



REGIONE MARCHE

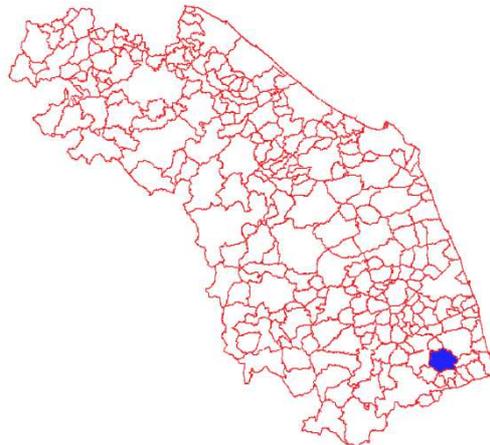
Comune di Offida



OPCM 3907/2010
Effettuazione delle indagini di Microzonazione Sismica (MZS)

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Tecnica



Soggetto realizzatore

Dott. Geol. TONINO COLLETTA

Collaboratore:

Dott. Geol. PAOLO VALLESI

Collaboratore esterno:

Dott. Geol. STEFANO SGAMMINI



INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E STANDARD INFORMATICI.....	4
3. AREA D'INDAGINE E SCALE DI RAPPRESENTAZIONE	5
4. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO	6
5. CARTA DELLE INDAGINI.....	7
6. CARTA GEOLOGICO-TECNICA	11
6.1. Inquadramento geologico-strutturale generale	11
6.2. Inquadramento geologico-strutturale locale	13
6.3. Centro Storico e località San Barnaba	16
6.4. Località San Lazzaro.....	20
6.5. Località Borgo Miriam.....	20
6.6. Località San Nicolino.....	20
6.7. Località Santa Maria Goretti.....	21
7. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) – CARTA MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1	24
7.1. Microzonazione sismica di dettaglio (anno 2004)	24
7.2. Rilettura e sintesi	27
8. CARTA MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2.....	30
8.1. Discussione dell'analisi quantitativa.....	31
9. CONCLUSIONI.....	32

Allegati

1. Carta delle Indagini	scala 1:10.000
2. Carta Geologico tecnica	scala 1:10.000
3. Sezioni geologico-tecniche	scala 1:1.000
4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	scala 1:10.000
5. Carta di Microzonazione Sismica di livello 2°	scala 1:10.000
6. Archivio informatizzato in ambiente GIS	

1. INTRODUZIONE

A seguito degli eventi sismici, avvenuti nel mese di Aprile 2009 nella Regione Abruzzo, lo stato italiano ha emanato il D.L. 28-04-2009 n.39 convertito dalla legge 24 giugno 2009 n.77 al fine di dare impulso all'opera di sensibilizzazione in materia di prevenzione sismica.

Con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3907 del 13 novembre 2010 sono state disciplinate le procedure per l'attivazione dei fondi stanziati ai fini della riduzione del rischio sismico su tutto il territorio nazionale.

Il successivo decreto del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale n.134/2011 ha assegnato alla Regione Marche la somma di €.162,030,57, in modalità di cofinanziamento.

La Regione Marche con delibera di Giunta n.967 del 5 luglio 2011 approva l'elenco dei comuni sul territorio dei quali si effettueranno gli studi di microzonazione sismica.

Tale elenco scaturisce dalla necessità, condivisa con l'associazione nazionale dei comuni e con l'ordine regionale dei geologi, di dare precedenza ai comuni inseriti in classe 1 e a quelli per i quali sono già disponibili i dati di pregresse indagini di microzonazione sismica.

Il comune di Offida, unico della provincia di Ascoli Piceno, è stato oggetto di pregressi studi di microzonazione di dettaglio nell'ambito del progetto coordinato dal GNDT (con la partecipazione del SSN) per conto del Dipartimento Protezione Civile Regionale, conclusosi nel mese di febbraio dell'anno 2004 e pertanto viene preso in considerazione.

A tal proposito il comune di Offida con determina del dirigente del settore LL.PP., ha conferito al sottoscritto geologo dott. Tonino Colletta, mediante disciplinare siglato nel 29 marzo 2012, l'incarico professionale finalizzato all'effettuazione delle indagini di Microzonazione Sismica, almeno di livello 1, ai sensi della O.P.C.M. 13 novembre 2010, n. 3907 e della D.G.R. 05.07.2011, n.967.

L'incarico consiste nell'espletamento delle attività volte alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (in seguito M.O.P.S.) da effettuarsi secondo gli standard tecnici nazionali di riferimento di cui all'Art. 2, nella loro versione più aggiornata disponibile.

Tale attività si è resa possibile grazie alla collaborazione tra il sottoscritto e i dott. Paolo Vallesi e dott. Stefano Sgammini, geologi iscritti all'Ordine della Regione Marche, coinvolti a vario titolo e in relazione alle proprie specifiche competenze.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E STANDARD INFORMATICI

L'espletamento degli studi di microzonazione, ha tenuto conto delle indicazioni contenute nei seguenti documenti tecnici di riferimento (cfr. art. 5 comma 7 ed art. 6 dell'O.P.C.M. n. 3907/2010):

- Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (I.C.M.S.), redatti dal Dipartimento della Protezione Civile ed approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome;
- Contributi per l'aggiornamento degli ICMS (Ingegneria Sismica, Anno XXVIII - n. 2 - 2011)
- Atti della Commissione Tecnica per gli studi di MS, OPCM 3907 (riferimento per gli standard di informatizzazione + templates),
- Microzonazione Sismica dell'area Aquilana (riferimento per i prodotti cartografici).

3. AREA D'INDAGINE E SCALE DI RAPPRESENTAZIONE

L'area di studio è stata individuata a seguito del confronto tra il Comune di Offida e il sottoscritto, in particolare l'ambito d'indagine corrisponde alle aree per le quali le condizioni normative comunali consentono o prevedono l'uso a scopo edificatorio (progetti norma del piano regolatore) e o interventi di riqualificazione del tessuto urbano esistente (Piano Particolareggiato del Centro Storico).

In linea generale tali aree sono distanti tra loro, mentre talvolta, la loro vicinanza, ha comportato l'accorpamento in unica area come di seguito riportato:

1	<i>Centro Storico + Nucleo abitato di San Barnaba</i>	<i>5,266</i>	<i>Kmq</i>
2	<i>Nucleo abitato di San Lazzaro</i>	<i>0,434</i>	<i>Kmq</i>
3	<i>Nucleo abitato di Borgo Miriam</i>	<i>0,847</i>	<i>Kmq</i>
4	<i>Nucleo abitato di San Nicolino</i>	<i>1,107</i>	<i>Kmq</i>
5	<i>Nucleo abitato di Santa Maria Goretti</i>	<i>1,909</i>	<i>Kmq</i>
Totale		9,563	Kmq

L'analisi ha compreso quindi aree edificate o edificande ed è stata estesa a un intorno significativo, mentre sono state escluse dagli studi le aree in cui le condizioni territoriali o normative non consentono o non prevedono trasformazioni insediative o infrastrutturali in conformità all'art. 5, comma 4, dell'OPCM n. 3907/2010, di seguito riportate:

- Le zone che incidono su Aree Naturali Protette, Siti d'importanza comunitaria (SIC), Zone di Protezione Speciale (ZPS) e Aree adibite a verde pubblico di grandi dimensioni, come indicate nello strumento urbanistico generale che:
- Le zone che non presentano nuove edificazioni di manufatti permanenti o interventi su quelli già esistenti;
- Le zone che rientrano in aree già classificate R4 dal piano per l'assetto idrogeologico (PAI).

Al fine di garantire adeguati livelli di affidabilità delle informazioni, le cartografie sono state redatte ad una scala pari a 1:10.000 su base CTR della regione Marche, mentre per le sezioni litostratigrafiche si è scelto la scala 1:1.000.

La legenda della carta geologica riprende in linea di massima quella già realizzata per il progetto CARG per ciò che concerne sigle, colori e codici; per la redazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva Sismica ci si è riferiti alle Linee Guida Nazionali per la Microzonazione Sismica.

4. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

Lo scopo di tale studio è quello di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub comunale) le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

Sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche e geofisiche si è cercato di ricostruire il modello tridimensionale del sottosuolo, che rappresenta lo strumento conoscitivo propedeutico alla redazione della carta di microzonazione sismica.

La modellazione ha riguardato in particolare la distribuzione spaziale e i vari rapporti geometrici tra i depositi della copertura e le formazioni del substrato. Nello specifico le attività che sono state svolte sono di seguito riportate:

- Ricognizione di campo per il rilevamento geo-litologico e geomorfologico di campagna, effettuato alla scala 1:10.000, in un intorno dei vari centri abitati selezionati.
- Acquisizione dei dati pregressi, presso l'ufficio tecnico del Comune di Offida, sull'assetto geologico dell'area derivanti da precedenti studi realizzati per opere pubbliche o private. Sono stati presi in considerazione i logs litostratigrafici da sondaggio; i risultati di campagne geofisiche, nonché lo studio pregresso di microzonazione sismica effettuato dal GNDT nell'anno 2004 per conto della Protezione Civile.
- Analisi di tutto il materiale raccolto, attraverso una cernita e successiva omogeneizzazione delle informazioni utili ai fini del presente studio, tradotto nella carta delle indagini.
- Definizione del modello di sottosuolo di ogni singola area volta alla definizione in maniera attendibile dei rapporti stratigrafico-sismici, descritti attraverso la carta geologico-tecnica, corredate da una serie di sezioni geologico-tecniche rappresentative sia in termini di spessori che in termini di parametri dinamici, utilizzabili come input geologico-tecnico in fase di modellazione.
- Lo studio di Livello 1 viene infine sintetizzato in una carta che individua le zone dove, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche e geomorfologiche, è possibile prevedere un comportamento omogeneo in caso di terremoto, denominata Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).
- Per il solo centro storico, oggetto di precedenti studi, è stata realizzata una Carta di Microzonazione Sismica di livello 2°, considerata come un approfondimento del livello 1.

5. CARTA DELLE INDAGINI

Per ognuna delle aree individuate, sono state prioritariamente reperite tutte le informazioni pregresse esistenti. Tali informazioni consistono in indagini geognostiche tipo sondaggi a carotaggio continuo e sondaggi a distruzione di nucleo. Inoltre tutte le indagini in situ come la prova sismica in foro tipo Downhole, la prova penetrometrica dinamica pesante, le indagini a stazione accelerometrica/sismometrica e a stazione singola di microtreommore. La raccolta delle stesse è stata effettuata per un'area più estesa di quelle oggetto di studio allo scopo di comprendere e documentare nella loro completezza i modelli geologici preliminari e i fenomeni naturali che possono interessare l'area e avere implicazioni nella microzonazione sismica.

Tali informazioni sono state sintetizzate nella carta delle indagini, la quale rappresenta il primo passo per la definizione del quadro conoscitivo del sottosuolo.

La carta comprende quindi:

- la localizzazione delle indagini;
- la suddivisione per tipologia delle indagini
- il perimetro dell'area oggetto di Microzonazione sismica di dettaglio nell'anno 2004. Progetto coordinato dal GNDT (con la partecipazione del SSN) per conto del Dipartimento Protezione Civile. A.A.V.V.
- le aree d'interesse comunale (centro storico, etc)

Per l'organizzazione e la rappresentazione delle informazioni, il riferimento utilizzato è stato l'ICMS, e in particolare le codifiche riportate nell'elenco di cui al punto 2.2.3, tenendo conto anche delle librerie dei simboli proposte dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica predisposti dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.

Di seguito vengono riportate tutte le d'indagini reperite e la relativa provenienza, utilizzate nell'allestimento della carta:

N. indagine	sigla	località	quota (m)	prof. (m)	fonte
1	S	centro storico - s.barnaba	325,0	24,00	*
2	DH,C	centro storico - s.barnaba	325,0	24,00	*
3	SC	centro storico - s.barnaba	305,0	25,50	*
4	S	centro storico - s.barnaba	305,0	24,00	*
5	S	centro storico - s.barnaba	305,0	24,00	*
6	S	centro storico - s.barnaba	295,0	28,00	*
7	DH	centro storico - s.barnaba	295,0	24,00	*
8	S	centro storico - s.barnaba	295,0	20,00	*
9	DH	centro storico - s.barnaba	295,0	20,00	*
10	DH,C	centro storico - s.barnaba	285,0	20,00	*
11	ACC	centro storico - s.barnaba	392,0	-	*
12	ACC	centro storico - s.barnaba	310,0	-	*
13	ACC	centro storico - s.barnaba	319,0	-	*
14	ACC	centro storico - s.barnaba	290,0	-	*
15	ACC	centro storico - s.barnaba	310,0	-	*
16	HVSR	centro storico - s.barnaba	232,0	-	***

Dott. TONINO COLLETTA geologo specialista
Piazza del Popolo, 24 – 63073 OFFIDA (AP)

17	HVSR	centro storico - s.barnaba	339,0	-	***
18	HVSR	centro storico - s.barnaba	360,0	-	***
19	HVSR	centro storico - s.barnaba	359,0	-	***
20	HVSR	centro storico - s.barnaba	304,0	-	***
21	HVSR	centro storico - s.barnaba	360,0	-	***
22	HVSR	s.maria goretti	129,0	-	***
23	HVSR	s.maria goretti	138,0	-	***
24	HVSR	s.maria goretti	131,0	-	***
25	HVSR	s.maria goretti	181,0	-	***
26	HVSR	s.maria goretti	124,0	-	***
27	HVSR	s.maria goretti	244,0	-	***
28	SD	centro storico - s.barnaba	290,0	23,50	***
29	SD	centro storico - s.barnaba	290,0	15,00	***
30	SD	centro storico - s.barnaba	315,0	25,00	***
31	SD	centro storico - s.barnaba	320,0	18,50	***
32	SD	s.nicolino	185,0	12,00	***
33	SD	centro storico - s.barnaba	305,0	15,70	***
34	SD	centro storico - s.barnaba	268,0	12,00	***
35	SD	centro storico - s.barnaba	315,0	32,00	***
36	SD	centro storico - s.barnaba	315,0	22,50	***
37	SD	centro storico - s.barnaba	320,0	15,50	***
38	SD	centro storico - s.barnaba	280,0	6,00	***
39	SD	borgo miriam	295,0	15,00	***
40	SD	centro storico - s.barnaba	277,0	21,00	***
41	SD	centro storico - s.barnaba	270,0	15,00	***
42	SD	centro storico - s.barnaba	300,0	15,00	***
43	SD	s.maria goretti	133,0	7,00	***
44	SD	centro storico - s.barnaba	360,0	13,20	***
45	SD	centro storico - s.barnaba	300,0	8,00	***
46	SD	s.maria goretti	133,0	10,00	***
47	SD	s.maria goretti	150,0	8,00	**
48	SD	s.maria goretti	155,0	8,00	**
49	SD	s.maria goretti	145,0	8,00	**
50	SD	s.maria goretti	140,0	7,00	**
51	SD	s.maria goretti	135,0	8,00	**
52	SD	s.maria goretti	130,0	8,00	**
53	SD	s.maria goretti	124,0	8,00	**
54	SD	borgo miriam	315,0	15,00	**
55	SD	borgo miriam	305,0	12,00	**
56	SD	borgo miriam	300,0	15,00	**
57	SD	s.lazzaro	220,0	10,00	**
58	SD	s.lazzaro	200,0	16,00	**
59	SD	centro storico - s.barnaba	369,0	5,00	**
60	SD	centro storico - s.barnaba	390,0	10,00	**
61	SD	centro storico - s.barnaba	398,0	13,00	**
62	SD	centro storico - s.barnaba	395,0	13,00	**
63	SD	centro storico - s.barnaba	395,0	12,00	**
64	SD	centro storico - s.barnaba	360,0	10,00	**
65	SD	centro storico - s.barnaba	325,0	10,00	**
66	SD	centro storico - s.barnaba	355,0	12,00	**
67	SD	centro storico - s.barnaba	295,0	8,00	**

Dott. TONINO COLLETTA geologo specialista
Piazza del Popolo, 24 – 63073 OFFIDA (AP)

68	SD	centro storico - s.barnaba	250,0	14,00	**
69	SD	centro storico - s.barnaba	280,0	10,00	**
70	SD	centro storico - s.barnaba	280,0	10,00	**
71	SD	centro storico - s.barnaba	275,0	15,00	***
72	SD	s.maria goretti	134,0	15,00	***
73	SD	s.nicolino	210,0	12,30	***
74	SD	centro storico - s.barnaba	385,0	14,00	***
75	SD	centro storico - s.barnaba	387,0	16,00	***
76	SD	borgo miriam	285,0	30,00	***
77	SD	centro storico - s.barnaba	245,0	21,30	***
78	SD	centro storico - s.barnaba	280,0	5,00	***
79	SD	centro storico - s.barnaba	235,0	20,50	***
80	SD	borgo miriam	296,0	18,50	***
81	SD	borgo miriam	290,0	28,00	***
82	SD	centro storico - s.barnaba	365,0	19,00	***
83	SD	centro storico - s.barnaba	315,0	12,50	***
84	SD	centro storico - s.barnaba	350,0	4,00	***
85	SD	centro storico - s.barnaba	315,0	32,00	***
86	SD	centro storico - s.barnaba	215,0	6,00	***
87	SD	borgo miriam	270,0	21,00	***
88	SD	s.maria goretti	135,0	15,00	***
89	SD	centro storico - s.barnaba	248,0	16,00	***
90	SD	s.maria goretti	135,0	13,70	***
91	SD	centro storico - s.barnaba	245,0	19,00	***
92	SD	centro storico - s.barnaba	298,0	39,00	***
93	SD	centro storico - s.barnaba	300,0	30,00	***
94	SD	centro storico - s.barnaba	330,0	13,30	***
95	SD	centro storico - s.barnaba	315,0	12,50	***
96	SD	s.nicolino	260,0	11,00	***
97	DP	centro storico - s.barnaba	385,0	8,20	***
98	DP	centro storico - s.barnaba	370,0	10,60	***
99	DP	centro storico - s.barnaba	365,0	9,00	***
100	DP	centro storico - s.barnaba	277,0	7,20	***
101	DP	centro storico - s.barnaba	345,0	11,80	***
102	DP	s.nicolino	213,0	15,90	***
103	DP	s.maria goretti	130,0	12,80	***
104	DP	s.maria goretti	175,0	7,50	***
105	DP	s.nicolino	190,0	9,00	***
106	DP	s.nicolino	240,0	11,10	***
107	DP	centro storico - s.barnaba	340,0	12,90	***
108	DP	centro storico - s.barnaba	255,0	7,20	***
109	DP	s.nicolino	260,0	5,40	***
110	DP	centro storico - s.barnaba	285,0	6,00	***
111	DP	s.maria goretti	128,0	7,50	***
112	DP	centro storico - s.barnaba	350,0	11,70	***
113	DP	centro storico - s.barnaba	340,0	6,00	***
114	DP	s.maria goretti	155,0	6,00	***
115	DP	centro storico - s.barnaba	355,0	5,00	***
116	DP	centro storico - s.barnaba	330,0	8,40	***
117	DP	centro storico - s.barnaba	260,0	3,90	***
118	DP	centro storico - s.barnaba	280,0	9,60	***

119	DP	centro storico - s.barnaba	265,0	9,60	***
120	DP	centro storico - s.barnaba	250,0	5,00	***
121	DP	centro storico - s.barnaba	300,0	8,10	***
122	DP	centro storico - s.barnaba	300,0	5,70	***
123	DP	centro storico - s.barnaba	190,0	6,90	***
124	DP	s.maria goretti	200,0	10,20	***
125	DP	centro storico - s.barnaba	300,0	7,60	***
126	DP	s.lazzaro	217,0	8,00	***

Legenda SIGLA

- S sondaggio a carotaggio continuo*
- SD sondaggio a distruzione di nucleo*
- SC sondaggio da cui sono stati prelevati campioni*
- DH prova sismica in foro tipo Downhole*
- DH,C prova sismica in foro tipo downhole con prelievo di campioni*
- DP prova penetrometrica dinamica pesante*
- ACC stazione accelerometrica/sismometrica*
- HVSR stazione microtreomre a stazione singola*

Legenda FONTE

- * Microzonazione sismica anno 2004 Protezione Civile (GNDT-SSN)*
- ** Piano Regolatore Comunale*
- *** Precedenti studi di opere pubbliche e/o private*

6. CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La Carta geologico tecnica è stata predisposta a seguito di un rilevamento in situ, dettagliato per le varie zone da microzonare, successivamente rapportato alla cartografia CARG e facendo riferimento agli ICMS, oltre che alla nota pubblicata sul supplemento alla rivista *Ingegneria Sismica* n. 2-2011, (G. Martini, S. Castenetto, G. Naso – La Carta geologico tecnica per gli studi di MS).

Nel presente capitolo sono illustrate, le principali caratteristiche geologiche, litostratigrafiche, tettoniche e geomorfologiche desunte dai rilievi di campagna eseguiti. Inoltre sono riportate anche alcune considerazioni desunte dai dati di base acquisiti, relativamente alle caratteristiche litologiche dei terreni presenti.

6.1. Inquadramento geologico-strutturale generale

L'inquadramento geologico-strutturale su area vasta prevede una collocazione nella zona esterna dell'Appennino umbro-marchigiano, all'interno del settore meridionale del bacino periadriatico marchigiano-abruzzese (Fig.1), costituente un segmento della catena neogenica a pieghe e sovrascorrimenti, sviluppatasi a est del fronte del Cervarola.

All'inizio del Miocene il dominio umbro-marchigiano cominciava a essere interessato dagli effetti degli sforzi compressivi attivi nelle aree più occidentali assumendo via via i caratteri di un'avanfossa torbida, mentre la morfologia del fondo veniva continuamente modificata e articolata in depressioni e dorsali spesso bordate da faglie sin sedimentarie.

Alla fine del Pliocene Inferiore, la strutturazione della catena a thrust dell'Appennino era quasi completa (Centamore e Nisio, 2003). Successivamente, dal Pliocene medio al Pleistocene inferiore, la porzione assiale interna della catena emerse come un dominio continentale, mentre ad est nel Bacino periadriatico persisteva ancora un ambiente marino (Centamore e Nisio, 2003).

Tale bacino era collocato sulla crosta continentale della placca adriatica in subduzione ed è esterno alla catena a pieghe e sovrascorrimenti dell'Appennino.

La subduzione passiva verso ovest della placca adriatica sotto la catena era accompagnata da sovrascorrimenti attivi verso est e verso nord che persistevano dal tardo Messiniano al Pliocene finale e, a luoghi, al Pleistocene inferiore (Coward et al., 1999).

La fisiografia del bacino era eredità del complesso sistema di "imbricate fan thrust" del Pliocene inferiore (Ori et al., 1991) e la sua evoluzione era controllata da alcuni elementi strutturali presenti in questo sistema. Tali elementi strutturali sono rappresentati da due dorsali che da ovest verso est sono: la dorsale interna o dorsale Agugliano-Ortezzano-Bellante e la dorsale costiera. Queste due dorsali, che hanno un andamento approssimativo nord-sud, sono situate alla testa di due thrust principali e rappresentano due rampe anticlinali scollate al livello delle evaporiti del Messiniano che dividono l'avanfossa (senso lato) in due distinti ambienti deposizionali: i bacini interni di piggy back limitati sui entrambi i lati, e passivamente trasportati, da sovrascorrimenti attivi, e da una più esterna e poco deformata avanfossa (s.s.) (Ori e Friend, 1984).

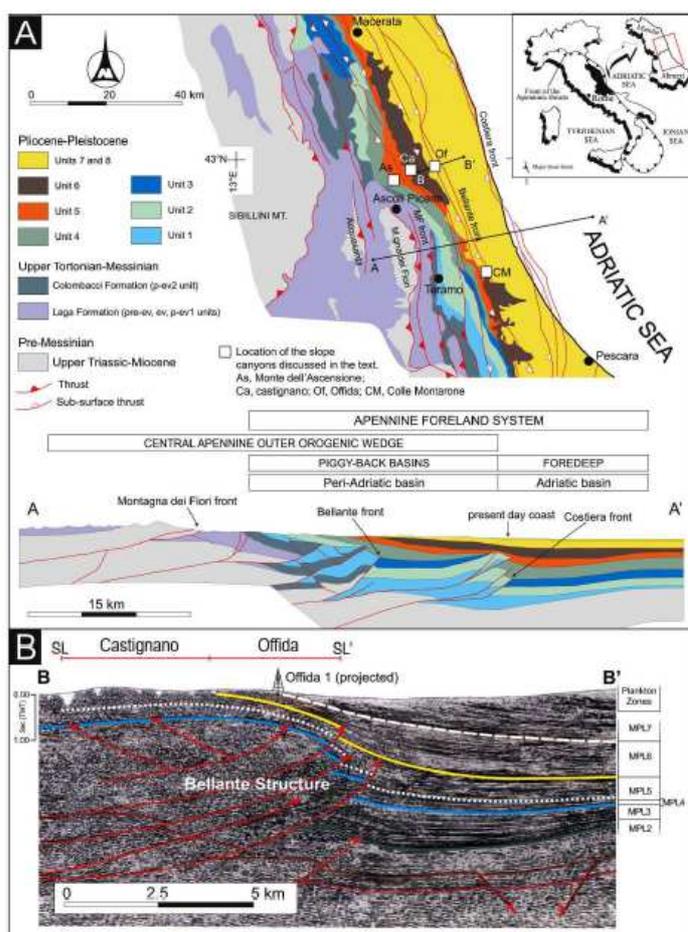


Fig1 A
 Mappa tettonica generale del settore italiano centro orientale mostrante l'area in studio

Fig1 B
 Linea sismica 2-D sudovest-nordest (FTR-19-81) che mostra a larga scala la struttura clinorforme progredante verso est nel bacino peri-adriatico durante il Pleistocene

Lo sviluppo progressivo delle due dorsali controllava l'evoluzione paleogeografica, la geometria dei sistemi deposizionali e la dispersione detritica all'interno del Bacino periadriatico (Ori et al., 1991; Bigi et al., 1997a, b, 1999a, b). Inoltre, associati a queste dorsali, sono presenti alcuni sistemi di faglie trasversali e oblique, spesso sovrimposte su elementi strutturali pre-esistenti che suddividono il bacino periadriatico in cinque diversi settori, ciascuno avente una propria evoluzione tettonica e sedimentaria (Bigi et al., 1996, 1997a, b, 1999b).

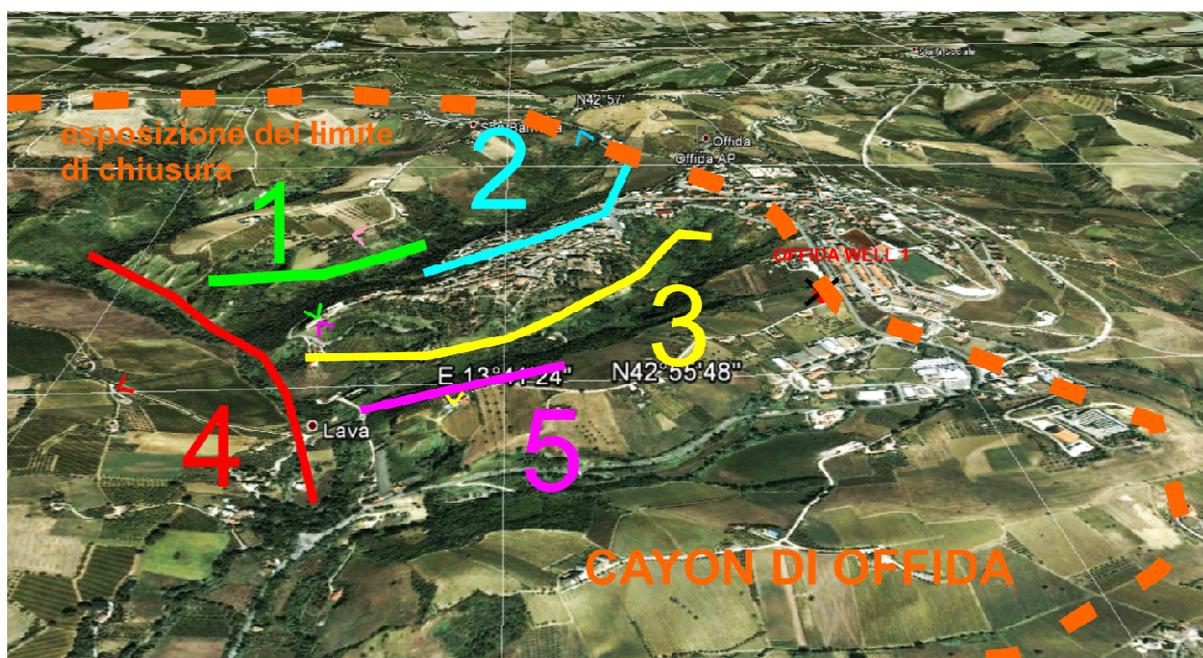
La successione Plio-pleistocenica marina del bacino Periadriatico presenta numerose facies e spessori variabili, sia verticali che orizzontali, da un settore all'altro. Queste variazioni sono strettamente legate agli effetti della tettonica sin-sedimentaria, del progressivo tilting verso est, e all'interazione di questi due processi con il sollevamento della catena.

Il bacino registra i riempimenti con struttura piggy-back orientato N-S localizzato a est dell'accrezione a pieghe e sovrascorrimenti della catena Appenninica durante il Gelasiano (2.588-1.806 Ma). In questo periodo, grandi volumi di ghiaie, sabbie e argille derivanti dall'erosione dell'emergente catena appenninica sono distribuiti lungo il bacino attraverso un gran numero di canali erosivi. Questi sedimenti granulari canalizzati, sono preservati in una serie di affioramenti che registrano le successioni dei vari processi torbiditici che li hanno prodotti, mostrando un'ottima prospettiva di studio dei vari sistemi deposizionali.

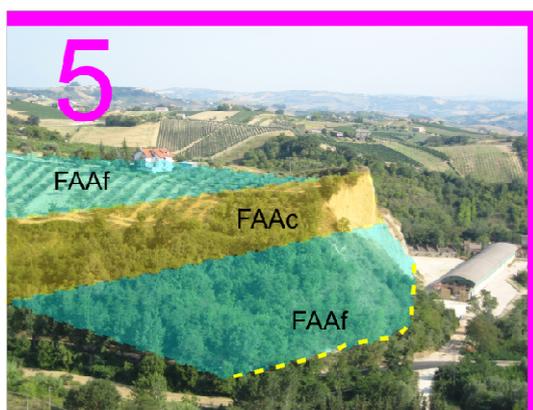
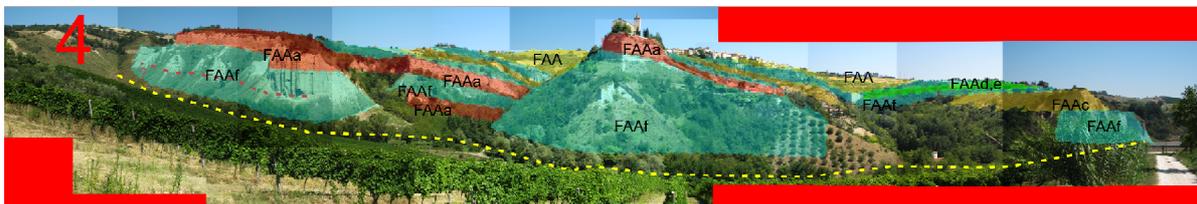
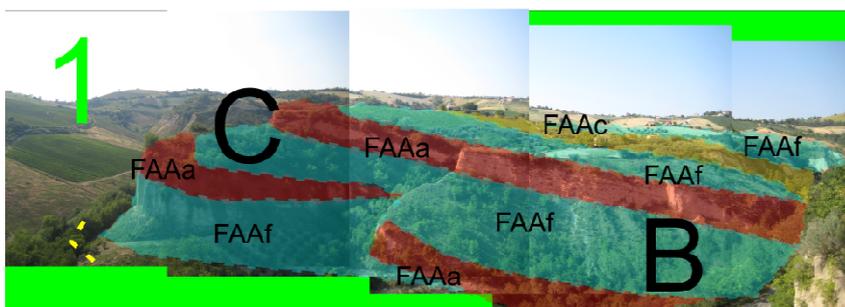
Le facies analizzate suggeriscono una grande varietà di flussi di densità guidati in maggior parte da processi gravitativi che in molti casi si sviluppano con trasporto e sedimentazione dentro il canyon sottomarino con processi di slumps, debris-flow coesivi, e correnti torbiditiche caratterizzate da trasporto solido di alta e bassa densità. Nel presente paragrafo vengono illustrate, per ognuna delle aree rilevate, le principali caratteristiche geologiche, litostratigrafiche, tettoniche e geomorfologiche desunte dai rilievi di campagna eseguiti. dei terreni presenti.

6.2. Inquadramento geologico-strutturale locale

L'area di Offida può essere divisa in due zone separate da un importante elemento tettonico a direzione WNW-ESE, il quale mette a contatto i terreni pelitico-arenaceo-conglomeratici della successione torbiditica (ovest) con quelli essenzialmente pelitico-argillosi della formazione delle Argille Azzurre (est). Tale elemento tettonico, mostrato in figura A1 con una linea gialla tratteggiata, mostra un pattern particolare, che può essere associato alla deformazione superficiale dovuta al fronte del Thrust Jesi-Nereto-Zaccheo. Tale fronte, si evolve verso la superficie enucleandosi a ventaglio ad ogni passaggio litologico e si mostra, quindi, come una serie di lineamenti che presentano un pattern "ordinato".



GOOGLE EARTH IMAGE, VIENE INDICATA LA ZONA DEL CINEFO TORBIDITICO, L'UBICAZIONE DELLE FOTO E DEL POZZO OFFIDA WELL 1



Nell'immagine Dem e nel diagramma a rosa (Fig.A1) vengono messi in evidenza i pattern dei lineamenti tettonici i quali presentano direzioni principali $N 100^{\circ}\text{-}130^{\circ}$, $N 050^{\circ}\text{-}080^{\circ}$ e $N 160^{\circ}\text{-}170^{\circ}$. I due trend principali, il primo con direzione WNW-ESE (linee gialle tratteggiate) e il secondo con direzione NW-SE (linee verdi tratteggiate) possono essere interpretati come strutture relazionate al processo endogeno di thrusting protrattosi dal Miocene fino al tardo Calabriano.

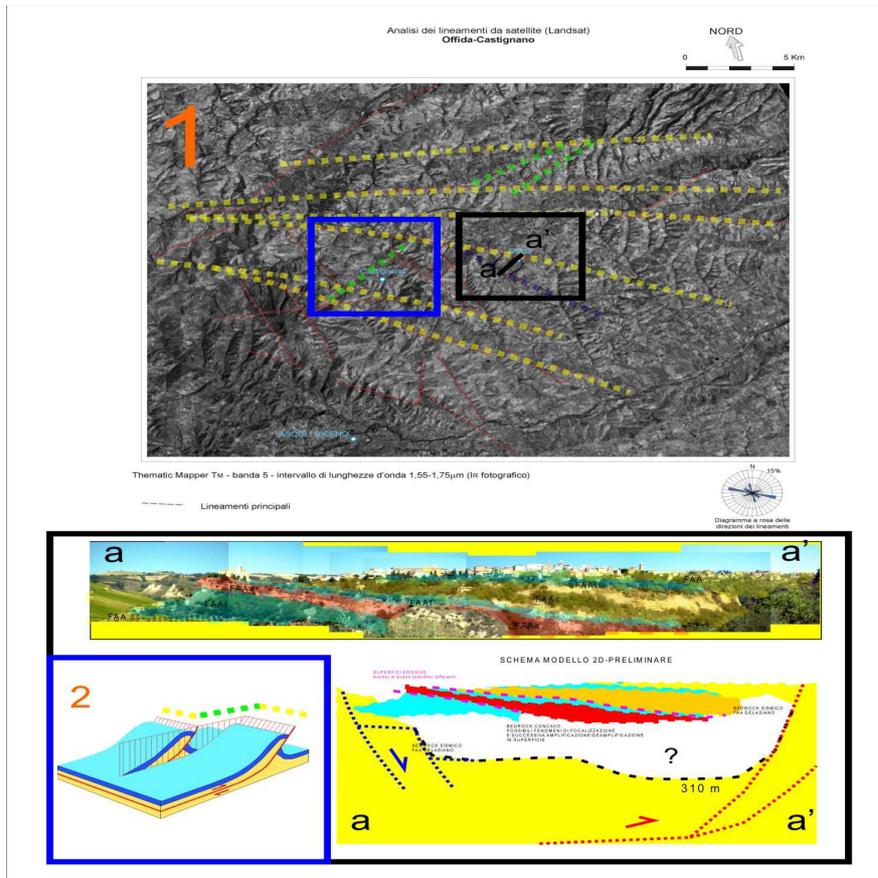


Fig. A. 1- Immagine Dem prodotta nella precedente microzonazione di Offida, nei quadrati sono evidenziati gli sketch concettuali dei modelli geologico strutturali. Nel quadrato in basso a sinistra evidenziato con il numero 2 è mostrata una figura schematica che mette in evidenza la formazione delle faglie di strappo tra due thrust sfalzati.

Tale processo, direttamente correlato alla struttura a piggyback del sottostante bacino, ha interessato i depositi Plio-pleistocenici attraverso pieghe anticlinaliche e faglie sinsedimentarie che hanno segmentato completamente il bacino Peri-adriatico.

Sono state definite tre linee principali che interessavano l'area prossimale ad Offida:

Le linee gialle possono essere associate a strutture tipo faglie normali, trascorrenti destre e faglie transtensive originatesi sia prima che dopo la cessazione della migrazione del thrust.

Le faglie tratteggiate in verde, possono essere interpretate come faglie trascorrenti destre o transtensive destre e sono conosciute in Geologia come "faglie di strappo", cioè particolari segmenti tettonici che collegano thrust incipienti sfalzati (Fig A1.2).

La faglia tratteggiata in blu, puo' essere descritta come una faglia normale di collasso gravitativo o come una faglia generata da basculamenti generati in aree confinate da thrust.

Gli elementi tettonici sopra descritti e le considerazioni del timing geologico, mettono in luce come i processi tettonici hanno regolato la direzione dei flussi torbiditici, fornendo una via preferenziale di scorrimento sulle zone di incipiente fratturazione e fagliazione.

In particolare, nell'area di Offida, la sequenza torbiditica si è sviluppata su di un canyon impostatosi sul fianco di un segmento di thrust emergente. Tale segmento, successivamente alla cessazione del thrust, si è sviluppato come una faglia normale o normal transtensiva immergente a W-SW.

Dalle considerazioni che possono essere tratte, attraverso una interpretazione di recenti lavori svolti dall'Università di Camerino e da studi effettuati dall'Eni, allo scopo di indagare eventuali sacche metanifere in Reservoir di tipo torbiditico (in particolare il pozzo Offida Well 1. -310 m), si evince che

tale pozzo, spinto fino alla profondità di 310 m, ha messo in luce la forte eterogeneità degli spessori delle unità stratigrafiche torbiditiche (da 70 a 310 m) in senso NW-SE. Tali difformità possono essere spiegate attraverso un'approfondimento del Canyon impostatosi su un bacino segmentato dalle faglie (Fig A. sketch concettuale).

Nel complesso, si può affermare che, l'area di Offida è interessata da strutture associate a thrust sviluppatasi dal Miocene fino al Pleistocene medio-inferiore e che ad oggi non mostrano segni di attività e sono ricoperte dai depositi più recenti.

6.3. Centro Storico e località San Barnaba

Il nucleo storico di Offida e la località San Barnaba, localizzati nella porzione occidentale del territorio comunale, rappresentano l'area di studio di maggior estensione. Tale area è caratterizzata morfologicamente da due dorsali pressoché perpendicolari tra loro, una con direzione antiappenninica (a cui corrisponde il centro storico) e una con direzione appenninica (su cui sorge la parte di costruzione recente) che si uniscono a nord in corrispondenza delle pendici del C.le Tafone. Tali dorsali presentano caratteristiche stratigrafiche generali abbastanza uniformi, distinte in cinque litofacies principali correlabili alla parte basale e al riempimento del canyon di Offida, evidenziate in affioramento sulle pareti subverticali dei versanti sud-occidentali.

➤ **litofacies conglomeratica (FAAa)**

Descrizione: Questa litofacies forma dei corpi complessi con spessori intorno ai 22 m ed è composta da conglomerati clastosostenuti con minori intercalazioni decimetriche di strati argillosi e sabbiosi. L'unità conglomeratica è generalmente spessa o molto spessa e i clasti sono poveramente assortiti e presentano una forma arrotondata. La matrice è composta da sedimenti molto fini sabbiosi-argilloso siltosi. I clasti hanno una composizione litologica con un range fortemente differenziato (selci, marne, calcareniti, arenarie e argilliti) provenienti dall'erosione della successione dal tardo giurassico fino al Miocene esposta negli adiacenti appennini. L'assortimento è generalmente povero e la forma dei clasti varia da sferica a sferoidale allungata. La geometria degli strati è molto variabile da tabulare a lenticolare, con frequenti interruzioni laterali e verticali e troncature dovute a frequenti episodi di amalgamazione. La struttura è prevalentemente massiva, anche se a luoghi, è presente una gradazione da normale ad inversa. In alcuni casi i clasti presentano un'evidente imbriciatura in cui è possibile determinare la direzione del paleoflusso. Alcune parti di questa formazione includono lenti di arenarie con spessori intorno ai 50 cm e con una lunghezza inferiore ai 10 m. Questi strati normalmente presentano una superficie erosiva di contatto basale mentre a luoghi il passaggio è gradato e difficilmente definibile.



Interpretazione: Il diverso grado delle strutture sedimentarie e la gradazione suggeriscono che la maggior parte dei clasti erano supportati dagli effetti combinati di flussi turbolenti e pressioni idrostatiche dispersive. La deposizione è avvenuta rapidamente dentro canali scavati da correnti di torbida molto energetiche e con un carico di trasporto elevato. I set a larga scala di strati conglomeratici rappresentano le parti in accrezione dei margini del canale.

➤ **litofacies pelitico arenacea e arenaceo pelitica (FAAe, FAAd) ,**

Descrizione: Questa litofacies è la più cospicua e volumetricamente importante dentro la successione di riempimento del canyon di offida e affiora con successioni spesse sino a 40 m. Questa unità può essere tuttavia differenziata in due parti, una superiore ed una inferiore, distinte dalla differenza di spessori degli strati e dalla relativa abbondanza di sabbia. Il pacco inferiore è costituito principalmente da strati medi di arenarie con spessori tra 5 e 30 cm, i quali sono intercalati da strati millimetrici argilloso-siltosi. I contatti basali di alcuni di essi possono mostrare superfici planari non erosive. Negli affioramenti osservabili, essi mostrano una continuità laterale e una persistenza nel senso della lunghezza mentre in senso verticale lo spessore può variare mostrando una forma di tipo lenticolare a scala dell'affioramento. In alcune località, questi sedimenti si mostrano associati a piccoli intervalli di pacchi di strati dello spessore dai 2 agli 8 cm composti di arenarie molto fini e siltiti grigio azzurre laminate. Le lamine sono di spessore a scala millimetrica e sono differenziate sia nel colore sia nella grandezza dei granuli. Gli strati arenacei, con spessori che variano da 2 a 10 cm mostrano internamente delle strutture trattive quali laminazioni parallele, incrociate e ripples. Questo pacco di strati sfuma gradando verso l'alto con conformazioni di strati da sottili a molto sottili di arenarie molto fini alternate in vari gradi da strati di argille con strutture a wavy bedding pattern.



Interpretazione: La predominanza di laminazioni parallele e ripples sommitali costituiti da sedimenti molto fini indicano che questa litofacies è il prodotto di una corrente torbida di bassa densità. La gradazione da fine a molto fine con un trend dal basso verso l'alto suggerisce una sempre maggiore diluizione della corrente di torbida. I lati dei ripples i quali raggiungono solo basse pendenze poco percettibili indicano che l'energia di sedimentazione non era alquanto elevata. I lembi più argillosi alternati a strati sottili più arenacei possono essere correlati alla coda di sedimentazione della corrente di torbida mentre la parte superiore, più fine e laminata può corrispondere alla sequenza "Td" di Bouma interpretabile come una corrente di torbida con trasporto di carico solido di una miscela di sabbie e silt.

➤ **litofacies arenacea (FAAc),**

Descrizione: Litofacies costituita da lenti arenacee con spessori di circa 10 m con sottili intercalazioni di strati fini argillosi. L'unità sedimentaria è comunemente caratterizzata da arenarie massive e debolmente gradate con presenza di laminazioni piano-parallele nella parte sommitale degli affioramenti. I contatti basali mostrano una morfologia aspra con superfici piatte o lievemente ondulate. Gli strati centimetrici di argille intercalate nella formazione presentano una continuità laterale limitata a causa dell'erosione che ha formato zone in cui le due litologie risultano amalgamate. In affioramento mostrano una geometria tabulare e una buona continuità laterale direttamente riscontrabile nelle mappe geologico-morfologiche.



Interpretazione: I sedimenti di questa litofacies, i quali includono strati sottili di arenarie molto fini, parzialmente amalgamati possono essere considerati frutto di una sedimentazione che riflette un rapido collasso di correnti di torbida ricche in sabbie. I depositi mostrano strutture trattive quali laminazioni parallele, corrispondenti a una sedimentazione successiva di tipo decantativo a bassa energia (Lowe). Gli strati fini argillosi intercalati in questa litofacies corrispondono a correnti di torbida diluite ricche in componente argillosa.

➤ **litofacies peliti laminate e/o ciottolose (FAAf),**

Descrizione: litofacies costituita in gran parte da argille con struttura interna disorganizzata. Generalmente è composta da due depositi distinti che rapidamente sfumano uno sull'altro sia in senso verticale che orizzontale e la differenziazione tra i due non è sempre chiara: pacchi multipli di argille laminate e ciottolose con varie concentrazioni di clasti ben arrotondati e assortiti, immersi in una matrice fangosostenuta e pacchi composti da successioni

di strati sottili di sabbie e argille a luoghi fortemente caotici e deformati. Lo spessore della singola unità varia da 5 a 35 m. Tipicamente, il suo contatto basale è aspro e forma piccoli rilievi, mentre il contatto superiore a luoghi mostra la superficie di contatto erosionale. In affioramento, questa litofacies è poco esposta a causa della vegetazione che su di essa si forma e che recede con il contatto con i conglomerati e/o le sabbie.



Interpretazione: Prendendo in considerazione il suo carattere disorganizzato e la sua composizione prevalentemente fanghiva questa litofacies è interpretabile come composizione tra slumping intraformazionali e depositi coesivi di debris flow prodotti dal disfacimento e da disaggregazione di sedimenti semiconsolidati di tipo argilloso. La deformazione e la spinta idrostatica hanno supportato i clasti immersi nella matrice argillosa durante un flusso di tipo laminare con un basso valore di mescolamento.

➤ **litofacies pelitica (FAA).**

Descrizione: litofacies composta da una successione monotona di argille grigio azzurre massive o debolmente stratificate con rare intercalazioni di sottili strati di sabbie fine spesse meno di 10 cm. Questi sedimenti sono spesso dissestati da forti erosioni che formano estensive forme calanchive.

Interpretazione: Questi sedimenti documentano una deposizione in un ambiente di bassa energia dove la sospensione delle particelle emipelagiche costituiscono la parte dominante dei depositi. Le intercalazioni sabbiose sono interpretate come il prodotto di inusuali eventi torbiditici costituiti da correnti confinate molto piccole e diluite. Questa litofacies rappresenta l'ammasso alla base del bacino di sedimentazione del canyon.



6.4. Località San Lazzaro

La località di San Lazzaro si colloca a sud del centro storico di Offida, lungo la strada provinciale Collecchio. L'inquadramento geomorfologico prevede una tipica morfologia di dorsale collinare, a orientamento appenninico, la cui stretta zona di cresta è generalmente raccordata ai fossi sottostanti mediante pendii con acclività maggiori lungo il versante occidentale (strati a reggipoggio e morfotipi calanchivi) rispetto a quell'orientale. Siamo in presenza di una dorsale, rappresentante la linea di naturale di displuvio tra il bacino idrografico del torrente Lama a Ovest e del fosso del Lago a Est, intercalata da piccole dorsali ortogonali, considerate come diramazioni della più estesa struttura. Dal punto di vista stratigrafico il substrato è costituito dalla litofacies pelitica (FAA), ampiamente descritta nel paragrafo precedente, mentre tra le coperture sono presenti i depositi eluvio colluviali:

➤ **Depositi eluvio-colluviali (MUSb2):**

Coprono generalmente l'intestazione degli impluvi o dei fossi che si collegano alla dorsale di cui sopra. Gli affioramenti sono molto sporadici e mal conservati; la natura del deposito è prevalentemente limosa e subordinatamente argilloso-sabbioso. Il log dei sondaggi localizzano il substrato argilloso (FAA) alla profondità di 12 m. Tuttavia lo spessore nella maggior parte dei casi non è direttamente determinabile.

6.5. Località Borgo Miriam

La località di Borgo Miriam si colloca a est del centro storico di Offida lungo la strada provinciale Castoranese, impostata su una morfologia di dorsale a orientamento appenninico. Essa costituisce la linea naturale di displuvio tra il bacino idrografico del Torrente Fiobbo e il Fosso del Lago. Dalla zona di cresta i pendii digradano verso i fossi suddetti, con acclività maggiori lungo il versante occidentale (strati a reggipoggio e morfotipi calanchivi) rispetto a quello orientale, che spesso presenta problemi legati alla stabilità. L'analisi dei dati reperiti, lascia intuire che il bedrock argilloso marnoso, costituito dalla litofacies pelitica (FAA), tende a inclinarsi di 5°-10° verso Est; su tale basamento poggiano materiali più recenti, meno consolidati e potenzialmente instabili.

6.6. Località San Nicolino

La località di San Nicolino si colloca a nord del centro storico di Offida sul versante meridionale del fiume Tesino, caratterizzato da una topografia acclive con valori di pendenza inferiori al 30%. La morfologia è relazionabile con la giacitura a franapoggio del substrato e con la successiva azione rimodellante da parte degli agenti esogeni sui depositi della coltre eluvio-colluviale. Il substrato è costituito dalla litofacies pelitica (FAA) intercalato da orizzonti appartenenti alla litofacies pelitico-

arenacea (FAAe). Le coltri detritiche eluvio-colluviali soprastanti la formazione di base presentano una giacitura spazialmente non definita e talora sono mobilizzati a valle da fenomeni di colamento.

6.7. Località Santa Maria Goretti

La località di Santa Maria Goretti si colloca nell'estrema porzione settentrionale del territorio comunale di Offida, impostata sulla fluviale del fiume Tesino avente una morfologia tabulare o a lieve pendenza. Il fondovalle e i fianchi sono interessati da depositi alluvionali, terrazzati secondo diversi ordini rilevabili attualmente in sinistra e destra idrografica del bacino, a quote decrescenti rispetto al talweg attuale. Il substrato è dato dalla litofacies pelitica (FAA) intercalato da orizzonti appartenenti alla litofacies pelitico arenacea (FAAe), rinvenuto in affioramento, nell'estrema porzione nord-orientale, mentre all'interno della pianura alluvionale, la sua profondità è stata rinvenuta sempre inferiore ai 9,0 m.

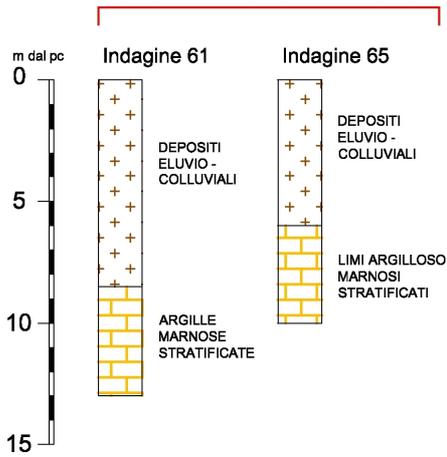
➤ **Depositi alluvionali (MUSbn):**

I depositi della pianura alluvionale sono stati messi in posto dal Fiume Tesino e dai suoi collettori durante le variazioni del loro regime idraulico in Epoca olocenica.

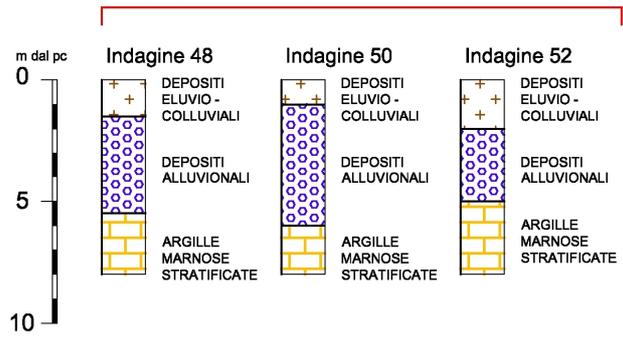
Sono sedimenti a granulometria mista e indistinta con prevalenza di ghiaie e sabbie in matrice limosa, con stratificazione piano parallela. Prevalentemente sciolti e mediamente addensati con spessori variabili inferiori a 9,0 m. Rappresentano la sede della falda acquifera di subalveo localizzata ad una profondità compresa tra i 4,0 e 8,0 m.

Di seguito si riportano i vari schemi stratigrafici delle aree indagate

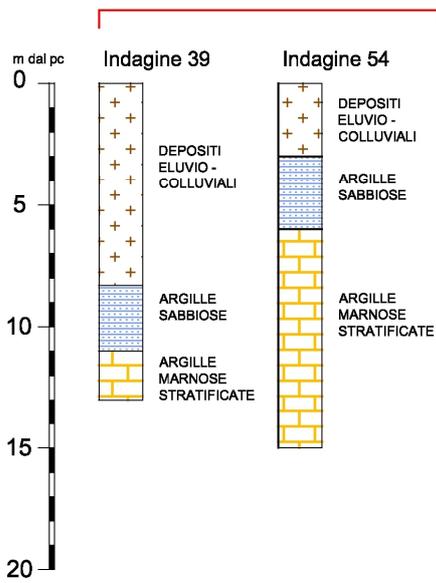
SAN BARNABA



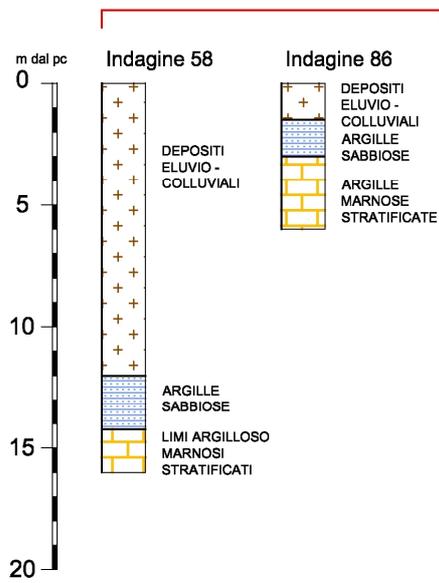
SANTA MARIA GORETTI



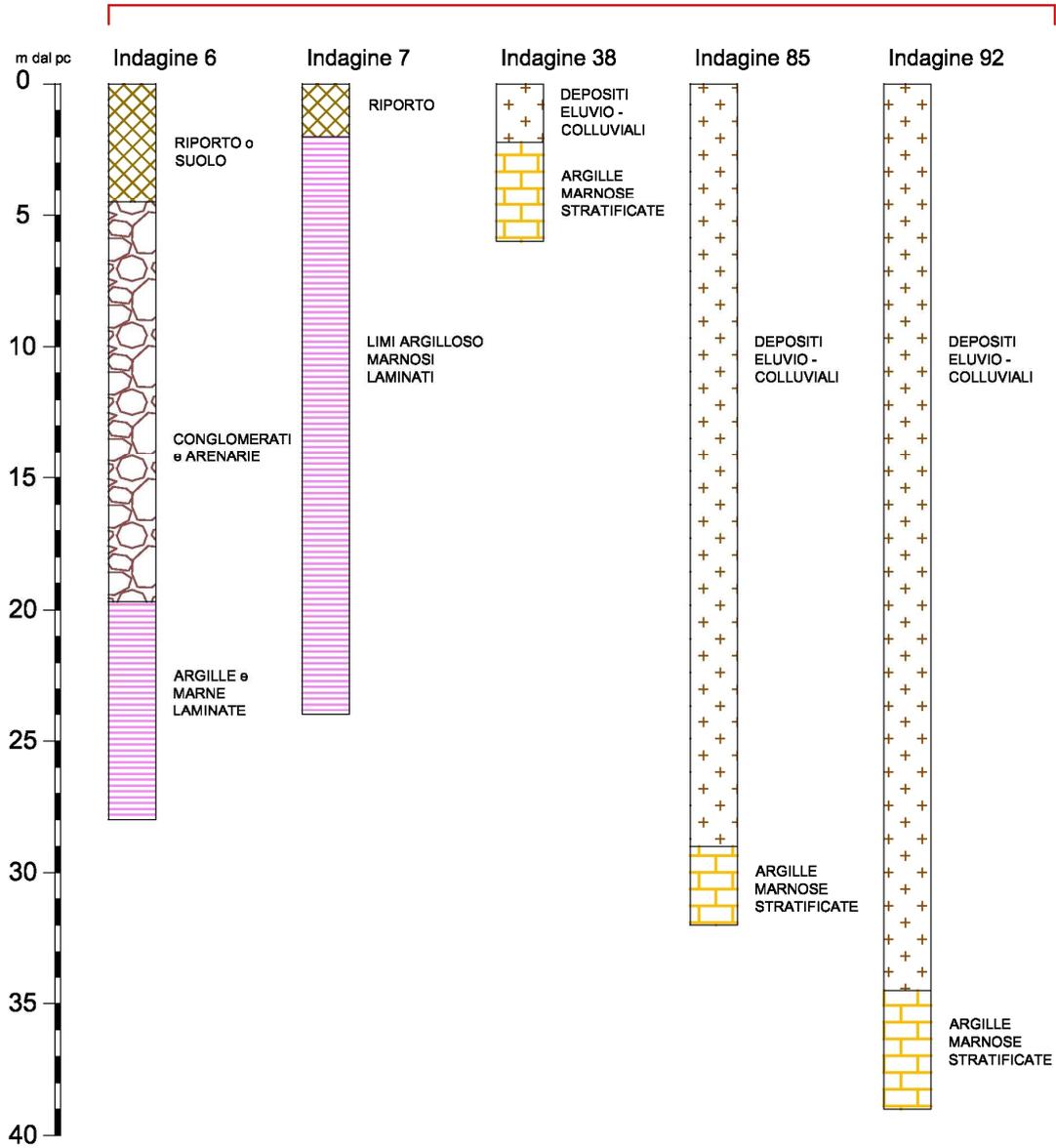
BORGO MIRIAM



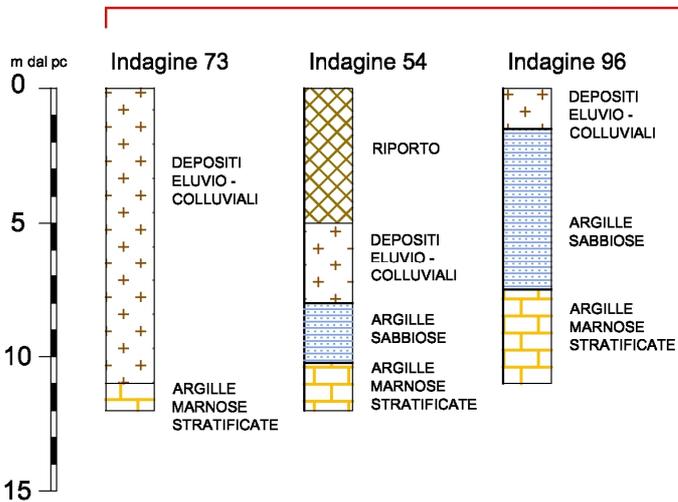
SAN LAZZARO



CENTRO STORICO



SAN NICOLINO



7. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) – CARTA MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1

Tutte le informazioni acquisite nella fase di rilevamento e riportate nella carta geologica prodotta, unitamente ai dati derivanti dalla microzonazione sismica di dettaglio (anno 2004), hanno permesso di realizzare l'elaborato relativo alla carta delle microzonazione omogenee in prospettiva sismica.

Lo scopo della carta Mops di primo livello è quello di definire qualitativamente delle microzone per le quali, sulla base delle osservazioni geo-litologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche e topografiche, possano essere ipotizzati comportamenti omogenei in caso di input sismico, suddividendole in:

- *Zone stabili*
- *Zone stabili suscettibili di amplificazione locali*
- *Zone suscettibili di instabilità*

La classificazione e relativa suddivisione ha seguito una metodologia basata essenzialmente su

- raccolta di tutti i dati pregressi, in particolare della microzonazione sismica di dettaglio realizzata nell'anno 2004,
- effettuazione di rilevamenti geologici di controllo sul terreno,
- rilettura e sintesi dei dati delle cartografie disponibili.

7.1. Microzonazione sismica di dettaglio (anno 2004)

La Microzonazione sismica di dettaglio, realizzato nel 2004 nell'ambito del Progetto coordinato dal GNDT (con la partecipazione del SSN) per conto del Dipartimento Protezione Civile, constava di sondaggi attrezzati con prove downhole, indagini di laboratorio, stazioni velocimetriche e indagini tromografiche. Di seguito si riportano, i punti salienti ottenuti nella precedente microzonazione:

A) Sintesi delle Indagini geotecniche in sito e in laboratorio

Le misure sperimentali condotte in sito e in laboratorio, sia pure nei limiti dell'esiguità del numero di osservazioni effettuate, e delle incertezze legate, ad esempio, agli eventuali disturbi in fase di campionamento, indicano che :

- il materiale attraversato dai sondaggi 2 MS, 3 MS e 10 MS, rispettivamente a profondità comprese tra 15.30 e 15.80 m, 8.00 e 8.50 m, 4.30 e 4.80, classificato come detrito eluvio-colluviale, è costituito prevalentemente da argilla limosa nella parte più superficiale (campioni S3C1 e S10C1) e da limo argilloso a profondità più elevate (campione S2C2), secondo la classificazione AGI (1977), da argilla inorganica a bassa plasticità (CL) secondo la classificazione USCS; tale materiale risulta plastico, con indice di plasticità decrescente con la profondità ($I_p = 22 \div 29 \%$) e di consistenza medio alta, plastico, nella parte superficiale dello strato (campione S10C1), e semisolido a maggiori profondità (campioni S3C1 e S2C2) ($I_c = 0.93 \div 1.09$), leggermente sovraconsolidato ($OCR \approx 2.1 \div 3.2$) nella parte più superficiale (campioni S3C1 e

S10C1) e normalconsolidato a profondità più elevate (campione S2C2). È inoltre caratterizzato da una bassa deformabilità ($C_c = 0.189$);

- le proprietà indici del materiale (densità, contenuto d'acqua, limiti di Atterberg) sono mediamente confrontabili con quelle rilevate, nell'ambito del presente studio, per altri materiali eluvio-colluviali presenti nella zona;
- i valori del modulo di taglio iniziale e del rapporto di smorzamento minimo, misurati con le prove TTC e RC, sono tra loro confrontabili e, tenendo conto della profondità a cui sono stati estratti i campioni, e quindi della pressione di sovraconsolidazione, consentono di affermare che si tratta di materiale di rigidità medio-bassa e basso smorzamento;
- la legge di decadimento del modulo di taglio e la legge di variazione del rapporto di smorzamento con l'ampiezza della deformazione di taglio, ottenute sulla base dei dati sperimentali, si collocano rispettivamente al di sopra e al di sotto delle corrispondenti curve di letteratura ricavate per terreni coesivi dell'Italia centrale;
- lo strato di materiale eluvio-colluviale presenta un andamento piuttosto irregolare della velocità delle onde S, che oscilla per l'intera profondità tra valori compresi tra 350 e 400 m/s (salvo qualche locale e brusco incremento) e non sempre risulta evidente il passaggio ai *depositi marini sottostanti*, dove la velocità, pur variando in maniera piuttosto irregolare, mostra un trend generalmente crescente, ma con valori che comunque non superano i $700 \div 800$ m/s. Anche laddove i depositi marini affiorano si può osservare sempre un andamento estremamente irregolare con la profondità nei valori della velocità che si mantiene sempre comunque su valori abbastanza bassi (inferiore a 600 m/s), anche alle profondità più elevate, laddove si raggiunge il materiale più duro (argille marnose e marne argillose).
- Il rapporto tra il modulo di taglio iniziale misurato in sito e in laboratorio risulta abbastanza elevato, rispetto ai valori di letteratura (a causa del disturbo in fase di campionamento) e varia tra 4 e 6.

B) risultati delle analisi di microtremore e weakmotion da stazioni velocimetriche

Sono state installate stazioni sismiche rispettivamente presso il Municipio (OF1), il Convento dei Cappuccini (OF3), la Chiesa della Rocca (OF4) e lo Stadio Comunale (OF5).

Di seguito sono elencate le figure ove si riportano i risultati:

- la Fig.7.2.7 riporta le funzioni di amplificazione per la stazione installata presso il Municipio (OF1) ottenute mediante la tecnica H/V a partire dai terremoti e dai microtremori. Questa stazione è stata presa come sito di riferimento anche se la funzione ottenuta a partire dai dati sismici non risulta perfettamente piatta;
- la Fig.7.2.8 riporta i risultati ottenuti per la stazione installata presso i Cappuccini (OF3). La variazione in frequenza dei picchi evidenti dalle differenti funzioni rientra in una percentuale di errore accettabile considerando che i punti di misura dei microtremori e della stazione sismica non risulta perfettamente coincidente e che i sensori di misura e di acquisizione sono diversi;

- la Fig.7.2.9 riporta i risultati relativi alla stazione sita presso la Chiesa della Rocca (OF4); le funzioni hanno un andamento simile per $f < 2$ Hz, mentre per $f > 2$ Hz la funzione H/V ottenuta a partire dai microtremori si discosta presentando un picco anche ad alte frequenze (6.5 Hz);
- la Fig.7.2.10 riporta i risultati relativi alla stazione sita presso lo Stadio Comunale (OF5); le funzioni risultano in discreto accordo.

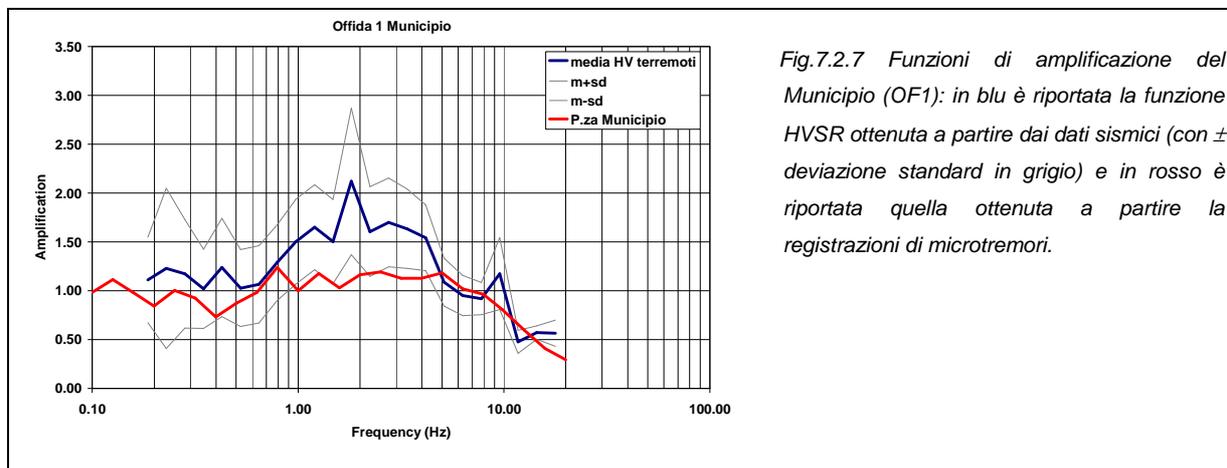


Fig.7.2.7 Funzioni di amplificazione del Municipio (OF1): in blu è riportata la funzione HVSR ottenuta a partire dai dati sismici (con \pm deviazione standard in grigio) e in rosso è riportata quella ottenuta a partire la registrazioni di microtremori.

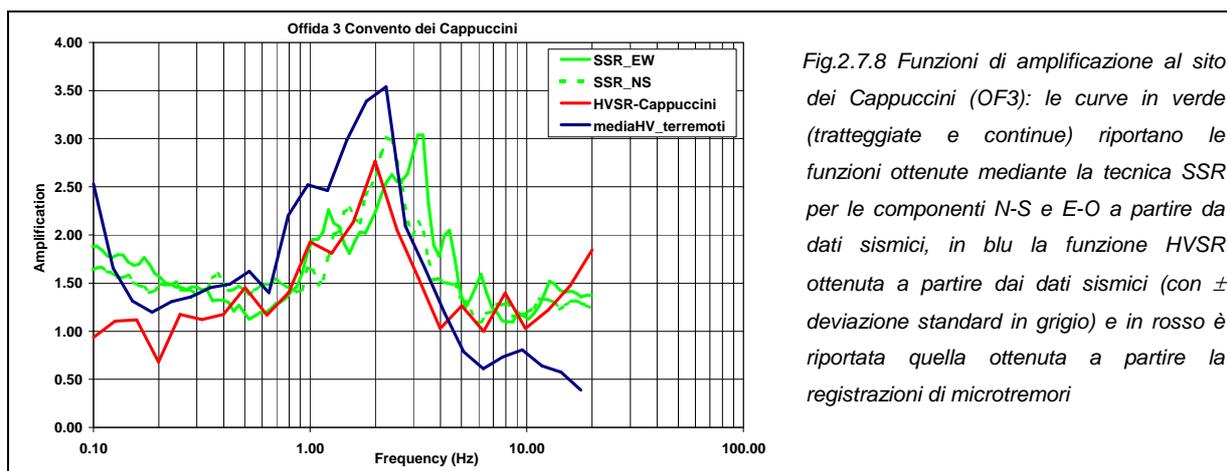


Fig.2.7.8 Funzioni di amplificazione al sito dei Cappuccini (OF3): le curve in verde (tratteggiate e continue) riportano le funzioni ottenute mediante la tecnica SSR per le componenti N-S e E-O a partire da dati sismici, in blu la funzione HVSR ottenuta a partire dai dati sismici (con \pm deviazione standard in grigio) e in rosso è riportata quella ottenuta a partire la registrazioni di microtremori

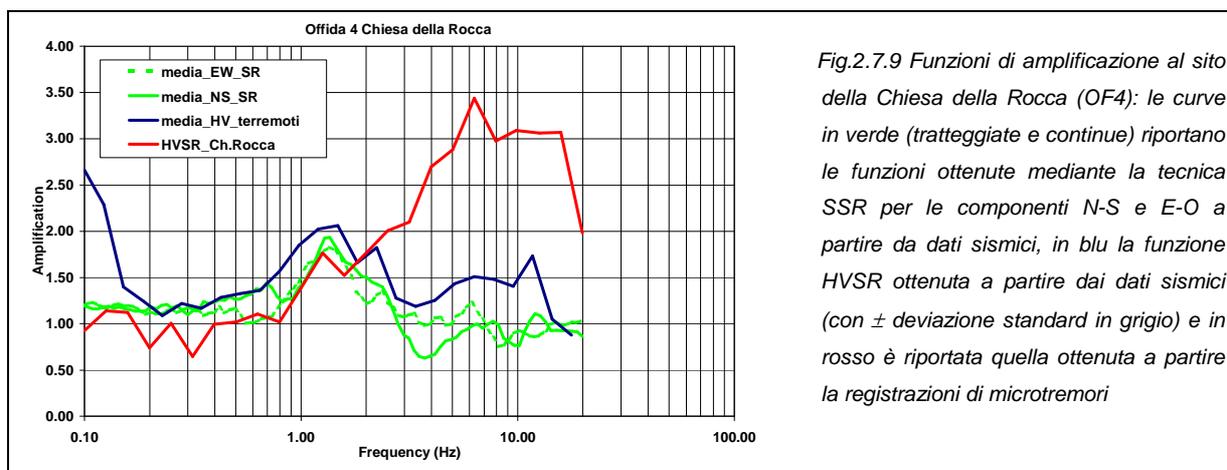


Fig.2.7.9 Funzioni di amplificazione al sito della Chiesa della Rocca (OF4): le curve in verde (tratteggiate e continue) riportano le funzioni ottenute mediante la tecnica SSR per le componenti N-S e E-O a partire da dati sismici, in blu la funzione HVSR ottenuta a partire dai dati sismici (con \pm deviazione standard in grigio) e in rosso è riportata quella ottenuta a partire la registrazioni di microtremori

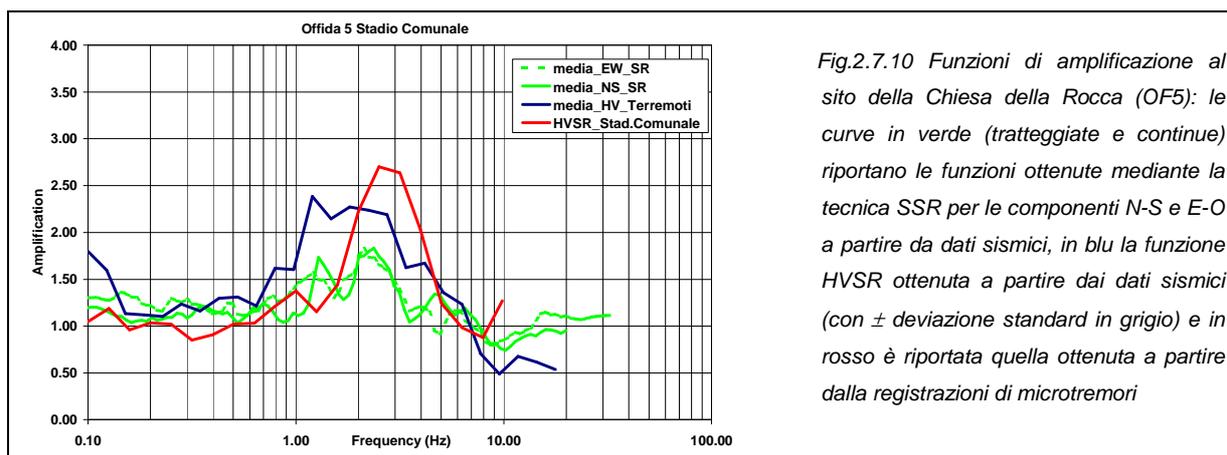


Fig.2.7.10 Funzioni di amplificazione al sito della Chiesa della Rocca (OF5): le curve in verde (tratteggiate e continue) riportano le funzioni ottenute mediante la tecnica SSR per le componenti N-S e E-O a partire da dati sismici, in blu la funzione HVSR ottenuta a partire dai dati sismici (con \pm deviazione standard in grigio) e in rosso è riportata quella ottenuta a partire dalla registrazioni di microtremori

C) risultati delle acquisizioni tomografiche:

- la misura presso la Chiesa della Rocca ha un range di valori di amplificazione con significatività \geq 90% compreso tra 5.01 Hz e 15.95 Hz (Fig. 6.3.3a);
- il p.to di misura del v.le della Repubblica ha valori compresi tra 2.51- 3.98 Hz (Fig. 6.3.3a);
- la misura ottenuta nei pressi dello stadio comunale ha valori elevati di amplificazione compresi tra 2.51 – 3.16 Hz (Fig.6.3.3);
- la misura effettuata presso i Cappuccini ha un unico picco di amplificazione a 2 Hz (Fig. 6.3.3a);
- la misura di fronte il cimitero ha un picco in alta frequenza a 12.59 Hz (Fig.6.3.3b);
- l'ultima effettuata nella parte Nord della zona di espansione presenta picchi significativi in due range di frequenza, 2 – 3.16 Hz e 7.94 – 9.84 Hz.

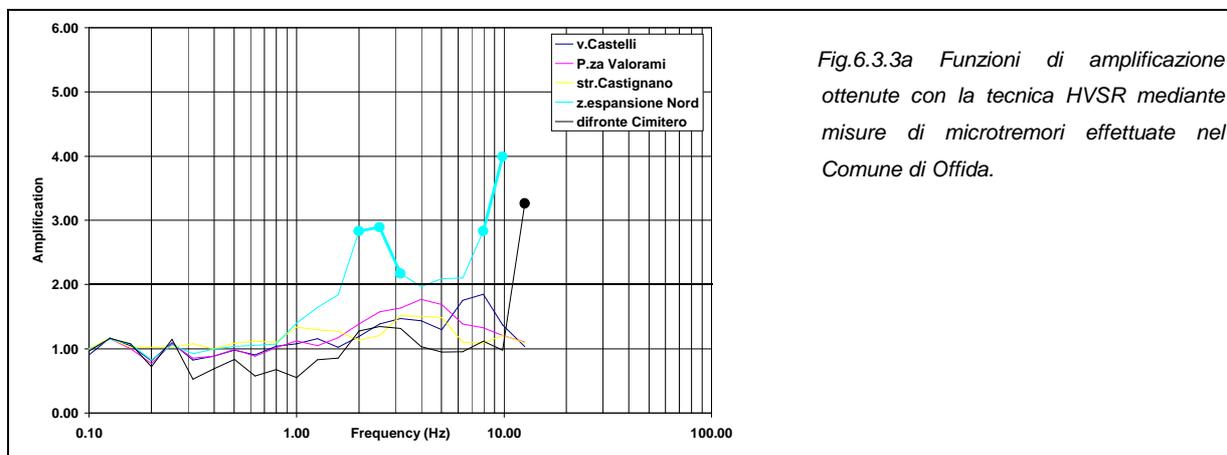


Fig.6.3.3a Funzioni di amplificazione ottenute con la tecnica HVSR mediante misure di microtremori effettuate nel Comune di Offida.

7.2. Rilettura e sintesi

La redazione della carta delle MOPS nasce come risultato della rilettura e aggiornamento dei dati presenti nelle fonti informative precedentemente illustrate. L'area di Offida può essere suddivisa in due aree distinte, la prima ad ovest dove affiora la sequenza torbiditica e la seconda ad est dove affiorano le argille azzurre. Nell'area torbiditica, i risultati ottenuti dalle prove geofisiche di downhole non hanno mostrato, per le Vs, una velocità uguale o maggiore agli 800 m/s. Dai risultati dei rapporti

H/V calcolati da impulsi weakmotion e da misure di microtremore, è mostrata un'amplificazione generale intorno ai 2Hz.

La successione presente al di sotto del centro storico di Offida è costituita da una sequenza litologica molto differenziata costituita da un cuneo torbido-poggiate sul bedrock geologico della Formazione delle Argille Azzurre, considerata come bedrock sismico per l'area in esame

Nella precedente microzonazione non è stata caratterizzata in maniera completa, in termini di Vs, la sequenza torbido-poggiate sul substrato della Formazione delle Argille Azzurre. In particolare non sono disponibili dati relativi alla velocità Vs dei depositi arenaceo-conglomeratici che interessano parzialmente la dorsale del centro storico

A tal proposito si è proceduto all'identificazione delle aree omogenee basandosi principalmente sui contatti litostratigrafici delle formazioni rinvenute e, dove possibile, sulla valutazione della prima impedenza acustica a partire dal p.c..

Tale metodologia è stata considerata come l'unica possibile approssimazione in prospettiva di analisi quantitativa per meglio avvicinarsi ai fattori dei Housner calcolati con gli abachi ICMS.

Per quanto riguarda l'area orientale, questa, è caratterizzata da una spessa e monotona successione di argille, le cui indagini geofisiche (downhole) MS2 ed MS10 ne descrivono i profili sismici di velocità. In tali prove è possibile notare come al raggiungere della parte più consistente marnosa, si evidenziano una impedenza con Vs che raggiunge valori di circa 800 m/s nella parte più rigida. In prospettiva di analisi quantitativa, si è costruito un modello caratterizzato da depositi su bedrock rigido argilloso-marnoso e si sono ricondotti i valori di amplificazione integrando il dato sismico ai nuovi sondaggi inseriti nella carta delle indagini.

Di seguito si riportano le microzone omogenee in prospettiva sismica (riportate anche nell'allegato cartografico):

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali per stratigrafia, dovuta al contrasto d'impedenza tra mezzi geologici diversi:

- **Zona 1**, caratterizzata da depositi marini conglomeratici e arenaceo conglomeratici su depositi argilloso marnosi a profondità maggiore di 20 m. Il substrato è coesivo sovraconsolidato fittamente laminato, posto su un versante acclive e tale da non escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.
- **Zona 2**, caratterizzata da depositi marini sabbiosi, sabbioso-argillosi con spessori inferiori e/o uguali a 20 m sovrastanti il bedrock argilloso marnoso. Il substrato è coesivo sovraconsolidato fittamente laminato.
- **Zona 3**, caratterizzata da depositi marini argillosi laminati con spessori minori o uguali a 25 m sovrastanti il bedrock sabbioso e/o sabbioso-argilloso. Il substrato è prevalentemente granulare cementato, stratificato.
- **Zona 4**, caratterizzata da depositi marini argillosi laminati con spessori minori di 10 m poggianti su bedrock conglomeratico e arenaceo-conglomeratico. Il substrato è granulare

cementato stratificato (Conglomerati con ciottoli arrotondati in matrice sabbiosa e arenarie medie grossolane).

- **Zona 5**, caratterizzata da depositi eluvio colluviali e/o riporto antropico con spessori compresi tra 5-35 m su bedrock argilloso marnoso. Il substrato è coesivo sovraconsolidato stratificato.
- **Zona 6**, caratterizzata da depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi in matrice limosa. Sciolti, mediamente addensati e consistenti con spessori inferiori a 9,0 m poggianti su bedrock argilloso marnoso. Il substrato è coesivo sovraconsolidato stratificato.
- **Zona 7**, caratterizzata da substrato alterato argilloso marnoso con spessori inferiori a 10 m su bedrock argilloso marnoso. Il substrato è coesivo sovraconsolidato stratificato.
- **Zona 8**, caratterizzata da depositi marini argillosi laminati con spessori compresi tra 15 e 25 m, sovrastanti il bedrock argilloso-marnoso. Il substrato è coesivo sovraconsolidato stratificato.

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali per topografia, legata alla focalizzazione delle onde sismiche.

- **Aree con pendenza maggiore di $P > 30^\circ$** , generalmente localizzate in corrispondenza di orli di scarpate bordanti l'area del centro storico.

Zone suscettibili di instabilità, dovute all'azione del sisma, in particolare nei depositi fini in presenza di acqua, legate alle sovrappressioni interstiziali generate dallo scuotimento, che portano al temporaneo annullamento della resistenza di taglio del deposito con conseguente rifluimento dei sedimenti verso valle. Nella cartografia sono state distinte aree in:

- **colamento attivo**
- **scorrimento attivo**

La carta è stata completata riportando le forme di superficie quali gli orli di scarpata raggruppati in base all'altezza.

8. CARTA MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2

La carta di Livello 2 è nata per dare una valutazione quantitativa degli effetti sismici attesi in termini di amplificazione sismica per la sola area del centro storico, già indagata nell'anno 2004 con lo studio di microzonazione sismica effettuato dal GNDT per conto della Protezione Civile

Per la redazione di tale carta è stato fatto riferimento ai modelli assegnati ad ognuna delle zone stabili suscettibili di amplificazione litologica precedentemente definiti.

Ad ogni modello sono stati assegnati i valori necessari per l'ingresso negli abachi nazionali (ICMS), mediante il seguente procedimento:

- Utilizzo delle mappe di pericolosità sismica per la definizione dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido con una probabilità del 10% in 50 anni sul sito in esame.
- Definizione della litologia e della relativa Vs di ingresso dei depositi tra il p.c. e la prima impedenza acustica ipotizzata nei contatti di tipo litologico.
- Si è scelto il tipo di abaco attraverso considerazioni di tipo geofisico e di tipo cautelativo
- Si sono determinati i valori di amplificazione integrando i dati con gli spessori dei depositi ricavati dai sondaggi geognostici effettuati.

Di seguito si riportano le microzone omogenee in prospettiva sismica (riportate anche nell'allegato cartografico) realizzate secondo le linee guida riportate negli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica":

Zona	velocità misurata (m/s)	velocità inferita (m/s)	spessori ingresso (m)	FA	FV	Litologia prevalente
1		600	15 ÷ 25	1,14 ÷ 1,23	1,03 ÷ 1,07	ghiaia
2		500	5 ÷ 20	1,06 ÷ 1,40	1,01 ÷ 1,12	sabbia
3	300		5 ÷ 25	1,48 ÷ 1,98	1,03 ÷ 1,78	argilla
4		400	5 ÷ 10	1,15 ÷ 1,36	1,01 ÷ 1,05	argilla
5a	400		5 ÷ 15	1,15 ÷ 1,55	1,01 ÷ 1,11	argilla
5b	400		15 ÷ 35	1,55 ÷ 1,63	1,11 ÷ 1,52	argilla
6		300	5 ÷ 10	1,53 ÷ 1,85	1,03 ÷ 1,14	sabbia
7		450	5 ÷ 10	1,09 ÷ 1,25	1,01 ÷ 1,03	argilla
8		500	15 ÷ 25	1,28 ÷ 1,39	1,05 ÷ 1,13	argilla

8.1. Analisi dei dati

I fattori di amplificazione tratti dagli abachi ICMS, derivano da analisi numeriche monodimensionali di propagazione delle onde sismiche di taglio, effettuate con codici di calcolo matematico di analisi lineari equivalenti tipo SHAKE91, EERA ecc.ecc.

Tali analisi sono condotte su un modello di sottosuolo costituito da terreni stratificati orizzontalmente e poggianti su un semispazio rigido con Vs maggiore o uguale a 800 m/s.

Il semispazio tra il p.c. e il bedrock rigido viene suddiviso in n-strati piano paralleli i quali possono avere una Vs costante, una Vs con profilo intermedio (minima impedenza) e una Vs con pendenza massima.

Essi, pertanto, tendono a dare una stima dell'amplificazione del segnale sismico, attraverso modelli 1D generalizzati, per i quali, risulta difficile una correlazione con la reale eterogeneità delle litofacies nell'area Italiana. Tutto ciò, in considerazione del fatto che si sono riscontrate non poche difficoltà nell'assegnazione di questi parametri nell'area ad Ovest, caratterizzata dalla successione torbiditica. Le problematiche riscontrate vengono di seguito esposte:

- In nessuna indagine geofisica si sono raggiunte Vs maggiori o uguali a 800 m/s;
- La litofacies arenaceo conglomeratica, ipotizzata come la più rigida, non è caratterizzata in Termini di Vs;
- Difficoltà di ingresso negli abachi dovuta alla presenza di sismostrati costituiti da litologie differenti;
- Gli strati non risultano piano paralleli ma leggermente inclinati.

Pertanto, in conclusione, si può affermare che i fattori di amplificazione della porzione occidentale sono frutto di una stima mediata tra i dati geofisici e geognostici in un approccio di tipo cautelativo.

Essi possono discostarsi molto dalla situazione reale o, nel peggiore dei casi, non rappresentare affatto la situazione di amplificazione.

Per quanto riguarda l'area orientale, i valori calcolati tramite gli abachi possono ritenersi più significativi, in quanto, i modelli sismo stratigrafici proposti approssimano in modo migliore i modelli previsti dagli abachi ICMS.

9. CONCLUSIONI

L'area di Offida si colloca in un contesto geologico, sedimentologico e strutturale molto complesso. In tale area si sovrappongono gli effetti sia di processi endogeni di fratturazione che di processi esogeni di tipo geomorfologico e sedimentologico. Tale area insiste in una zona mediamente corrugata e fratturata da processi deformativi associati a thrust attivi dal Miocene fino al Pleistocene che hanno creato linee a maggiore debolezza, nelle quali, si sono generati e sviluppati processi geomorfologici-sedimentologici di tipo debris flow e torbiditici

In primo luogo il processo si è sviluppato attraverso la formazione di un canale erosivo a forma di canyon successivamente riempito da sequenze torbiditiche con spessori dai 70 m ai 310 m, affiorante prevalentemente nella porzione occidentale del centro storico di Offida. Nella porzione orientale, invece, affiorano con continuità i terreni appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Di seguito vengono discusse entrambe le aree.

SUCCESSIONE TORBIDITICA

E' costituita da una spessa alternanza di arenarie a strati sottili e medi, arenarie conglomeratiche e peliti laminate, a formare un cuneo torbiditico che si immerge di circa 5° in direzione E-NE. La reologia delle successioni, costituita in gran parte da arenarie mediamente cementate e laminate ci permette di ipotizzare che tale sequenza possa avere effetti sia amplificativi che deamplificativi in considerazione sia del grado di addensamento delle sabbie, mediamente elevato, e sia per le laminazioni e le stratificazioni che possono considerarsi come viscosità intrinseca del materiale.

Tale cuneo è stato immaginato come un elemento semirigido che si erge in affioramento con potenza, da ovest a est, da 70 m a circa 130 m, nel quale si instaurano impedenze acustiche, in particolar modo, nei contatti litologici sia normali che di tipo erosivo.

FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE

E' costituita da una sequenza omogenea di argille massive e finemente laminate, le quali, circondano arealmente la successione torbiditica depositatasi nel canyon eroso e successivamente riempito. Ad est questa formazione è separata da un probabile elemento tettonico non attivo, che può essere considerato come il bordo del canyon torbiditico. Tale elemento non viene riportato in carta sia perché in gran parte risulta ricoperto dai depositi più recenti, sia perché non si hanno elementi sufficienti per definirne la collocazione spaziale. E' comunque importante precisare che in prossimità di tale zona di faglia non si possono escludere possibili effetti di concentrazione delle onde sismiche.

La formazione è stata caratterizzata in particolar modo utilizzando i dati scaturiti dalle prove downhole MS2 e MS10 le quali hanno mostrato un andamento dei profili di Vs caratterizzati da una impedenza acustica al contatto della parte di formazione marnosa più consistente, mostrando valori di Vs fino a circa 800 m/s. Tali dati sono stati estesi in tutti i sondaggi riferibili alla macrozona omogenea.

Per quanto riguarda l'amplificazione di questa tipologia di formazione, si può tenere in considerazione che, essa può raggiungere spessori fino a 3Km e che l'unica maniera per caratterizzare e verificare possibili effetti di amplificazione è quella di procedere con indagini dinamiche di laboratorio effettuate

su campioni prelevati in sito. Questo perché l'argilla si comporta diversamente a seconda del proprio grado di sovraconsolidazione e del suo indice di plasticità. A seconda di questi parametri si possono ipotizzare effetti di aumento o diminuzione volumetrica con conseguenti cedimenti sismogenetici. Le indagini di laboratorio effettuate sulle coperture di questa formazione hanno mostrato che il rapporto G/G_0 subisce dei decadimenti a deformazioni più grandi, mentre il parametro di smorzamento D risulta minore rispetto alle altre argille dell'Italia centrale. In pratica la curva G/G_0 e la curva D sono poste rispettivamente più in alto e più in basso delle altre curve ricavate su provini di argille provenienti da tutta la fascia dell'Italia centrale.

In conclusione si può affermare che, per l'area orientale i valori calcolati tramite gli abachi possono ritenersi più significativi in quanto i modelli sismo stratigrafici proposti approssimano in modo migliore i modelli previsti dagli abachi ICMS, mentre, per quanto riguarda l'area torbiditica, posta ad ovest, tali valori possono considerarsi privi di senso per via delle considerazioni esposte in precedenza e vanno interpretati come una stima mediata tra i valori delle indagini geofisiche, geognostiche e bibliografiche in un approccio di tipo **CAUTELATIVO**.

A seguito delle nuove scoperte in campo geologico, sedimentologico e strutturale che hanno permesso di ipotizzare un modello 2D e in considerazione delle finalità scientifiche oltre che urbanistiche di questo tipo di carte, si chiede parere della commissione per un eventuale microzonazione di livello 3 da effettuare nelle aree attraversate dalla probabile faglia (ad est dell'abitato di Offida) e nella parte del centro storico. Tutto ciò, anche in considerazione del fatto che le indagini fino ad ora eseguite andrebbero definitivamente perse come l'occasione di poter migliorare i modelli geofisici 2D di amplificazione.

Si potrebbe raggiungere un ottimo livello conoscitivo con poche e mirate indagini geofisiche indirette, in particolare, possono essere predisposte nell'area orientale indagini geofisiche indirette superficiali atte a definire sia l'ipotetica faglia nonché possibili effetti amplificativi dovuti a canali di fratturazione. Per quanto riguarda l'abitato del centro storico si potrebbe raggiungere un buon grado di conoscenza attraverso l'utilizzo di indagini combinate indirette superficiali atte a caratterizzare sismicamente la facies arenaceo conglomeratica. Oltre a queste indagini è ipotizzabile anche un'acquisizione tomografica nei due speroni torbiditici che caratterizzano l'area di Offida, ponendo una sorgente sismica artificiale nel sito in cui affiora la formazione delle FAA (zona della fornace). Oltre a questo, attraverso un'ulteriore indagine bibliografica e correlando dati geologici si potrebbe meglio definire la forma del bedrock concavo dell'area di Offida.

Offida, 12.09.2012

G E O L O G O
Dr. Tonino Colletta

Ordine dei Geologi della Regione Marche
– n.575 sezione "A" –

BIBLIOGRAFIA:

- **Evolution and History of Filling of Early Pleistocene, Coarse-Grained Slope Canyons (Peri-Adriatic Basin, Central Italy)***
Claudio Di Celma¹, Gino Cantalamessa¹, Riccardo Teloni¹, Amerigo Corradetti¹, and Valerio Marini¹
Search and Discovery Article #50481 (2011)
Posted October 17, 2011
- **Stratigraphic organization and predictability of mixed coarse-grained and fine-grained successions in an upper slope Pleistocene turbidite system of the Peri-Adriatic basin**
CLAUDIO DI CELMA, GINO CANTALAMESSA and PETROS DIDASKALOU
School of Science and Technology, Geology Division, University of Camerino, Via Gentile III da Varano 1, Camerino 62032, Italy (E-mail: claudio.dicelma@unicam.it)
- **Guida all'escursione: "Geologia e geomorfologia del settore fermano nel bacino periadriatico marchigiano-abruzzese" E. CENTAMORE (*), P. FARABOLLINI (**)& S. ANGELINI (°)**
- **Rilevamento Geologico Sedimentologico dell'Area di Offida**
Tesi laurea triennale dott. Stefano Cicconi
- **Caratterizzazione dinamica dei terreni di Senigallia e analisi della risposta sismica locale**
A cura di:
T. Crespellani¹, J. Facciorusso¹, C. Madià¹, G. Simoni¹.
1 Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Firenze
- **Limiti e potenzialità dell'uso del rumore ambientale per la valutazione della risposta di sito e l'analisi strutturale**
Dario Albarello
<http://www.provincia.udine.it/ambiente/difesa/duolo/progetti/ponti/Documents/Albarello.pdf>
- **INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE A SUPPORTO DELLA RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO**
Dario Albarello
Dip. di Scienze della Terra – Università degli Studi di Siena
Via Laterina, 8 – 53100 Siena
dario.albarello@unisi.it
http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/corso_151211/albarello_misure_strumentali.pdf
- **Note illustrative della Carta Geologica d'Italia foglio 303 Macerata**
A cura di G. Cello
- **2988 Quaderno della carta geologica d'Italia VII Appennino Argille Azzurre**
- **Power point e pdf del corso di micro zonazione sismica e analisi di risposta sismica locale 7-11 febbraio 2011**
Fondamenti di sismologia e analisi strumentale a cura di dott. D.Albarello
Normativa sismica a cura di dott. A.Colombi
Metodi di acquisizione diretta ed indiretta, specifiche tecniche per le indagini a cura di E.Cardarelli
Ingegneria geotecnica a cura di dott. G.Lanzo
Pericolosità sismica a cura di dott. A.Pugliese
Modello geologico a cura di dott. G.S.Mugnoza
Modellazioni numeriche a cura di dott. T.Sanò
- **computer aided record selection for code-based seismic structural analysis**
Junio Iervolino · Carmine Galasso · Edoardo Cosenza
- **Esempi di microzonazione sismica in ambiente montano, litoraneo e di pianura dell'Appennino Romagnolo**

Silvia Castellaro
silvia.castellaro@unibo.it
Dipartimento di Fisica
Università di Bologna
Stefano Quagliariere
Regione Emilia-Romagna, Servizio Difesa
Claudia Tomassoli
Libero professionista
c.tomassoli@tes07.it
- **Correlazioni empiriche con l'indice di plasticità**
R.Nova
- **Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 14 Gennaio 08 il contributo della Geologia**
Claudio Margottini
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
- **Fondamenti di Geologia Strutturale**
G.Cello