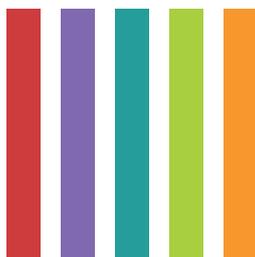




Provincia di Ancona
CITTÀ DI OSIMO

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE



PIANO URBANISTICO COMUNALE

SERIE L : MZS | MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO

RELAZIONE

ELABORATI DI PRIMA ADOZIONE | MARZO 2023

L.R. 34/92 Art. 26.1

Comune di Osimo

Amministrazione Comunale

Sindaco

Dott. Simone Pugnalone

Assessore all'Urbanistica e Patrimonio

Dott.ssa Annalisa Pagliarecci

Gruppo tecnico di progettazione

Ufficio progetti speciali ed Edilizia Urbanistica

Arch. Manuela Vecchietti

Responsabile Unico del Procedimento, Progetto di Piano

Geom. Dario Santagiustina

Coordinamento, Progetto di Piano

Dott.ssa Sabina Bottegoni

Aspetti amministrativi

Collaboratori

Dott.ssa Ilaria Marini

Arch. Chiara Pasqualini

Area Urbanistica Dipartimento SIMAU - UNIVPM

Prof. Arch. Giovanni Marinelli

Coordinamento tecnico-scientifico, Progetto di Piano

Ing. Luca Domenella

Aspetti storico-culturali, resilienza territoriale, Progetto di Piano

Ing. Francesco Botticini

Aspetti urbano-territoriali, insediativi, SIT

Ing. Monica Pantaloni

Aspetti ambientali, REM, REC

Collaboratori

Ing. Silvia Mazzoni, Arch. Alessia Boschini

Arch. Jessica Bruni, Arch. Silvia Cerigioni

Dott. Luigi Alessandrino

Consulenze specialistiche

Aspetti botanico-vegetazionali

Studio Forestale Associato
ForestAmbiente
Dott.ssi N. Capicciotti e C. Bambozzi
Gestione Forestale
Progettazione verde urbano
Tecnologia del Legno

www.forestambiente.it
studio@forestambiente.it



Dott.ssa For. Carla Bambozzi

Collaboratori

Dott. For. Natalino Capicciotti

Dott.ssa For. Francesca M. Lallo

Coordinamento della VAS e degli Aspetti Acustici



Centro assistenza Ecologica Srl

Dott. Andrea Ascani

Dott. Stefano Virgulti

Dott.ssa Eleonora Nagliati

Ing. Ilaria Bechis

Attività di rilievo e modellazione 3D



Aspetti geologici - geomorfologici

Dott. Geol. Fabio Vita

Contributi di settore

Microzonazione sismica

Dott. Geol. Maurizio Piccini



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

PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO
ANNUALITÀ 2015

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Marche
Comune di Osimo



Regione Marche



Soggetto realizzatore

Dott.Geol. Maurizio Piccini

Collaboratore

Dott.Geol. Riccardo Teloni

Data

Novembre 2018

Sommario

1 INTRODUZIONE.....	2
2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	3
3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	8
4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	11
5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO	12
6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	13
7 ELABORATI GRAFICI	19
7.1 Carta delle Indagini.....	19
7.2 Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica.....	19
7.3 Carta delle delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....	19
7.4 Carte di microzonazione sismica	20
7.5 Carta delle frequenze	21
6 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	21

1 INTRODUZIONE

Nel presente lavoro sono esposti i risultati delle indagini di Microzonazione Sismica di II livello.

Tale lavoro si basa sui dati elaborati e validati della Microzonazione Sismica di I Livello condotta su determinate aree del Comune di Osimo (Aree edificate e di sviluppo sia civile che industriale).

Le indagini di Microzonazione Sismica di I livello (MS I) avevano lo scopo di individuare, a scala comunale o sub comunale, le zone che, per le loro caratteristiche geomorfologiche, litostratigrafiche e geotecniche, possono presumibilmente avere un comportamento omogeneo in risposta alle sollecitazioni sismiche e in particolare se tali zone possano creare amplificazioni del moto sismico atteso (ossia l'accelerazione del suolo attesa in condizioni ideali di substrato rigido affiorante e pianeggiante). L'amplificazione del moto del suolo durante un sisma, se non considerato, può portare a possibili conseguenze negative (deformazione permanenti, lesioni...) per le costruzioni e le infrastrutture. Tali danneggiamenti possono derivare direttamente dallo scuotimento dovuto al sisma o da deformazioni dei terreni di fondazione indotti dal terremoto (cedimenti differenziali, liquefazione...).

La Microzonazione Sismica di II livello invece si pone due obiettivi da raggiungere in sequenza:

- compensare alcune incertezze del livello 1 con approfondimenti conoscitivi;
- fornire quantificazioni numeriche (fattore di amplificazione F_a) della modificazione locale del moto sismico in superficie (zone stabili o stabili suscettibili di amplificazioni locali) e dei fenomeni di deformazione permanente (zone di attenzione per di instabilità di vario genere). Alla conclusione degli studi eseguiti si possono determinare modificazioni delle geometrie delle zone individuate precedentemente nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di I livello.

Quindi, attraverso correlazioni e confronti con i risultati del livello 1, si giunge ad una revisione del modello geologico, e alla realizzazione di una *Carta di Microzonazione Sismica* nella quale le zone a comportamento omogeneo sono caratterizzate da un parametro numerico descrittivo degli effetti attesi (fattore di amplificazione F_a).

Per ottenere tali parametri si eseguono indagini e misure strumentali di tipo geofisico con tecniche attive e passive per la stima delle onde di taglio Vs, e dei microtremori per la valutazioni di eventuali fenomeni di risonanza dei terreni.

Quindi, sulla base della Carta delle indagini della MZS I livello, si programmeranno eventuali nuove indagini sismiche dove sono più carenti o dove bisogna determinare con maggiore dettaglio alcune situazioni.

Il risultato di questo livello di approfondimento è la Carta di Microzonazione Sismica, ottenuta associando una quantificazione numerica degli effetti, con metodi semplificati (abachi regionali), alle zone cartografate nella Carta delle MOPS; in particolare, in seguito ai risultati ottenuti, si sono accorpate o suddivise le aree omogenee individuate nel I livello

In sostanza, si mantiene la suddivisione in zone stabili suscettibili di amplificazione e le zone di attenzione per instabilità (zone instabili nel I livello), ma queste vengono caratterizzate da un parametro numerico che è il Fattore di amplificazione dei terreni.

Si ricorda che le:

- le zone stabili suscettibili di amplificazione zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida ($V_s > 800\text{m/s}$) e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
- le zone di attenzione per instabilità in cui sono presenti, o suscettibili di attivazione, fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

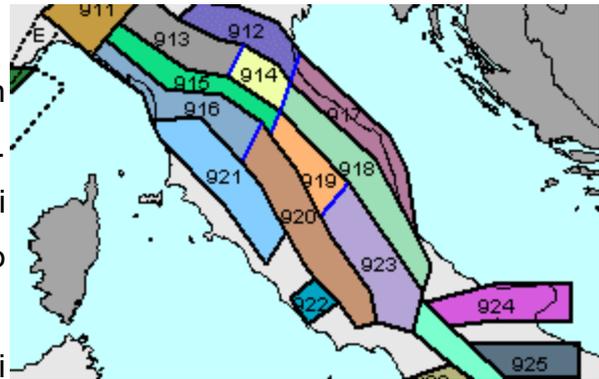
Anche i dati e le elaborazioni ottenute in questa II fase, oltre a indirizzare scelte urbanistiche e di protezione civile, servono anche ad individuare quelle zone che necessitano di ulteriori indagini che definiscano, anche a livello quantitativo, il grado di pericolosità sismica.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

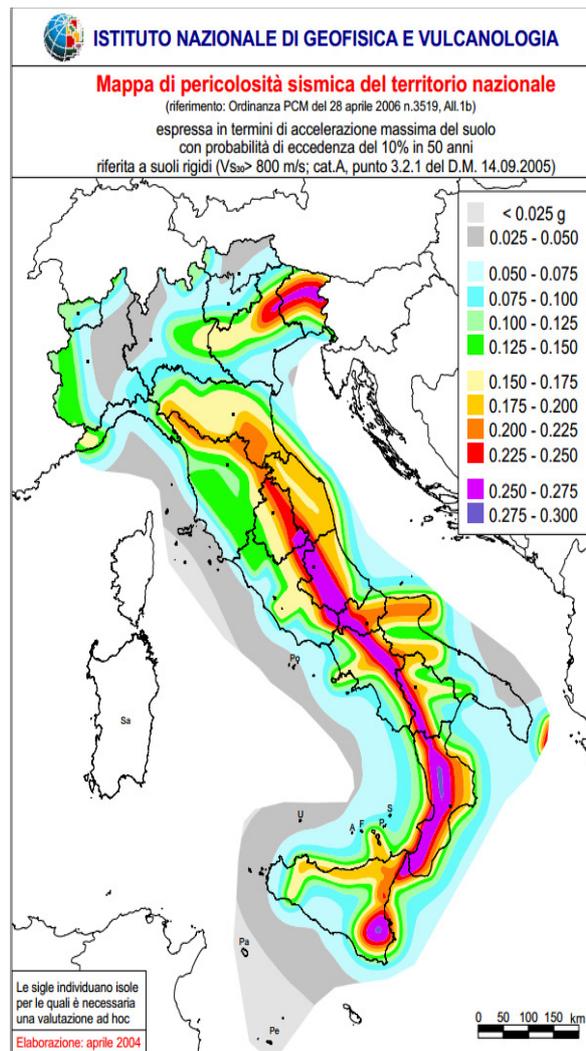
Lo studio di MS fornisce una base conoscitiva della pericolosità sismica locale delle diverse zone e consente di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico, a varie scale.

Il territorio marchigiano è stato sede di intensa attività sismica, sia per l'intensità dei terremoti, che per la loro frequenza. A partire dall'anno 1000 ad oggi, possiamo contare circa una ventina di eventi distruttivi con zona epicentrale in territorio marchigiano. Questi terremoti hanno prodotto danni non inferiori a quelli di Senigallia (AN) nel 1930, di Castignano (AP) nel 1943, quelli di Ancona del 1972, fino alle recenti sequenze sismiche dell'Appennino Umbro-Marchigiano del settembre ottobre 1997. Oltre ai terremoti che si sono generati nel territorio marchigiano è necessario ricordare quelli con epicentro nelle regioni limitrofe ma che hanno prodotto danni anche nelle Marche. Norcia ad esempio è stata colpita il 14 gennaio 1703 da uno dei

terremoti più forti della storia sismica italiana; l'evento, il primo di una serie, fu risentito con effetti distruttivi anche nel territorio marchigiano. Danni nelle Marche sono stati prodotti anche dai terremoti originatesi nelle zone di Sansepolcro (AR), di Rimini, del Forlivese e dell'Aquilano.



Sulla base di queste considerazioni nonché sui caratteri sismotettonici di questa regione è stata realizzata una zonazione del territorio mostrata a lato, in cui con i colori diversi si individuano diverse fasce. La larghezza delle zone è dovuta al fatto che le diverse fasce sono costituite da numerose strutture attive tra le quali non è possibile indicare con certezza quale genererà il prossimo terremoto. All'interno di ciascuna zona le caratteristiche della sismicità (massima magnitudo attesa, tempi di ritorno, ecc.) sono considerate omogenee e il prossimo terremoto si potrà verificare in un qualsiasi punto della zona.



Nel particolare **la pericolosità di base del territorio comunale di Osimo** viene di seguito definita sulla base dei dati di sismicità storica (vedi anche l'allegato 1), dei parametri per la definizione delle forme spettrali previste dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni e dalle mappe interattive di pericolosità sismica.

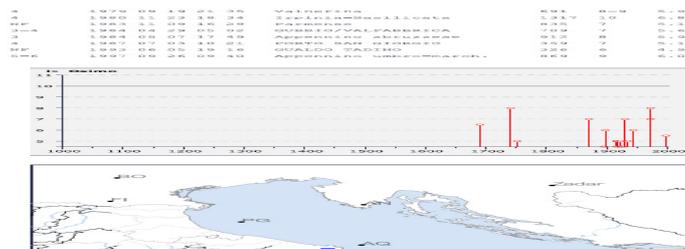
I dati di sismicità storica riguardanti l'area in esame sono stati reperiti dall'archivio DBMI08aq2 prodotto recentemente dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.). Nella tabella sono riportati gli eventi significativi che hanno interessato il territorio di Osimo (per ogni evento sismico, elencato per magnitudo decrescente, sono riportati: la data e l'ora di occorrenza, il valore di intensità sismica raggiunto nel comune, il sito epicentrale e la relativa intensità sismica). A cura di M.Locati (INGV-MI) Aprile 2009. Database macrosismico italiano. DBMI08aq è realizzato nell'ambito dell'attività del Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici", con il contributo iniziale del Progetto INGV-DPC S1 della convenzione INGV-DPC 2004-2006.

**Storia sismica di Osimo
[43.485, 13.483]**

Numero di eventi: 41

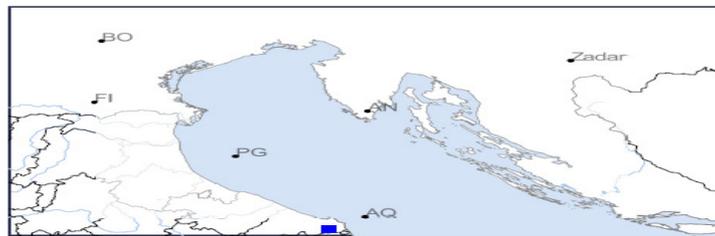
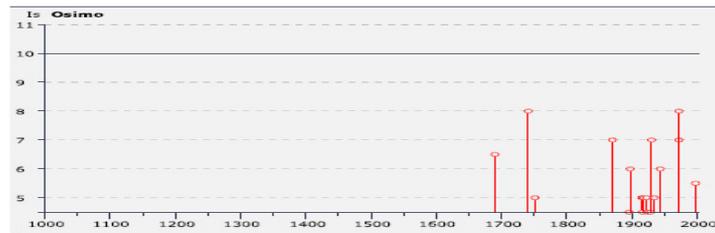
Effetti In occasione del terremoto del:

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
3-4	1672	04	14	15	45	Riminese	92	8	5.60
6-7	1690	12	23	00	20	Anconetano	17	8-9	5.73
8	1741	04	24	09	20	FABRIANESE	135	9	6.08
5	1751	07	27	03		GUALDO TADINO	61	10	6.30
NC	1781	06	03			CAGLIESE	157	10	6.23
7	1870	02	08			NUMANA	10	7	5.11
F	1887	05	26			JESI	19	6	4.63
4-5	1895	04	14	22	17	Slovenia	296	8	6.25
6	1897	09	21			ADRIATICO CENTRALE	44	7	5.50
2	1898	06	27	23	38	RIETI	186	8	5.48
3	1903	11	02	21	52	VALNERINA	33	6-7	5.03
NF	1904	11	17	05	02	PISTOIESE	204	7	5.18
3-4	1907	01	23	00	25	ADRIATICO CENTRALE	93	5	4.84
2-3	1911	02	19	07	18	Romagna meridionale	185	7	5.38
5	1915	01	13	06	52	AVEZZANO	1040	11	6.99
F	1916	04	22	04	33	AQUILANO	9	6-7	5.18
4-5	1916	05	17	12	50	Alto Adriatico	130	8	5.85
3	1916	08	16	07	06	Alto Adriatico	256	8	5.92
5	1917	11	05	22	47	NUMANA	26	6-7	5.36
2-3	1918	11	10	15	12	Appennino romagnolo	95	8	5.79
4	1919	06	29	15	06	Mugello	267	9	6.18
F	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
5	1922	06	08	07	47	CALDAROLA	52	6-7	5.00
4-5	1924	01	02	08	55	SENIGALLIA	73	7-8	5.59
4-5	1928	05	30	20	01	ADRIATICO CENTRALE	17	5	5.06
2	1929	04	20	01	09	Bolognese	628	8	5.55
7	1930	10	30	07	13	SENIGALLIA	263	8-9	5.94
5	1934	11	30	02	58	Adriatico	51	5	5.77
3	1936	10	18	03	10	BOSCO CANSIGLIO	267	9	5.90
NF	1940	10	16	13	17	RADICOFANI	106	7-8	5.30
6	1943	10	03	08	28	OFFIDA	86	9	5.81
7	1972	02	04	02	42	Medio Adriatico	75	8	5.18
8	1972	06	14	18	55	Medio Adriatico	17	8	5.40

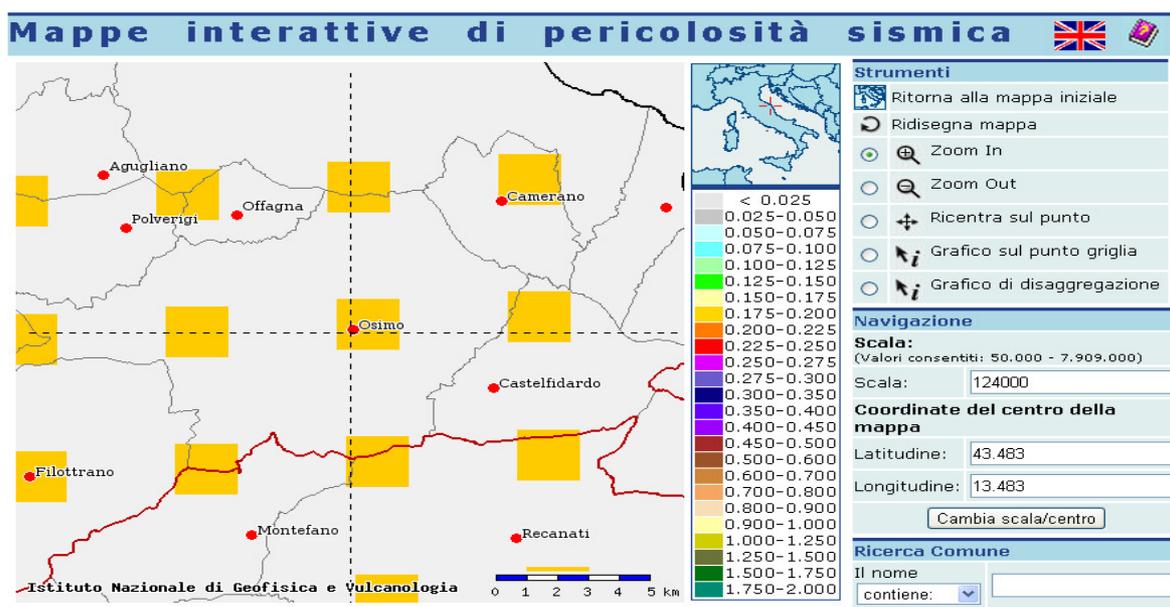


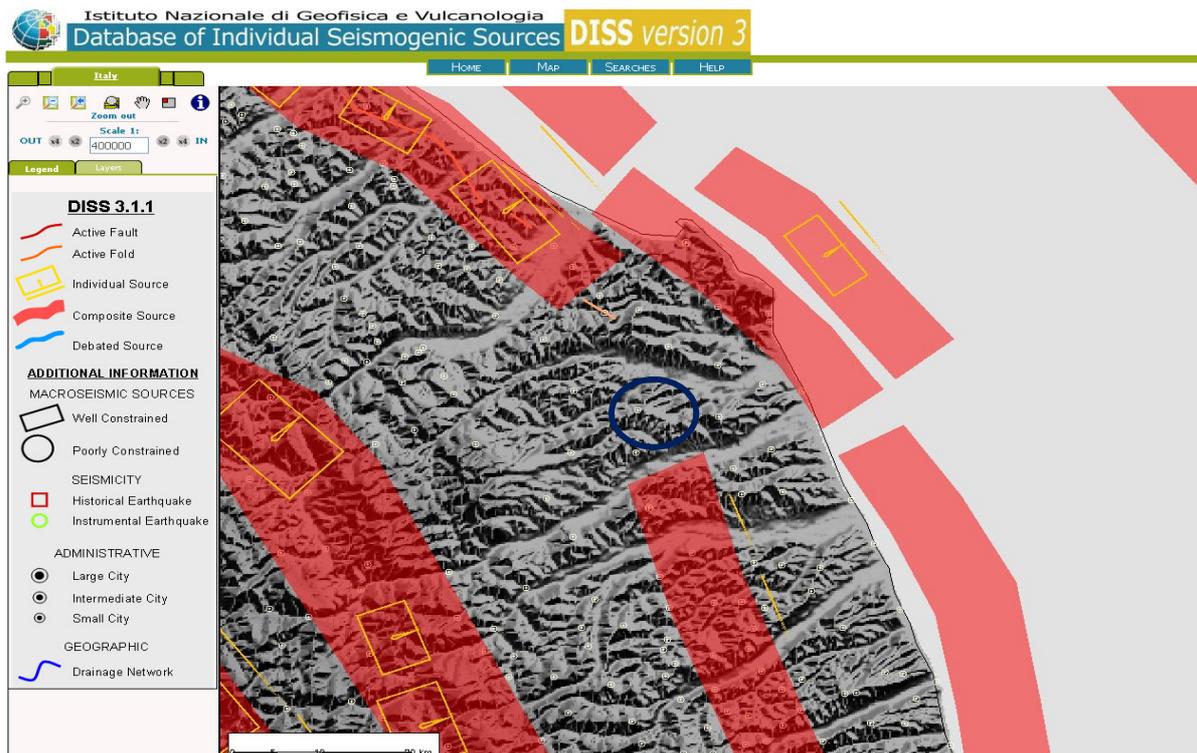
Nella Figura sottostante è invece riportato il grafico anno/intensità per i principali eventi sismici.

4	1979	09	19	21	35	Valnerina	691	8-9	5.90
4	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.89
NF	1983	11	09	16	29	Farmense	835	7	5.10
3-4	1984	04	29	05	02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.68
3	1984	05	07	17	49	Appennino abruzzese	912	8	5.93
4	1987	07	03	10	21	PORTO SAN GIORGIO	359	7	5.18
NF	1993	06	05	19	16	GUALDO TADINO	326	6	4.92
S-6	1997	09	26	09	40	Appennino umbro-march.	869	9	6.05



Per il territorio di Osimo la massima accelerazione attesa su suolo rigido è pari a 0,183g per tempo di ritorno di 475 anni, periodo, quest'ultimo, di riferimento per i normali edifici residenziali (dato evidente anche dalla figura seguente).





Carta delle sorgenti sismogenetiche censite con il progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, versione 3, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'area compresa dal Comune di Osimo ricade nel settore orientale del Bacino *periadriatico esterno* che costituisce la porzione orientale del settore centrale dell'Appennino umbro-marchigiano. Questo è costituito da una catena caratterizzata da pieghe e sovrascorrimenti a prevalente vergenza orientale che, in affioramento, interessa una successione sedimentaria di età compresa tra il Trias superiore al Pleistocene inferiore.

Tale successione, condizionata anche da un'intensa tettonica sinsedimentaria, presenta numerose variazioni di spessori e di *facies* sia in senso laterale che verticale e riflettendo così la sua evoluzione nello spazio e nel tempo.

Dal Trias a tutto l'Eocene la sedimentazione è essenzialmente carbonatica ed è costituita dalla nota successione *umbro-marchigiana* ben descritta in letteratura, mentre nell'Oligocene diviene prevalentemente terrigena. Nel Miocene il *bacino umbro-marchigiano* viene interessato da una fase compressiva (in migrazione da ovest verso est) e assume le caratteristiche di un'*avanfossa torbiditica* non uniforme ma variamente articolata. L'articolazione del bacino torbiditico comporta la presenza di zone più rialzate e zone più depresse; le prime sono sede di deposizione mare poco profondo e/o continentale (*Formazione gessoso-solfifera, Argille a colombacci*) mentre le zone più

profonde sono colmate da sedimenti torbiditici derivanti da varie aree di alimentazione (*Formazione marnoso-arenacea, Formazione di San Donato, Formazione della Laga...*). Tali successioni torbiditiche poggiano generalmente in discordanza sui sedimenti sottostanti.

I sedimenti miocenici vengono a loro volta interessati da un'intensa tetto-genesi nel Pliocene inferiore che corruga e provoca un generale sollevamento dell'area e la formazione del *bacino marchigiano esterno* caratterizzato da una morfologia articolata che condiziona la sedimentazione. Tale bacino è colmato dai depositi marini clastici e/o emipelagici delle *Argille azzurre* poste in discordanza sui sedimenti miocenici. Le *Argille azzurre* sono costituite da una potente successione pelitica con intercalati, a varie altezze stratigrafiche, orizzonti clastici a granulometria grossolana e geometria variabile da lenticolare a tabulare. Le *Argille azzurre* mostrano un'età compresa tra il Pliocene inferiore p.p. e il Pleistocene inferiore p.p.

Una ulteriore discordanza separa le *Argille azzurre* dai soprastanti depositi della *Formazione di Fermo* di ambiente da litorale a continentale.

I terreni costituenti il substrato geologico dell'area del Comune di Osimo sono ascrivibili alla parte alta delle *Argille azzurre* e caratterizzati da una successione pelitica pleistocenica con intercalazioni di orizzonti a *litofacies* pelitico-arenacea e arenaceo-pelitica; questi sono costituiti da alternanze di strati pelitici e arenacei con rapporto sabbia argilla rispettivamente minore di 1 e maggiore di 1. Tale successione secondo la cartografia CARG (Foglio 293) prosegue con la deposizione della *litofacies* arenacea di ambiente litorale costituita da strati medi e spessi di arenaria e sabbie con sottili interstrati pelitici e sottili intercalazioni conglomeratiche. Tale *litofacies* affiora nel centro storico di Osimo, nel Monte S. Pietro. Nella porzione più orientale della dorsale morfologica di Offagna, area della Villa di Montegallo, e nell'abitato di Santo Stefano affiorano invece le arenarie e sabbie della *Formazione di Fermo* (probabile Siciliano) che chiude la sedimentazione marina dell'area; tale formazione è riferibile ad ambienti di spiaggia.

Strutturalmente l'area è caratterizzata da una monoclinale con immersione verso ENE e inclinazione degli strati variabile tra 0 e 10 gradi. La successione, nell'area in esame, è dislocata da una faglia diretta inattiva che ribassa il settore orientale. Tale faglia rilevata, ad ovest di Santo Stefano, non è visibile sul terreno ma è stata dedotta dalla non corrispondenza dei limiti geologici delle varie litologie ad est e ad ovest della linea di faglia interpretata.

Successivamente alla deposizione della Formazione di Fermo l'area viene ulteriormente sollevata sino all'emersione definitiva. Questa pone i sedimenti marini sotto l'azione erosiva subaerea che modella il paesaggio articolandolo in valli e rilievi fino ad arrivare all'attuale configurazione morfologica che è spesso condizionata sia dalla litologia che dall'assetto strutturale.

L'azione dei corsi d'acqua e degli agenti atmosferici ha generato una forte diffusione delle coperture continentali quaternarie come i depositi alluvionali, i depositi eluvio-colluviali, e i corpi di frana.

I depositi alluvionali terrazzati sono essenzialmente sviluppati nelle valli maggiori (F. Aspio e F. Musone) e in alcune valli minori. I depositi terrazzati sono suddivisi, spesso su base morfologica, in più ordini e, come in tutte le valli principali delle Marche, essi sono più sviluppati in sinistra idrografica. Nelle valli dei fiumi principali essi sono caratterizzati da una porzione superiore limoso-argillosa e limoso sabbiosa seguita verso il basso da ghiaie sabbiose di spessore variabile. La parte limosa mostra spessori variabili da circa 2 m a circa 29 m mentre la frazione ghiaiosa mostra spessori variabili da 0 a 15 m. Le ghiaie basali delle alluvioni terrazzate costituiscono un acquifero importante che viene sfruttato sia per scopi irrigui sia per uso potabile. Le alluvioni terrazzate del F. Musone raggiungono circa i 30 m di spessore mentre quelle del F. Aspio possono arrivare anche ai 30-35 m di spessore.

I depositi eluvio-colluviali derivano dall'alterazione chimica e meccanica del substrato geologico e dei depositi alluvionali e formano estese coperture eluvio-colluviali di spessore estremamente variabile; sulle sommità delle dorsali morfologiche lo spessore è di circa 1-3 m mentre alla base dei versanti e nelle vallecole può raggiungere anche i 10 m la litologia riflette quella dei terreni da cui si originano ed è essenzialmente limoso-argillosa e limoso-sabbiosa.

La morfologia dell'area in esame è di tipo collinare con rilievi generalmente dolci e pendenze massime dell'ordine dei 20° che tendono a raccordarsi gradualmente con le morfologie pianeggianti dei depositi alluvionali terrazzati di fondo valle. Bruschi aumenti di pendenza possono registrarsi in corrispondenza di affioramenti di terreni più resistenti all'erosione come le litofacies arenacee e arenaceo-pelitiche.

Il reticolo idrografico presenta la caratteristica forma dendritica tipica dei terreni prevalentemente impermeabili. Evidente, in molti casi, la forte antropizzazione dei corsi d'acqua con interramenti, rettifiche, deviazioni, restringimenti di sezione ecc..

I corsi d'acqua principali sono il F. Musone e il F. Aspigo (area in sinistra idrografica) con i loro principali affluenti. Il primo attraversa il territorio comunale circa da Ovest a Est mentre il F. Aspigo corre da ovest a est per il primo tratto per poi correre circa nordovest-sudest nel secondo (tra la frazione dell'Aspigo e Osimo Stazione).

I processi morfologici attualmente agenti sul territorio, sono soprattutto dissesti gravitativi superficiali e fenomeni dovuti all'azione erosiva delle acque superficiali;

I fenomeni franosi sono associabili a colamenti, scivolamenti e fenomeni complessi che associano i due movimenti principali. che interessano sia la coltre eluvio-colluviale che il substrato; Le dimensioni sono estremamente variabili e talvolta, come nella valle del F. San Valentino o a nord di Santo Stefano possono unirsi a formare interi versanti instabili.

Il grado di attività varia dall'attivo al quiescente; I dissesti generalmente si manifestano con piccoli e relativamente lenti movimenti. Attualmente alcuni di tali dissesti interessano, con movimenti di due/tre centimetri, alcune strade di importante comunicazione come la Via Chiaravallese e la Strada che collega Osimo con Osimo Stazione. Un'altra frana è indicata dal PAI nel versante sud di Osimo in corrispondenza del Maxiparcheggio di Via Colombo e in prossimità dell'impianto di risalita. Tale movimento è stato oggetto di alcune opere di mitigazione come gabbionate e regimazione delle acque superficiali.

I fenomeni dovuti all'azione erosiva delle acque superficiali sono riferibili a incisioni fluvio-torrentizie e a moderati ruscellamenti areali e/o concentrati, particolarmente attivi nelle zone più acclivi e in quelle prive di vegetazione. I primi sono responsabili principalmente delle erosioni laterali di sponda con danni in corrispondenza di zone antropizzate mentre i secondi, essendo arealmente più estesi, provocano disagi sia sulle vie di comunicazione che sui centri abitati in particolare nei periodi di aratura quando nei campi non è presente la vegetazione.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la definizione dei dati geotecnici e geofisici si è eseguita una media tra i principali parametri geotecnici desumibili da tutte le indagini raccolte.

Si riportano, quindi, i litotipi differenziati nella carta geologica – tecnica con elencati i principali parametri geotecnici medi:

TERRENO DI RIPOSO

Peso Specifico (γ) = 1.85 T/m³ (18,14 KN/m³)

LIMI ARGILLOSI E SABBIOSI ELUVIO COLLUVIALI E ALLUVIONALI

Peso Specifico (γ) = 1.90 - 1.95 T/m³ (18,63 – 19.12 KN/m³)

Coesione non drenata (C_u) = 0.50 – 1.00 Kg/cm² (49.03 – 98,06 Kpa)

Coesione efficace (C') = 0.05 – 0.12 Kg/cm² (4.90 – 11.76 Kpa)

Angolo di attrito (Φ) = 20 – 22°

SUBSTRATO ARGILLOSO

Peso Specifico (γ) = 2.00 – 2.10 T/m³ (19.61 – 20.59 KN/m³)

Coesione non drenata (C_u) = 1.50 – 3.00 Kg/cm² (245,16 – 294,20 Kpa)

Coesione efficace (C') = 0.20 – 0.25 Kg/cm² (19.61 – 24.51 Kpa)

Angolo di attrito (Φ) = 22 – 25°

SUBSTRATO ARENACEO E ARENACEO PELITICO

Peso Specifico (γ) = 2.00 – 2.10 T/m³ (19.61 – 20.59 KN/m³)

Angolo di attrito (Φ) = 32 – 35°

SABBIE GHIAIOSE E GHIAIE SABBIOSE ALLUVIONALI

Peso Specifico (γ) = 2.00 – 2.10 T/m³ (19.61 – 20.59 KN/m³)

Angolo di attrito (Φ) = 30 – 35°

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il modello del sottosuolo dell'area indagata risulta piuttosto semplice e relativamente omogeneo; infatti si osserva la presenza di un substrato geologico pleistocenico coperto da coltri eluvio-colluviali e/o depositi alluvionali terrazzati. Nelle zone più antropizzate sono presenti anche discreti spessori di terreno di riporto (nella zona del maxiparcheggio e dell'impianto di risalita si raggiungono oltre i 10 metri di spessore).

Il substrato è costituito essenzialmente da limi argillosi coesivi sovraconsolidati (COS nella carta geologico-tecnica) con rare intercalazioni di orizzonti caratterizzati da alternanze di strati sabbiosi e argillosi con prevalenza della frazione sabbiosa (frazione la Villa e area ovest della zona comprendente il centro di Osimo) (ALS nella carta geologico-tecnica). Tale substrato, sui versanti, risulta sepolto da estese coperture eluvio-colluviali limoso-argillose e limoso-sabbiose (MLec nella carta geologico-tecnica) che tendono ad avere gli spessori minori sulle sommità delle dorsali morfologiche per poi aumentare considerevolmente procedendo verso il piede del pendio e sulle vallecole.

Da segnalare che, nella fascia di passaggio tra le coperture eluvio-colluviali ed il substrato, le caratteristiche meccaniche variano in modo progressivo con la profondità e pertanto il

passaggio tra i due litotipi non mostra, allo stato attuale delle conoscenze forti contrasti di impedenza.

Un'ulteriore litologia del substrato è costituita da sabbie e arenarie stratificate (GRS nella carta geologico-tecnica) i cui affioramenti sono imitati al centro storico di Osimo, alla sommità del Monte S. Pietro, all'abitato di S. Stefano e alla zona della Villa Montegallo a NW di S. Biagio. Tale litologia, trovandosi al top delle dorsali morfologiche risulta generalmente privo di copertura eluvio-colluviale mentre nelle zone del centro storico di Osimo mostra spessori vari di terreno di riporto. Sempre nella zona del centro storico le sabbie ed arenarie sono caratterizzate dalla presenza di numerose grotte di origine antropica che possono in qualche modo influire sull'amplificazione delle onde sismiche. Infatti in tale area è stata considerata come zona di sovrapposizione di due pericolosità differenti: zona stabile suscettibile di amplificazione e presenza di cavità sotterranee.

Allo stato attuale non si hanno dati per valutare se il contatto tra le sabbie ed arenarie (GRS) e i limi argillosi sovraconsolidati (COS) dia origine ad amplificazione del moto del suolo.

Nelle piane alluvionali dei fiumi principali e dei loro maggiori affluenti il substrato geologico (COS) è coperto da depositi alluvionali terrazzati che mostrano una marcata geometria lenticolare con spessori che tendono progressivamente ad aumentare procedendo verso il centro della valle. Tali depositi sono costituiti da litotipi limoso-argillosi e limoso-sabbiosi e da litotipi ghiaiosi e sabbiosi ghiaiosi. I primi sono generalmente concentrati nella porzione superiore mentre i depositi più grossolani tendono spesso a costituire la base del materasso alluvionale e quindi a porsi in contatto con il substrato impermeabile. Quest'ultimo pertanto funge da acquiclude per la falda contenuta nei depositi grossolani basali.

Nei depositi del Fiume Aspio si rinviene anche una falda sospesa e di portata limitata alla profondità di circa 4-6 m contenuta in limi sabbiosi. La falda più importante è comunque contenuta nelle ghiaie basali. Le granulometrie presenti e la falda contenuta generalmente contenuta in depositi grossolani implicano, allo stato attuale delle conoscenze e quindi con i dati geognostici a disposizione, l'assenza di fenomeni di liquefazione.

6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Come anticipato nella premessa la Microzonazione Sismica di II livello si pone due obiettivi da raggiungere in sequenza:

- compensare alcune incertezze del livello 1 con approfondimenti conoscitivi;
- fornire il fattore di amplificazione F_a e la sua variabilità nelle zone interessate dalla microzonazione (zone edificate o da edificare)

Tali risultati si ottengono attraverso indagini di tipo geofisico con tecniche attive (per la stima delle V_s) e passive (misura dei microtremiti e quindi quantificazione della frequenza di risonanza dei terreni f).

Di seguito si riporta lo schema delle prove sismiche reperite nel 2013 per la MZS I livello, le prove sismiche reperite dal 2013 al 2018 e quelle eseguite durante la stesura della MZS di II livello.

HVSr			
I Livello 2013 (Reperiti)	II Livello dal 2013 a 2018 (Reperiti)	II livello (Nuova esecuzione)	Totale
25	20	11	56
MASW			
I Livello 2013 (Reperiti)	II Livello dal 2013 a 2018 (Reperiti)	II livello (Nuova esecuzione)	Totale
38	1	5	44

Per la redazione della MZS di II Livello e quindi per la stima dei Fattori di Amplificazione F_a , il Dipartimento di Protezione Civile ha redatto e fornito gli “Abachi Regionali” dell’area marchigiana.

La regione è stata suddivisa in tre grandi domini: il dominio Calcarea, quello Terrigeno ed il dominio Alluvionale.

Nell’Allegato 1 dell’abaco è riportata l’appartenenza dei singoli comuni ai diversi domini e, in caso di attribuzione dubbia oppure laddove fossero presenti nello stesso comune caratteristiche proprie di diversi domini, viene riportata più di un’appartenenza.

Per ciascuno di questi domini vengono definite due triplette di abachi (Allegato 2). La prima tripletta riguarda le situazioni nelle quali la profondità del tetto del substrato sismico (ovvero il tetto dei corpi geologici con velocità delle onde S almeno pari a 800m/s) è maggiore di 30m e la seconda relativa alle situazioni in cui questo substrato si trova a profondità comprese tra 3 m e 30 m.

Per ciascuna di queste due situazioni ci sono tre abachi relativi rispettivamente a tre intervalli di periodo di vibrazione:

0.1 - 0.5 s,

0.4 - 0.8 s

0.7 - 1.1 s.

Ciascun abaco riporta un valore del fattore di amplificazione (relativo quindi allo specifico dominio, classe di profondità del substrato sismico e intervallo di periodo di vibrazione) in funzione di due grandezze i cui valori andranno ricavati per via sperimentale: il valore di V_{s30} o V_{sH} ed il valore della frequenza di risonanza f_0 relativa alle coperture.

Per V_{s30} si intende la velocità media delle onde S nei primi 30 metri, per V_{sH} la velocità media fino al substrato sismico: le due stime di velocità sono da utilizzarsi rispettivamente nei casi in cui il substrato sismico si trova a profondità maggiori o minori di 30m.

I due parametri chiave (V_{s30} o V_{sH} f_0) sono indicati in forma di classi di valori secondo quanto indicato nella tabella seguente:

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 1: Classi relative ai valori dei due parametri rappresentativi dalla 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}).

La procedura prevista per l'applicazione degli abachi è la seguente:

1. si individua l'abaco relativo alla località di interesse (a partire dal dominio/i geologico di appartenenza).
2. Si definisce la profondità attesa del substrato ed in particolare si stabilisce se questo si trova sopra o sotto i 30 m di profondità; per spessori delle coperture inferiori a 3 m il basamento sismico è considerato affiorante.

3. Si eseguono misure di tipo sismico per la definizione del valore di V_{s30} o V_{sH} (per esempio con tecniche attive di tipo MASW o tecniche passive tipo ESAC) e di f_0 (per esempio con misure del tipo HVSR).
4. A questo punto si consulta l'abaco per ricavare i valori di FA da utilizzare per i tre intervalli di periodo. Laddove affiori il substrato sismico (zone stabili non soggette ad amplificazione) il valore di FA è posto uguale a 1.

Per quanto riguarda la stima di f_0 mediante curve dei rapporti spettrali delle vibrazioni ambientali (curve HVSR) vale quanto segue.

- a) Si considerano solo i valori di f_0 corrispondenti a massimi relativi all'intervallo 0.5 - 20 Hz: se all'interno di questo intervallo non sono presenti altri massimi, la curva HVSR può essere considerata piatta.
- b) Se esiste un solo massimo significativo all'interno dell'intervallo 0.5 - 20 Hz, il valore di f_0 è quello corrispondente a questo massimo.
- c) Se esiste più di un massimo significativo all'interno dell'intervallo 0.5 - 20 Hz si possono utilizzare i diversi valori di frequenza corrispondenti a questi massimi e valutare i corrispondenti valori di FA: si sceglierà come valore rappresentativo di FA quello maggiore fra quelli determinati in questo modo.

Il Territorio del Comune di Osimo ricade in due Domini Geologici:

Dominio Terrigeno che comprende tutto il territorio collinare e il cui limite è dato dal contatto tra i versanti e la pianura alluvionale ed è caratterizzato dalla presenza di aree con substrato geologica subaffiorante o coperto da depositi antropici e/o depositi eluvio-colluviali.

Dominio Alluvionale che comprende i depositi alluvionali.

Inoltre nell'area comunale non è presente il substrato sismico rigido ($V_s > 800$ m/s) pertanto, nell'utilizzazione degli abachi, esso deve essere considerato a profondità maggiori di 30 m e quindi, con le indagini sismiche, si dovrà valutare il parametro V_{s30} .

Contemporaneamente al procedere delle indagini, si è operato un accorpamento di alcune MOPS che quindi da 8 sono divenute 6; in particolare le originarie MOPS 2005 e 2008, caratterizzate da forti spessori di riporto, sono state accorpate con la 2004 in quanto si è

valutato che il terreno di riporto era costituito prevalentemente da litotipi assimilabili ai depositi eluvio-colluviali (limi, limi-argillosi e limi sabbiosi).

Dall'analisi di tutte le MASW si è verificato per tutte le MOPS derivanti dalla MZS di I livello una classe delle velocità di 300 m/s che caratterizza un valore delle Vs30 compreso tra 200 e 400 m/s.

MOPS 2001

con velocità Vs30 variabili tra 246 a 322 m/sec (la MASW con codice L27 velocità di 453 m/sec non viene considerata in quanto tra tutte le 44 prove reperite e/o eseguite è l'unica a fornire un valore di tale entità che non è giustificato da particolari situazioni litostratigrafiche).

MOPS 2002

con Vs30 = 310 m/sec

MOPS 2003

con Vs30 comprese tra 296 m/sec e 357 m/sec

MOPS 2004

Le Vs30 variano da 223 m/sec a 381 m/sec.

MOPS 2005

Le Vs30 variano da 306 m/sec a 368 m/sec.

MOPS 2006

Le Vs30 variano da 267 m/sec a 324 m/sec.

Successivamente si sono analizzati i valori di f_0 derivati dalle acquisizioni HVSR reperite e di nuova esecuzione.

Inseriti i valori nelle MOPS si sono poi verificati i valori caratterizzanti scartando quei rari valori singoli fuori range.

Considerando che abbiamo il substrato a profondità maggiore di 30 m si riportano di seguito gli abachi che sono stati considerati per i tre intervalli di Periodo.

Con i valori individuati sopra si entrano negli abachi e si ottiene un valore di FA da cui otteniamo la Carta di Microzonazione di II livello.

Si riportano di seguito gli abachi utilizzati per il territorio comunale di Osimo ossia quelli relativi al dominio terrigeno ed alluvionale con substrato sismico a profondità maggiori di 30 m.

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	
Vs30 (m/s)	<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	
Vs30 (m/s)	<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	
Vs30 (m/s)	<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										

7 ELABORATI GRAFICI

Si riporta in sintesi la descrizione degli elaborati grafici richiesti per l'espletamento dell'incarico che prevedeva anche la revisione delle carte relative alla Microzonazione di I livello. Da specificare che le carte preesistenti sono state aggiornate con le specifiche previsti dagli "STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA" versione 4.0.

7.1 CARTA DELLE INDAGINI

É stata aggiornata con l'ubicazione delle nuove prove sismiche (MASW e HVSR) reperite e di quelle di nuova esecuzione.

7.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

Aggiornamento della simbologia ai nuovi standard

7.3 CARTA DELLE DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Come precedentemente accennato le originarie MOPS 2005 e 2008 sono state accorpate con la 2004 in quanto si è valutato che il terreno di riporto (caratterizzante la zona 2005 e la 2006) era costituito prevalentemente da litotipi assimilabili ai depositi eluvio-colluviali (limi, limi-argillosi e limi sabbiosi) e quindi con comportamenti simili sotto sollecitazione sismica.

In sintesi si ha:

Zona 1

0 - 3 m: Riporto (RI) e/o Mlec o MLtf

Substrato (COS)

Zona 2

0 - 3 m: Riporto (RI) e/o MLec

Substrato (ALS)

Zona 3

0 - 3 m: Riporto

Substrato (GRS)

Zona 4

3 - 15 m: RI e/o MLec

Substrato (COS, ALS)

Zona 5

0 - 15 m: MLtf

3 - 20 m: Ghiaie fluviali

Substrato (COS)

Zona 6

0 - 25 m: MLtf

0 - 5 m: Ghiaie fluviali

Substrato (COS)

7.4 CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA

Sono state prodotte 3 carte di microzonazione sismica una per ogni intervallo di vibrazione previsto dagli abachi regionali. L'uso di tali abachi ha comportato l'accorpamento e/o la suddivisione delle MOPS originarie con la creazione di nuove zone caratterizzate da un determinato fattore di amplificazione. La suddivisione o l'accorpamento sono anche funzione del periodo di oscillazione considerato. Infatti nella carta relativa al periodo 0,1-0,5 s nella mops 2006, nella zona Osimo Stazione-Aspio sono state individuate due zone a fattore di amplificazione differente: uno maggiore ($F_a = 1,7-1,8$) in prossimità del passaggio pianura-versante e uno minore procedendo verso il centro della valle. Tale differenza non è visibile negli altri periodi considerati.

In sostanza, rispetto alle 6 MOPS individuate nel primo livello, si ha una sostanziale omogeneizzazione dell'area dal punto di vista del fattore di amplificazione; infatti i risultati delle indagini individuano:

1. 3 zone a differente F_a per il periodo $0,1 < T < 0,5$ s in particolare si sono individuati i seguenti intervalli di valori di F_a ($F_a = 1,5-1,6$), ($F_a = 1,7-1,8$) e ($F_a = 1,9-2,0$).
2. 2 zone a differente F_a per il periodo $0,4 < T < 0,8$ s con intervalli di valori di F_a ($F_a = 1,7-1,8$) e ($F_a = 1,9-2,0$).

3. 2 zone a differente Fa per il periodo $0,7 < T < 1,1$ s con intervalli di valori di Fa (Fa = 1,5-1,6) e (Fa = 1,7-1,8).

Nell'attribuzione del fattore di amplificazione alle varie zone sono state scartate quelle misure anomale che non concordavano con altre misure sia vicine che in altre aree simili del territorio.

Da segnalare che in un'area di versante in dissesto del PAI (P2) eseguita nel versante nord del versante che da Osimo degrada verso F.so San Valentino, si è ottenuto un fattore di amplificazione pari a 2,3 che è ben al di sopra di quelli riscontrati nelle aree non in frana.

In accordo con quanto stabilito nel I livello di microzonazione, nelle varie carte è rimasta l'indicazione, in corrispondenza del centro storico di Osimo, dell'area a sovrapposizione di instabilità differenti (possibili crolli di cavità, cedimenti differenziali dovuti alla contiguità di depositi di riporto e substrato sabbioso subaffiorante..).

7.5 CARTA DELLE FREQUENZE

In corso d'opera è stata inserita negli elaborati da consegnare la carta delle frequenze; questa consiste in una rappresentazione cartografica di determinati valori di intervalli delle frequenze ottenute mediante prove HVSR e delle loro ampiezze. I primi sono caratterizzati da vari colori, mentre gli intervalli delle ampiezze sono evidenziati dalla grandezza dei simboli.

6 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Come sopra accennato il risultato più evidente è un sostanziale omogeneizzazione delle aree che mostrano intervalli di valori del fattore di amplificazione piuttosto limitati: da Fa=1,5 a Fa=2. Molto spesso inoltre tali fattori risultano uguali sia in aree a substrato subaffiorante che in aree a forte copertura eluvio-colluviale o alluvionale.

Questa situazione può essere interpretata con l'aumento graduale, a parte i primissimi metri di profondità, della consistenza dei terreni con la profondità e pertanto risultano minime le differenze di comportamento sia geotecnico che sismico tra il substrato alterato più superficiale e la copertura continentale quaternaria. Tale fatto viene inoltre confermato dalle prove MASW che almeno per i primi 20 mostrano generalmente un aumento graduale della velocità delle onde di taglio.

Inoltre la mancanza di forti contrasti risulta evidente nella misura dei microtremiti dove le curve H/V si presentano generalmente poco differenziate (con picchi di ampiezza limitata spesso minore di 3 ma anche minori di 2); i picchi con valori maggiori di 3-4, si registrano per frequenze sempre superiori a 10Hz, ossia per discontinuità molto superficiali e quindi di scarso significato ingegneristico.

I picchi riscontrati nelle prove HVSR, oltre a piccole ampiezza, mostrano frequenze generalmente riferibili a contrasti d'impedenza a profondità maggiori di 15-20 m e quindi di difficile interpretazione in quanto le indagini reperite raramente raggiungono tali profondità. Ovviamente un altro fattore che può incidere è la reale distribuzione areale del substrato subaffiorante e delle coltri di copertura rispetto a quella interpretata dai rilevamenti di superficie e dalle indagini reperite.

Da sottolineare, comunque, che data l'estensione delle zone da indagare e dato il numero ancora esiguo delle prove sismiche, la necessità di una più estesa campagna di indagini mirate ad una migliore conoscenza dei terreni sotto sollecitazione sismica.

Osimo, 03/11/2018

Il soggetto realizzatore

BIBLIOGRAFIA

AA. VV. Commissione tecnica per la microzonazione sismica - MICROZONAZIONE SISMICA - STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA - Versione 4.0b – Dipartimento della Protezione Civile

AA. VV. Piano di Assetto Idrogeologico (PAI). Approvato con Deliberazione di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004 pubblicata sul supplemento n. 5 al BUR n. 15 del 13/02/2004

AA.VV. - Progetto IFFI - Inventario dei fenomeni franosi in Italia. Realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome

AA.VV. – L'ambiente fisico delle Marche – Edizioni SELCA e Regione Marche, 177206, Firenze

AA.VV. – “La Geologia delle Marche” - Studi Geologici Camerti, volume speciale (1986) –a cura di Centamore E. e Deiana G.

BARCHI M., GALADINI F., LAVECCHIA G., MESSINA P., MICHETTI A.M., PERUZZA L., PIZZI A., TONDI E., VITTORI E. (2000) - Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica. CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 62 pp.

CANTALAMESSA G. (2003) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – Foglio 304 CIVITANOVA MARCHE

CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., COLALONGO M. L., MICARELLI A., NANNI T., PASINI G., POTETTI M., RICCI LUCCHI F., con la collaborazione di CRISTALLINI C. & DI LORITO L. (1986)- Il Plio-Pleistocene delle Marche. Studi Geologici Camerti, volume speciale "La Geologia delle Marche", 61-81.

CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., CRISTALLINI C., INVERNIZZI C., MATTEUCCI R., MICARELLI A., PICCINI M., PONTONI Fr. & POTETTI M. (1990)- Nuovi dati sulla geologia dell'area di Porto S. Giorgio. Geologica Romana, 26 (1987), 359-369.

CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DIDASKALOU P., MICARELLI A., & POTETTI M.
– Elementi di correlazione nella successione marina plio-pleistocenica del bacino periadriatico marchigiano. Studi Geol. Camerti. (in stampa).

CANTALAMESSA G., MICARELLI A., PICCINI M., POTETTI M. & RICCI LUCCHI F.
(1993)-Physical stratigraphy of Pleistocene nearshore and continental deposits in southern Marche (between Aso and menocchia valleys). International Symposium on dynamics of fluvial-coastal system and environmental changes. Abstracts.

CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1984) – Evoluzione della avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene sulla base di dati del sottosuolo. Mem. Soc. Geol. It., 24.

CENTAMORE E., CANTALAMESSA G., MICARELLI A., POTETTI M., BERTI D., BIGI S., MORELLI C. & RIDOLFI M. (1991) - Stratigrafia e analisi di facies dei depositi del miocene e del pliocene inferiore dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle zone limitrofe – Studi geologici Camerti volume speciale.

CENTAMORE E., PAMBIANCHI G., DEIANA G. CALAMITA F., CELLO G., DRAMIS F., GENTILI B., NANNI T. (1991) - AMBIENTE FISICO DELLE MARCHE Geologia – Geomorfologia – Idrogeologia: Scala 1:100.000 - Regione Marche assessorato Urbanistica Ambiente Ecologia Programmazione.

CNR (1986) - Elementi per una guida alle indagini di Microzonazione Sismica, Progetto Finalizzato Geodinamica. CNR, Quaderni della ricerca scientifica, N.114.

COLTORTI M. (1997) – Geomorfologia ed evoluzione fluviale olocenica nella Valle del Fiume Musone in : “ Il bacino del Fiume Musone”. Geologia-Geomorfologia-Idrogeologia (NANNI T. Ed.), 49-68. Grafiche Scarponi, Osimo.

CRESCENTI U. et alii (1987) - Plio-pleistocene del sottosuolo abruzzese-marchigiano, Boll. Soc. Geol. 1987.

Database of Individual Seismogenic Sources, versione 3, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>

Database macrosismico italiano. DBMI08aq è realizzato nell'ambito dell'attività del Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici", con il contributo iniziale del Progetto INGV-DPC S1 della convenzione INGV-DPC 2004-2006. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI08/> A cura di Locati M. INGV-MI) Aprile 2009

Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica - Dipartimento della Protezione Civile (2008)

GALADINI F., MELETTI C., VITTORI E. (1996) - Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. Risultati del progetto 5.1.2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili". In: F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez (A cura di), Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2000, 397 pp. -

GRUPPO DI LAVORO MS (2008). Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. I-II-III e Cd-rom

NANNI T. (a cura). IL Bacino del Fiume Musone. Associazione dei Comuni di Osimo – Castelfidardo – Offagna. 1992

SARTI M. E COLTORTI M. - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – Foglio 293 OSIMO- Cartografia geologica e geotematica. Al Progetto collaborano più di 60 strutture fra Enti territoriali, organi del CNR, Dipartimenti ed Istituti Universitari, oltre a tutte le Regioni e le Province Autonome