuità e spessore variabile da pochi metri a circa 8 metri. Le alluvioni insistono sul substrato geologico delle argille marnose plio-pleistoceniche. Le registrazioni sismiche mostrano contrasti d'impedenza compatibili generalmente al passaggio tra alluvioni fini e grossolane o tra ghiaie e sabbie a diversa densità.

ZONA 2005 = depositi alluvionali di bordo valle in sinistra idrografica (Identificativo Area loc. Poiole, sequenza tipo: argille/ghiaie con intercalazioni argillo-limose/substrato geologico)

In questa zona è presente una successione stratigrafica caratterizzata da depositi alluvionali argillo-limosi o affioranti con spessori di 3-15 metri, moderatamente consistenti, passanti a ghiaie in matrice limoso-sabbiosa, di spessore variabile da 9 a 23 metri. Nella porzione medio-bassa del banco ghiaioso è spesso presente una lente argillo-limosa anch'essa di spessore variabile da pochi metri a circa 8 metri. Le alluvioni insistono sul substrato geologico delle argille marnose plio-pleistoceniche. Le

registrazioni sismiche mostrano contrasti d'impedenza compatibili generalmente con il passaggio tra alluvioni fini e grossolane.

ZONA 2006 = depositi cordone litoraneo (Identificativo Area Falconara-Villanova, sequenza tipo: ghiaie/substrato geologico)

In tale zona ricadono le aree costiere dei quartieri Fiume Esino e Villanova fino alla porzione subpianeggiante di Falconara Marittima Capoluogo; sono caratterizzate da una sottile copertura costituita da argille limose con spessori inferiori a 3 metri, sovrastanti un banco di ghiaia e sabbia con spessore di 3-14 metri, con vario grado di assortimento e presenza di matrice limo-sabbiosa. Le ghiaie sono in generale moderatamente addensate e precedono il substrato geologico delle argille marnose plio-pleistoceniche. Le registrazioni sismiche mostrano non mostrano amplificazioni significative in conseguenza di similari velocità delle onde S tra ghiaie e substrato geologico.

ZONA 2007 = Area discarica in località Saline

Ricade nella parte bassa della vallecchia laterale percorsa dal fosso delle Saline, a sud del territorio comunale. In passato l'area è stata interessata da una discarica per rifiuti urbani e ora definitivamente chiusa; lo spessore attuale delle coperture e dei materiali antropici che formano un rilevato costituito da rifiuti in alternanza con strati argillosi è di circa 20 metri. Sotto il riporto si trovano i depositi alluvionali a granulometria fine, poggiati sul substrato geologico delle argille marnose plio-pleistoceniche.

ZONA 2008 = *depositi alluvionali e di cordone litoraneo (Identificativo Parte del litorale a Nord del Fiume Esino-Area raffineria API-litorale a Sud della foce del Fiume Esino-parte inferiore collina di Monte Domini, sequenza tipo: ghiaie con intercalazioni argillose e lenti di sabbia/substrato geologico o limi argillosi con lenti di sabbia/substrato geologico)*

Si tratta delle aree che bordano la collina di Monte Domini e quelle a Sud della foce del fiume Esino-raffineria API, caratterizzate da spessori di limi sabbiosi e/o sabbie limose sciolte o con vario grado di addensamento sotto al livello di falda. Vengono incluse anche n.4 ex aree estrattive, ritombate con materiali di riporto limosi e limo-sabbiosi e livelli di falda prossimi al piano di campagna, ubicate in zone prossime al corso e a Nord della foce dell'Esino. I riporti hanno spessori di circa 7 metri e sono costituiti da limi sabbiosi derivanti dalla decantazione delle acque di lavaggio dei materiali di cava che poggiano su residui depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi, passanti al substrato geologico delle argille marnose plio-pleistoceniche.

ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITA'

ZONA 2099 = $Z_{A_{FR}}$ *zona di attenzione per instabilità di versante (scorrimento e/o colamento quiescente su sequenza stratigrafica tipo 2099)*

ZONA 1 = $Z_{A_{FR}}$ *zona di attenzione per instabilità di versante (scorrimento o colamento quiescente su sequenza stratigrafica tipo 2001).*

ZONA 8 = Z_{ALQ} zona di attenzione per liquefazione

Tale fascia, ripresa dal livello 1- Annualità 2011, viene ora classificata con la dicitura “Z_{ALQ} zona di attenzione per liquefazione”, in quanto i Professionisti incaricati del livello 1 avevano ritenuto che sussistesse la combinazione dei fattori predisponenti per il fenomeno della liquefazione.

ZONA 3080 = Z_{ACD} zona di attenzione per cedimenti differenziali

Tale fascia ripresa dal livello 1- Annualità 2011, viene ora classificata con la dicitura “Z_{ACD} zona di attenzione per cedimenti differenziali”, in quanto i Professionisti incaricati del livello 1 avevano ritenuto che sussistessero problematiche attinenti, nelle aree interessate da ritombamenti di depressioni legate a passate attività antropiche.

Nello specifico n.3 aree ricadenti sul lato destro dell’Esino in prossimità dell’alveo e n.1 area in località La Rocca, corrispondono a riempimenti di altrettante aree di cava di ghiaia, mentre n.1 area ricade in destra orografica del fosso delle Saline, in corrispondenza di una vecchia discarica dismessa. La possibilità di cedimenti differenziali è stata considerata dai suddetti Professionisti a partire dal bordo dell’area del riempimento e per una distanza esterna di 15 metri.

Areale	MOPS	Ambiente deposizionale	Sequenza Tipo
Area lungo Via Pergoli-lato monte-di fronte all'ex Preventorio (zto "C" di espansione)	2099	Sommità collinare	Substrato geologico non rigido affiorante
Area lungo Via Marconi-lato monte-(zto "C" di espansione)	2001	Vesanti collinari, reticolo idrografico minore	Eluvio-colluvione/substrato geologico
Area impianti sportivi comunali-zona stadio-(zto "F" attrezzature e impianti di interesse generale)	2002	Alluvioni bordo valle in destra idrografica	Argille/ghiaie/substrato geologico
Area APU1 lungo Via del Consorzio-lato monte presso rotatoria (zto "C" di espansione)	2003	Alluvioni	Limi-argille/ghiaie con intercalazioni argillose/substrato geologico
Area APU3 tra la SS16 e l'attuale sede ferroviaria a sud dell'ex Montedison (zto "C" di espansione)	2004	Alluvioni, cordone litoraneo	Ghiaie con intercalazioni argillo-limose/substrato geologico
Area APU3 lungo la SS16-lato monte (zto "F" attrezzature e impianti di interesse generale)	2005	Alluvioni in sinistra idrografica	Argille/ghiaie con intercalazioni argillo-limose/substrato geologico
Area centro città Piazza Mazzini (zto "F" attrezzature e impianti di interesse generale)	2006	Cordone litoraneo	Ghiaie/substrato geologico
Castelferretti-area di proprietà comunale tra la Superstrada e Via Sebastianelli (zto "F" attrezzature e impianti d'interesse generale)	3050 2008	Alluvioni ZA_{LQ}	Limi argillosi con lenti di sabbia/substrato geologico
Villanova-area tra la Via Flaminia-lato mare e lo scalo merci (zto "B" p/edificata)	3050 2008	Cordone litoraneo ZA_{LQ}	Ghiaie con intercalazioni argillose e lenti di sabbia/substrato geologico
Area PEEP Tesoro (zto "C" di espansione)	3023 2099	Sommità collinari ZA_{FR}	Substrato geologico non rigido affiorante

Tabella 3 – Correlazione tra areali di riferimento, MOPS, ambienti deposizionali e sequenza tipo

8.4 CARTA DELLE DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE NATURALI

La carta rappresenta l'ubicazione delle misure di microrumore ambientale a stazione singola HVSR complessivamente utilizzate, con elencate le frequenze fondamentali f_0 e l'ampiezza del picco di risonanza derivante dall'interpretazione dei dati acquisiti.

In funzione del rapporto H/V è possibile fornire indicazioni generali sull'entità del contrasto d'impedenza responsabile dei fenomeni di risonanza e informazioni sullo spessore delle coperture.

f_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Tabella 4 – Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) dai valori delle frequenze di risonanza f_0 determinate dalle misure H/V (da D.Albarello, S. Castellaro, 2011-Ingegneria Sismica)

Per valutare l'importanza del contrasto si fa riferimento alla tabella 4 e generalmente ci si aspettano variazioni significative del contrasto d'impedenza sismica alla base delle coperture per ampiezze del rapporto H/V >3, viceversa per ampiezze H/V <3 questi contrasti sono ridotti (da *“Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola D.Albarello, S. Castellaro, 2011-Ingegneria Sismica”*).

Il range significativo cui fare riferimento per la valutazione della suscettibilità all'azione sismica di un sito è di circa 1÷10 Hz: picchi con frequenza inferiori a 1-2 Hz sono rappresentativi mediamente di contrasti d'impedenza sismica collocati a profondità superiori a 100 metri, mentre per frequenze superiori a 10 Hz si tratta di limiti stratigrafici generalmente esistenti tra coperture e substrato posto a profondità dell'ordine di qualche metro (inferiore a 5 metri).

L'esame della carta delle frequenze consente di fare le seguenti considerazioni:

- 1) nel territorio pianeggiante caratterizzato da depositi alluvionali, si riscontra un range di frequenza dei picchi compresi tra 2 e 5 Hz e ampiezze generalmente tra 3 e 5, attribuibili a contrasti d'impedenza sismica che avvengono tra 10 e 30 metri di profondità, dove maggiore è lo spessore delle coperture.
- 2) Localmente si rilevano contrasti d'impedenza compresi tra 5 e 10 Hz e ampiezze tra 2 e 5, interpretabili come contrasti d'impedenza tra 5 e 20 m di profondità, riferibili a passaggi tra alluvioni fini e grossolane.
- 3) Nell'ambiente collinare, in corrispondenza dei depositi eluvio-colluviali e del substrato geologico, si riscontrano frequenze comprese tra 2 e 4 Hz e ampiezza tra 2 e 3,5, riconducibili a probabili contrasti intraformazionali dovuti a differenti proprietà fisico-meccaniche.

ID_INDPU	Valore Fo	Ampiezza
042018P378HVS469	0.00	NP
042018P380HVS471	0.00	NP
042018P391HVS482	0.00	0.00
042018P392HVS483	0.00	0.00
042018P396HVS487	0.00	0.00
042018P398HVS489	0.00	0.00
042018P399HVS490	0.00	0.00
042018P403HVS494	0.00	0.00
042018P404HVS495	0.00	0.00
042018P414HVS505	0.00	0.00
042018P90HVS114	0.00	0.00
042018P133HVS160	0.00	0.00
042018P362HVS448	0.00	0.00
042018P364HVS450	0.00	0.00
042018P365HVS451	0.00	0.00
042018P366HVS452	0.00	0.00
042018P367HVS453	0.00	0.00
042018P370HVS456	1.80	2.00
042018P377HVS468	2.00	1.90
042018P363HVS449	2.30	2.40
042018P388HVS479	2.30	1.80
042018P381HVS472	2.50	2.10
042018P132HVS158	3.00	1.80
042018P389HVS480	3.24	2.46
042018P383HVS474	3.30	2.10
042018P92HVS117	3.38	2.20
042018P376HVS462	3.50	3.50
042018P401HVS492	3.78	3.50
042018P397HVS488	3.90	2.70
042018P390HVS481	4.06	1.70
042018P368HVS454	4.60	3.10
042018P411HVS502	4.70	4.60
042018P407HVS498	4.80	2.80
042018P387HVS478	5.07	3.94
042018P372HVS458	5.10	3.10
042018P406HVS497	5.50	4.70
042018P400HVS491	5.58	4.00
042018P369HVS455	5.60	5.40
042018P373HVS459	5.60	2.60
042018P402HVS493	6.30	4.50
042018P393HVS484	6.30	2.40
042018P405HVS496	6.50	4.00
042018P410HVS501	6.50	2.90
042018P413HVS504	7.00	2.10
042018P408HVS499	7.10	3.50
042018P394HVS485	8.00	1.80
042018P382HVS473	8.30	1.60
042018P385HVS476	8.45	1.60
042018P412HVS503	8.50	3.40
042018P137HVS168	9.30	2.60
042018P81HVS99	10.00	2.20
042018P409HVS500	10.70	3.20
042018P371HVS457	11.50	4.80
042018P375HVS461	11.90	1.50
042018P384HVS475	16.30	2.60

LEGENDA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA

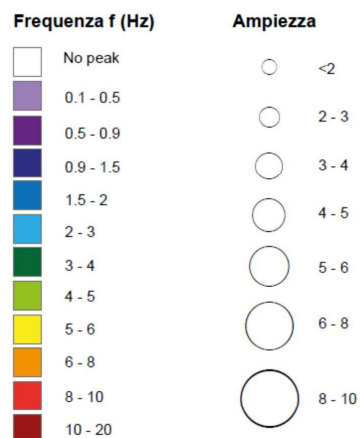


Figura 14 – Distribuzione delle frequenze di risonanza e ampiezza e delle stazioni di misura

4) In ambiente pianeggiante e collinare si sono registrate anche locali misure con picchi a 0 Hz.

Nella Figura 14 precedente è visualizzata la distribuzione dei valori di frequenza e ampiezza in rapporto alla legenda della carta della distribuzione delle frequenze.

8.5 CARTA DELLE MICROZONE SISMICHE

Nell'area del territorio comunale oggetto della microzonazione sismica di livello 2, la carta riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione, assegnando i corrispondenti fattori per gli effetti stratigrafici FA, calcolati per differenti intervalli di periodo, secondo le metodologie indicate al paragrafo 7.

Gli elaborati finali, n.3 carte, sono stati realizzati accoppiando aree con valori di FA simili, per le zone definite come stabili suscettibili di amplificazioni locali e per le zone di attenzione per l'instabilità.

Per quanto riguarda queste ultime si è proceduto ad attribuire il fattore FA, esclusivamente alle aree PAI classificate come P1/P2, R1/R2 come da disciplinare d'incarico, mentre non si è attribuito il fattore FA alle aree PAI classificate come P3/P4 e R3/R4, come chiarito in successivo comunicato del Servizio Protezione Civile della Regione Marche.

La tavola relativa al periodo 0.1-0.5s mostra un range di valori di FA compresi tra:

- 1,5 e 1,6, nella fascia medio-bassa dei versanti collinari lato mare, fascia costiera a Sud della foce dell'Esino e parzialmente lungo la valle dell'Esino (zona stadio);
- 1,7 e 1,8 nella fascia alta e medio-alta dei versanti collinari lato mare e abitato di Castelferretti;
- 1,9 e 2,0 nelle zone alluvionale in prossimità dell'asse fluviale e fascia costiera a Nord della foce.

La tavola relativa al periodo 0.4-0.8s mostra un range di valori di FA compresi tra:

- 1,7 e 1,8 nell'abitato di Castelferretti e parte della zona industriale adiacente, zona a monte dell'ex Montedison;
- 1,9 e 2,0 nel resto del territorio perimetrato.

La tavola relativa al periodo 0.7-1.1s mostra un range di valori compresi di FA tra:

- 1,5 e 1,6 solo nell'abitato di Castelferretti;
- 1,7 e 1,8 in parte della zona industriale, lungo i versanti collinari dell'abitato urbano di Falconara e nella zone alluvionali e costiere a Nord della foce dell'Esino;
- 1,9 e 2,0 nella zona dello stadio e fascia costiera a Sud della foce dell'Esino.

Nella tabella 5 seguente si riportano gli areali d'interesse comunale e i valori dei fattori di amplificazione in funzione degli intervalli di periodo, rimandando per ogni dettaglio alle carte e legende relative.

Areale	FA periodo 0.1-0.5s	FA periodo 0.4-0.8s	FA periodo 0.7-1.1s
Area lungo Via Pergoli-lato monte-di fronte all'ex Preventorio (zto "C" di espansione)	1.8	1.9	1.7
Area lungo Via Marconi-lato monte-(zto "C" di espansione)	1.7	1.9	1.8
Area impianti sportivi comunali-zona stadio-(zto "F" attrezzature e impianti di interesse generale)	1.5	1.9	1.9
Area APU1 lungo Via del Consorzio-lato monte presso rotatoria (zto "C" di espansione)	2.0	1.9	1.6/1.8
Area APU3 tra la SS16 e l'attuale sede ferroviaria a sud dell'ex Montedison (zto "C" di espansione)	1.5/1.8/2.0	1.8/1.9	1.7/1.8/1.9
Area APU3 lungo la SS16-lato monte (zto "F" attrezzature e impianti di interesse generale)	1.8/2.0	1.8/1.9	1.7/1.8
Area centro città Piazza Mazzini (zto "F" attrezzature e impianti di interesse generale)	1.5	1.9	1.8
Castelferretti-area di proprietà comunale tra la Superstrada e Via Sebastianelli (zto "F" attrezzature e impianti d'interesse generale)	1.7 $Z_{A_{LQ}}$	1.7 $Z_{A_{LQ}}$	1.6 $Z_{A_{LQ}}$
Villanova-area tra la Via Flaminia-lato mare e lo scalo merci (zto "B" p/edificata)	1.5 $Z_{A_{LQ}}$	1.9 $Z_{A_{LQ}}$	1.9 $Z_{A_{LQ}}$
Area PEEP Tesoro (zto "C" di espansione)	1.8 $Z_{A_{FR}}$	1.9 $Z_{A_{FR}}$	1.7 $Z_{A_{FR}}$

Tabella 5 – Correlazione tra areali e fattore di amplificazione FA per gli intervalli di periodo

8.6 COMMENTI FINALI E CRITICITA'

La microzonazione sismica di livello 2 ha confermato gli ambiti delle MOPS di livello 1 e valutato i fattori di amplificazione FA per il territorio perimetrato e per alcune aree di trasformazione e/o riqualificazione urbanistica, concordate con l'Amministrazione Comunale di Falconara Marittima.

In particolare non sono presenti zone stabili, cioè zone dove non s'ipotizzano effetti locali di rilievo, sono invece presenti zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per effetti stratigrafici e zone di attenzione riconducibili a effetti d'instabilità e liquefazione.

Nel contesto collinare agli effetti stratigrafici non sono sommati gli effetti dovuti alla morfologia (FT) che sarà oggetto di approfondimento nel livello di microzonazione successiva.

Nell'ambito del presente studio si ritiene in definitiva che l'insieme dei dati abbia un grado di dettaglio attendibile e che le interpretazioni e incertezze siano compatibili con il livello e la scala di approfondimento dello studio.

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Gli eventi di maggiore rilevanza che hanno prodotto danni al patrimonio edilizio del Comune di Falconara Marittima, risalgono alla sequenza sismica del 1972 e al terremoto del 1930.

La sequenza sismica del 1972, con epicentro nel Medio Adriatico, nelle immediate vicinanze della città di Ancona, iniziata nel mese di gennaio causò i maggiori danni con le scosse del 4 e 5 febbraio e del 14 giugno, provocando tra l'altro il danneggiamento del castello di Falconara Alta, attuale sede del Municipio.

Il sisma del 1930 causò i maggiori danni nelle strutture localizzate nella pianura dell'Esino e il crollo parziale del campanile della Chiesa di Santa Maria delle Grazie (Falconara Alta), successivamente riedificato nel 1933.

Gli studi sismici pubblicati nel volume “*Scenari di pericolosità sismica della fascia costiera marchigiana-La microzonazione sismica di Senigallia* (Mucciarelli M. e Tiberi P, 2007)”, considerano la sorgente sismogenetica “*Senigallia-ITGG030*” responsabile del terremoto del 1930, localizzata a una profondità compresa tra 3 e 8 Km, in corrispondenza di un sovrascorrimento cieco, associato a un'anticlinale costiera.

Tale sorgente individuale è inclusa nella sorgente areale “*Pesaro-Senigallia-ITSA032*”, che si colloca lungo la direzione del sovrascorrimento cieco responsabile della crescita dell'anticlinale costiera sul tratto di costa tra Pesaro e Senigallia (da: “*La microzonazione sismica di Senigallia*”).

10. BIBLIOGRAFIA

- Cantalamessa G., Centamore E., Chiocchini U., Colalongo M.L., Micarelli A., Nanni T., Pasini G., Potetti M. & Ricci Lucchi F.(1986). Il Plio-Plesitocene delle Marche. In: Centamore E. & Deiana G.-La Geologia delle Marche. Studi Geologici Camerti
- Nesci O. & Savelli D. (1986). Cicli continentali tardo-quadernari lungo i tratti vallivi mediani delle Marche settentrionali. Geografia Fisico-Dinamica del Quaternario
- AA.VV. (1990) Ambiente fisico delle Marche. Geologia, Geomorfologia, Idrogeologia. Regione Marche
- Passeri L. (a cura di) (1994) Guide Geologiche Regionali: Appennino Umbro-Marchigiano. Società Geologica Italiana & BE-MA editrice
- Bigi S., Calamita F., Cello G., Centamore E., Deiana G., Paltrinieri W. & Ridolfi M. (1995). Evoluzione Messiniano-Pliocenica del sistema Catena-Avanfossa nell'area marchigiano-abruzzese esterna. Studi Geologici Camerti
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tirabusi G., Valensise G. Catalogue of stronger earthquakes in Italy 461 B.C.-1997 and Mediterranean Area 760 B.C.-1500 (<http://storing.ingv.it/cfti4med/#>)
- M. Mosca-M. Tesei-M. Moreschi (ATP, 2013) Microzonazione Simica livello 1, Comune di Falconara Marittima
- Piano di Assetto Idrogeologico 2016, Carta del Rischio Idrogeologico.

11. ALLEGATI

1. Carta delle Indagini, scala 1:10.000
2. Carta Geologico-Tecnica, scala 1:10.000
3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, scala 1:10.000
4. Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni, scala 1:10.000
5. Carta di Microzonazione Sismica-livello 2 intervallo di periodo 0.1-0.5s, scala 1:10.000
6. Carta di Microzonazione Sismica-livello 2 intervallo di periodo 0.4-0.8s, scala 1:10.000
7. Carta di Microzonazione Sismica-livello 2 intervallo di periodo 0.7-1.1s, scala 1:10.000