



COMUNE DI FOLIGNO

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOLOGICO-TECNICA E SISMICA CON SPECIFICHE ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE PER L'AMPLIAMENTO DI UN INSEDIAMENTO INDUSTRIALE

PROPRIETA' :
O.M.A. S.p.a.

LOCALITA' :
Via Cagliari,
FOLIGNO

DATA:
MAGGIO 2014

GEOLOGO : DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI





COMUNE DI FOLIGNO

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

PROPRIETA' :
O.M.A. S.p.a.

LOCALITA' :
Via Cagliari,
FOLIGNO

DATA:
MAGGIO 2014

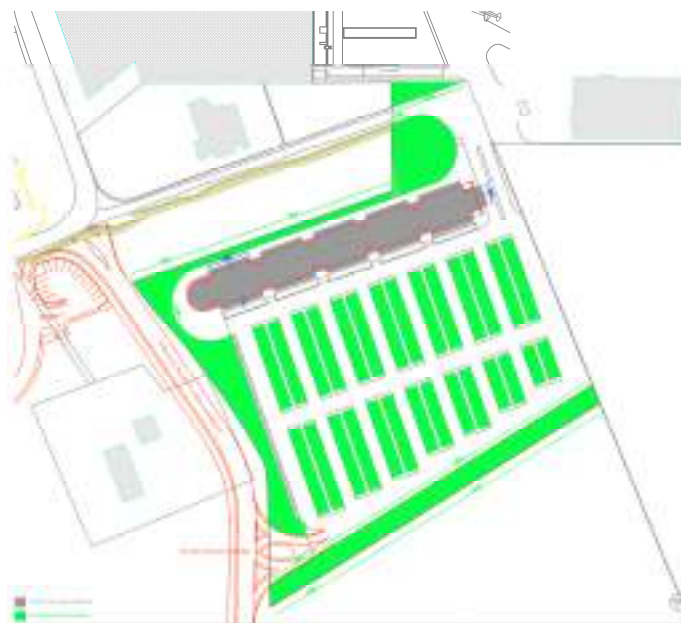
GEOLOGO : DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI

PREMESSA

Su incarico della ditta O.M.A. S.p.a. si è proceduto alla realizzazione della presente relazione geologica, idrogeologica, sismica e geologico-tecnica nell'area in cui è previsto l'ampliamento di un insediamento industriale tramite la realizzazione di una palazzina e di una vasto parcheggio a raso.

Nell'indagine sono state evidenziate:

- le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche ed idrauliche;
- le caratteristiche sismiche comprensive della microzonazione di livello 3;
- le caratteristiche litologiche e fisico- meccaniche dei terreni presenti in corrispondenza del sito in maniera da ricostruire il modello geologico e geotecnico dell'area.



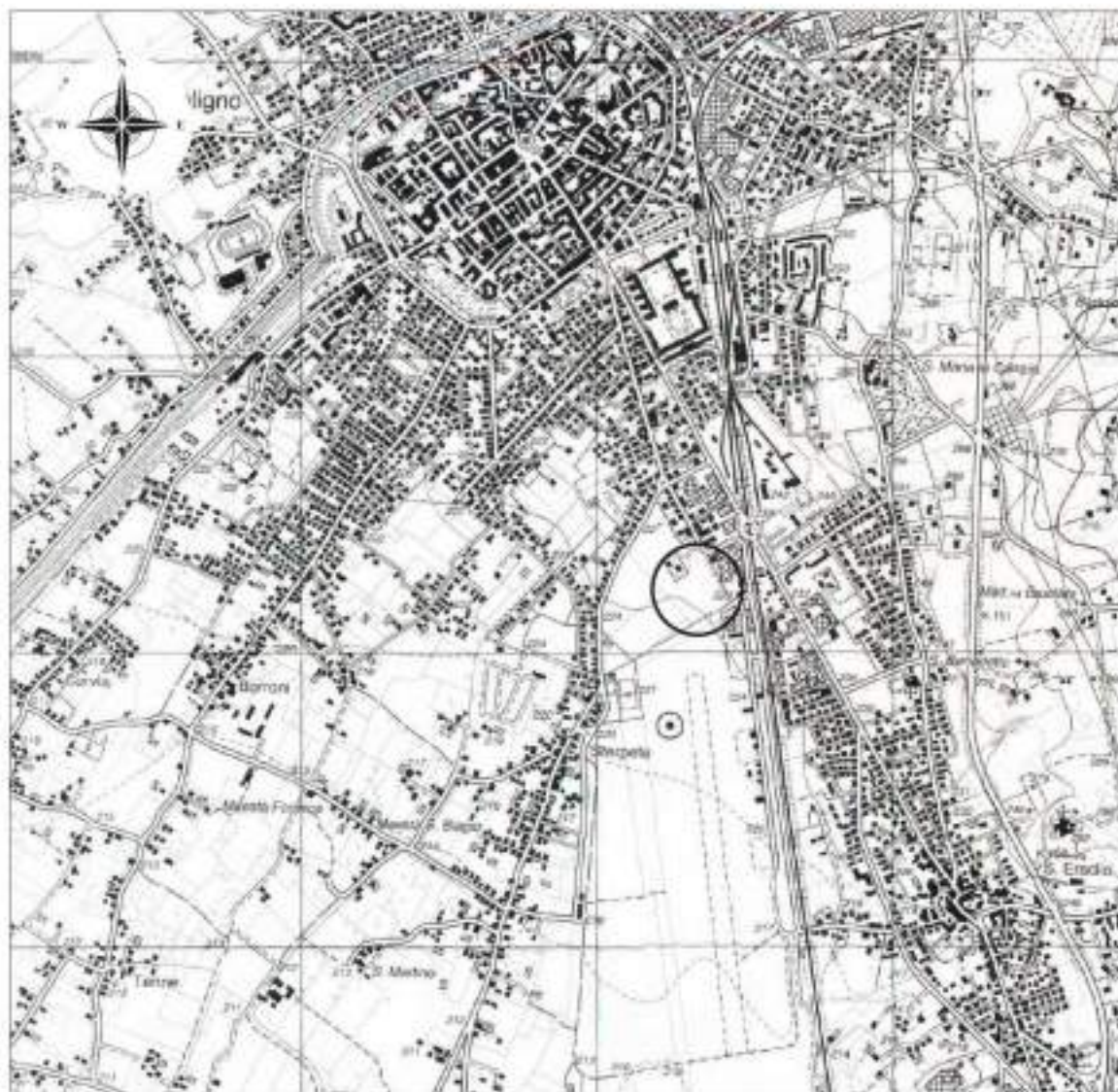
UBICAZIONE DELL'AREA

Il sito in esame si pone alla periferia meridionale della Città di Foligno e ricade topograficamente nella Tavoletta "FOLIGNO", I NO del Foglio n.131 della Carta d'Italia (All. A).

Il lotto di terreno in esame risulta censito alle particelle individuate nel Foglio n. 195 del N.C.T. del Comune di Foligno (All. B).

Il vigente P.R.G. del Comune di Foligno non prevede per l'area particolari vincoli di natura geologica.

UBICAZIONE DELL'AREA



SCALA 1:25.000

All. A) Località: S. Eraclio, Foligno Tav. "Foligno" I N.O.
del Foglio n. 131 della Carta d'Italia

RIFERIMENTI CATASTALI



SCALA 1:2.000

All. B) Foglio n. 195 del Nuovo Catasto Terreni del Comune di Foligno

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDRAULICHE

L'area esaminata si pone, ad una quota topografica media di circa 224 mt. s.l.m., al limite occidentale delle vaste falde di detrito, coalescenti a piccole conoidi torrentizie, che, bordando ad oriente la Valle Folignate, si propongono come raccordo tra la stessa ed i rilievi calcarei orientali.

Conseguentemente a tale posizione topografica, la morfologia presenta ancora una debole pendenza occidentale, in parte modificata dall'intervento antropico, apprezzabile anche al semplice esame visivo.

Dall'analisi del quadro morfologico descritto l'area stessa è pertanto da considerarsi sostanzialmente stabile non evidenziando processi morfogenetici in atto, e le sue caratteristiche permettono di inserirla, per l'analisi della risposta sismica locale ai sensi del D.M. 14.01.2008, nella **categoria topografica T1**.

Come precedentemente accennato una generale debole pendenza sud-occidentale, nell'ambito di una morfologia sostanzialmente pianeggiante, favorisce il deflusso idrico superficiale che tende ad infiltrarsi nel sottosuolo senza dare origine a ruscellamento ed evitando peraltro i problemi legati al ristagno idrico.

Il F. Topino, che costituisce il principale collettore della zona, dista dall'area in esame circa 1.880 m. in sinistra idrografica, ed è stato potentemente arginato attraverso opere realizzate nei primi anni del novecento ponendo al riparo l'area da eventuali rischi di esondazione.

L'analisi della Carte di pericolosità e rischio idraulico nel bacino del F. Topino e del T. Marroggia redatto dalla Regione dell'Umbria e dal Consorzio di Bonificazione Umbra indicano come l'area non sia a rischio esondazione e di conseguenza non è stata inserita nelle fasce di rischio (cfr All. C e D).

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA



SCALA 1:10.000

All. C) Carta della pericolosità idraulica, Sez. 324.010, F. Topino



CARTA DELLE FASCE FLUVIALI DI RISCHIO



SCALA 1:10.000

All. D) Carta delle fasce fluviali di rischio, Sez. 324.010, F. Topino

LEGENDA:



Carta tratta da:

REGIONE DELL'UMBRIA
Servizio Protezione Civile - Servizio Civile del Risparmio

CONSORZIO DELLA BONIFICAZIONE UMBRA
Comprensorio di Bacino n° 4 TORRE MARROGGIA (S.S. 995)

MAPPE DI PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO NEL BACINO DEL FIUME TOPINO E DEL TORRENTE MARROGGIA
V.P. Lido Fiume Topino

FASCE FLUVIALI IN SVILUPPO RETICOLO SECONDARIO
Riferimento al Piano di Bacino n° 4 TORRE MARROGGIA (S.S. 995)

LEGENDA

 fascia fluviale A

 fascia fluviale B

 fascia fluviale C

 area a rischio idraulico R4 ex P.A.I. 2002

 confini comunali

Indirizzo degli studi di rischio
Consorzio di Bonifica Umbra

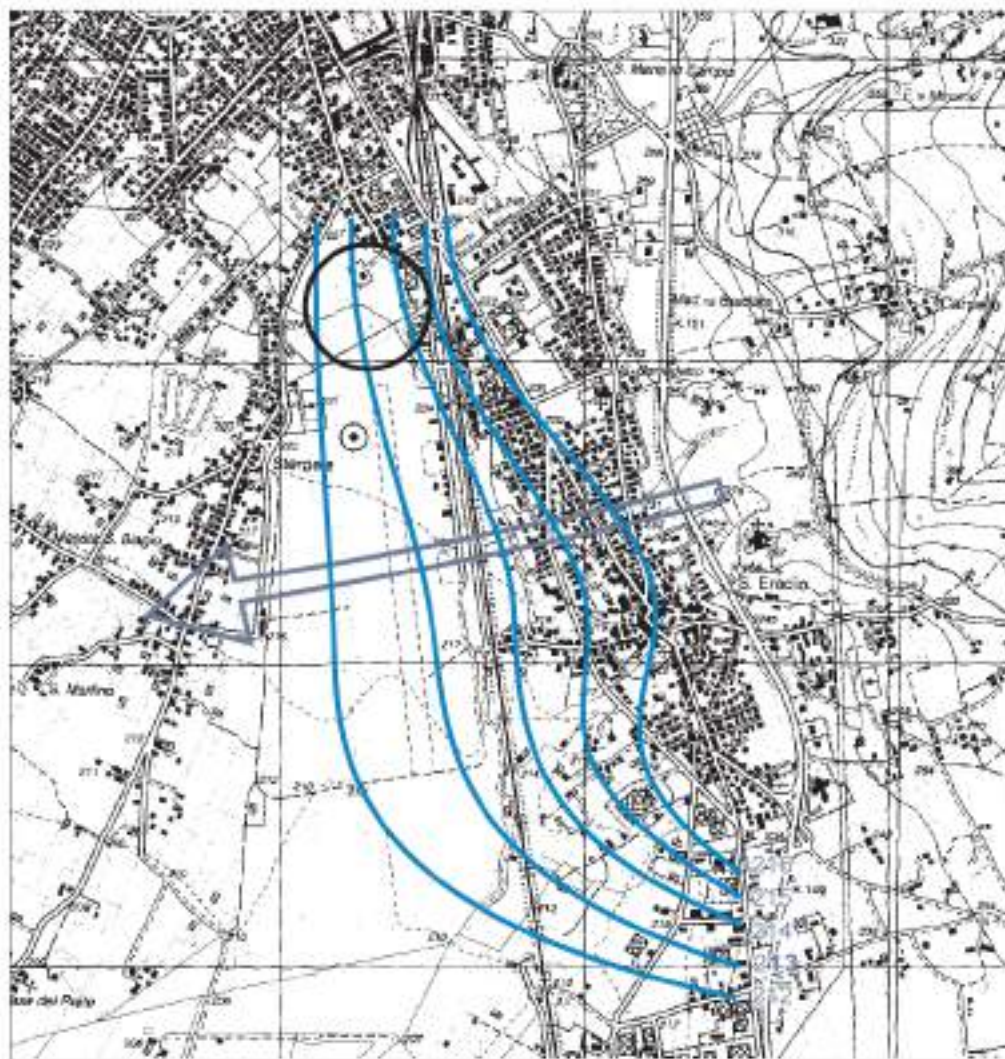
Scale

1:10.000

Per quanto riguarda la circolazione idrica profonda, l'interpretazione dei dati acquisiti nella presente indagine, correlati a quelli precedentemente raccolti in aree limitrofe, ha permesso di elaborare il seguente quadro idrogeologico (All. E):



- il livello acquifero più superficiale esistente nell'area, avente caratteristiche sostanzialmente freatiche, risulta localizzato nei depositi ghiaiosi a più alta permeabilità presenti al di sotto dei 10,0 m. dalla superficie;
- nel sito in esame il livello idrostatico relativo, riferito all'attuale mese di Maggio 2014, si attesta ad una profondità di circa 11,0 m. dal p.c.;
- tale livello, anche confrontato con precedenti misurazioni in pozzi limitrofi deve essere assunto come massimo prevedibile per la falda acquifera menzionata;
- lo stesso risulta soggetto a variazioni negative mediamente dell'ordine dei 4,0 metri con punte massime, negli anni 2007-2008 di 7,0 m.;

CARTA DELLE ISOFREATICHE



SCALA 1:25.000

All. E) Carta delle isofreatiche con andamento del flusso idrico

 curve isofreatiche
 flusso idrico apparente

CARATTERISTICHE LITOLOGICHE ED INDAGINI ESEGUITE

Da un punto di vista litologico l'area si caratterizza per la presenza di sedimenti fluvio-lacustri di età olocenica.

In particolare i dati acquisiti dalle indagini eseguite confermano quelli di letteratura e permettono di posizionare l'area nella zona di passaggio tra i modesti apparati conoidali derivanti dallo smantellamento delle masse litiche costituenti i rilievi montuosi orientali ed i depositi fini fluvio lacustri di fondovalle (All. F).

Le sequenze rinvenute nei sondaggi evidenziano come i materiali detritici si siano interdigitati ai materiali fini fluvio – lacustri permettendo di ipotizzare eventi alluvionali del Fosso Renaro che con una certa regolarità hanno raggiunto la pianura.

In particolare, da un punto di vista litologico, si evidenzia la presenza di sequenze in cui la ghiaia predomina o comunque è presente, dispersa o organizzata in sottili livelli, all'interno di sedimenti fini.

Di seguito si riporta la successione stratigrafica rinvenuta in un sondaggio a carotaggio continuo realizzato dallo scrivente subito a monte dell'area in esame ed importante per tarare le indagini penetrometriche ubicate come da allegato G:

SONDAGGIO CAMPAGNA 2012

dal p.c. a 1,80 mt di prof.:	riporto granulare con tracce di laterizio;
da 1,80 a 3,00 mt di prof.:	paleosuolo costituito da ghiaia con matrice argillosa limosa plastica di colore marrone addensata, poco umida;
da 3,00 a 4,00 mt di prof.:	ghiaia grossolana addensata in matrice limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro;
da 4,00 a 6,20 mt di prof.:	argilla con limo di colore marrone chiaro molto consistente plastica poco umida, con livelli centimetrici di ghiaia fine in matrice limosa argillosa;
da 6,20 a 12,80 mt di prof.:	ghiaia grossolana addensata in matrice limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro con sottili livelli di argilla con limo;

da 12,80 a 15,50 mt di prof.:	argilla con limo grigio scuro con diffuse tracce e laminazioni nerastre per la presenza di sostanza organica. Omogenea, consistente, umida, frazione fine plastica;
da 15,50 a 21,30 mt di prof.:	ghiaia medio fine argillosa addensata con sottili livelli di limo sabbioso argilloso ocra;
da 21,30 a 30,00 mt di prof.:	ghiaia medio fine argillosa moderatamente addensata con sottili livelli di limo sabbioso argilloso ocra e marrone.

SONDAGGIO N. 01

dal p.c. a 1,20 mt di prof.:	suolo granulare;
da 1,20 a 3,40 mt di prof.:	limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa. La percentuale di ghiaia aumenta con l'aumentare della profondità;
da 3,40 a 4,20 mt di prof.:	ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro;

SONDAGGIO N. 02

dal p.c. a 1,00 mt di prof.:	suolo granulare;
da 1,00 a 2,40 mt di prof.:	ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbioso;
da 2,40 a 3,40 mt di prof.:	limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;
da 3,40 a 5,20 mt di prof.:	ghiaia grossolana molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

SONDAGGIO N. 03

dal p.c. a 0,80 mt di prof.:	suolo granulare;
da 0,80 a 2,20 mt di prof.:	ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbioso;
da 2,20 a 4,00 mt di prof.:	limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;
da 4,00 a 4,60 mt di prof.:	ghiaia grossolana molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

SONDAGGIO N. 04

dal p.c. a 0,60 mt di prof.:	suolo granulare;
da 0,60 a 3,20 mt di prof.:	limo sabbioso poco addensato con ghiaia dispersa;
da 3,20 a 6,00 mt di prof.:	ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa ed argilla ghiaiosa;
da 6,00 a 6,60 mt di prof.:	argilla moderatamente consistente;
da 6,60 a 10,20 mt di prof.:	sottili alternanze di ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa e argilla con ghiaia dispersa.

SONDAGGIO N. 05

dal p.c. a 0,80 mt di prof.:	suolo granulare;
da 0,80 a 1,40 mt di prof.:	ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbioso;
da 1,40 a 2,20 mt di prof.:	ghiaia grossolana molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

SONDAGGIO N. 06

dal p.c. a 1,20 mt di prof.:	suolo granulare;
da 1,20 a 2,00 mt di prof.:	ghiaia fine da moderatamente addensata ad addensata in abbondante matrice limoso sabbioso;
da 2,00 a 3,00 mt di prof.:	limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;
da 3,00 a 4,20 mt di prof.:	ghiaia grossolana molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

Tenendo conto delle quote attuali e di progetto, sulla base delle stratigrafie ottenute e dei dati acquisiti nelle indagini sismiche è stato possibile ricostruire il modello geologico riportato di seguito alle colonne stratigrafiche.

Inoltre si è proceduto nella realizzazione di ulteriori due sondaggi nella zona occupata dal parcheggio, ubicati come da allegato G.

SONDAGGIO N. 07

dal p.c. a 1,00 mt di prof.:	suolo;
da 1,00 a 1,60 mt di prof.:	limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;
da 1,60 a 3,40 mt di prof.:	ghiaia fine da moderatamente addensata ad addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa;
da 3,40 a 3,60 mt di prof.:	limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;
da 3,60 a 4,60 mt di prof.:	ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

SONDAGGIO N. 08

dal p.c. a 0,60 mt di prof.:

suolo granulare;

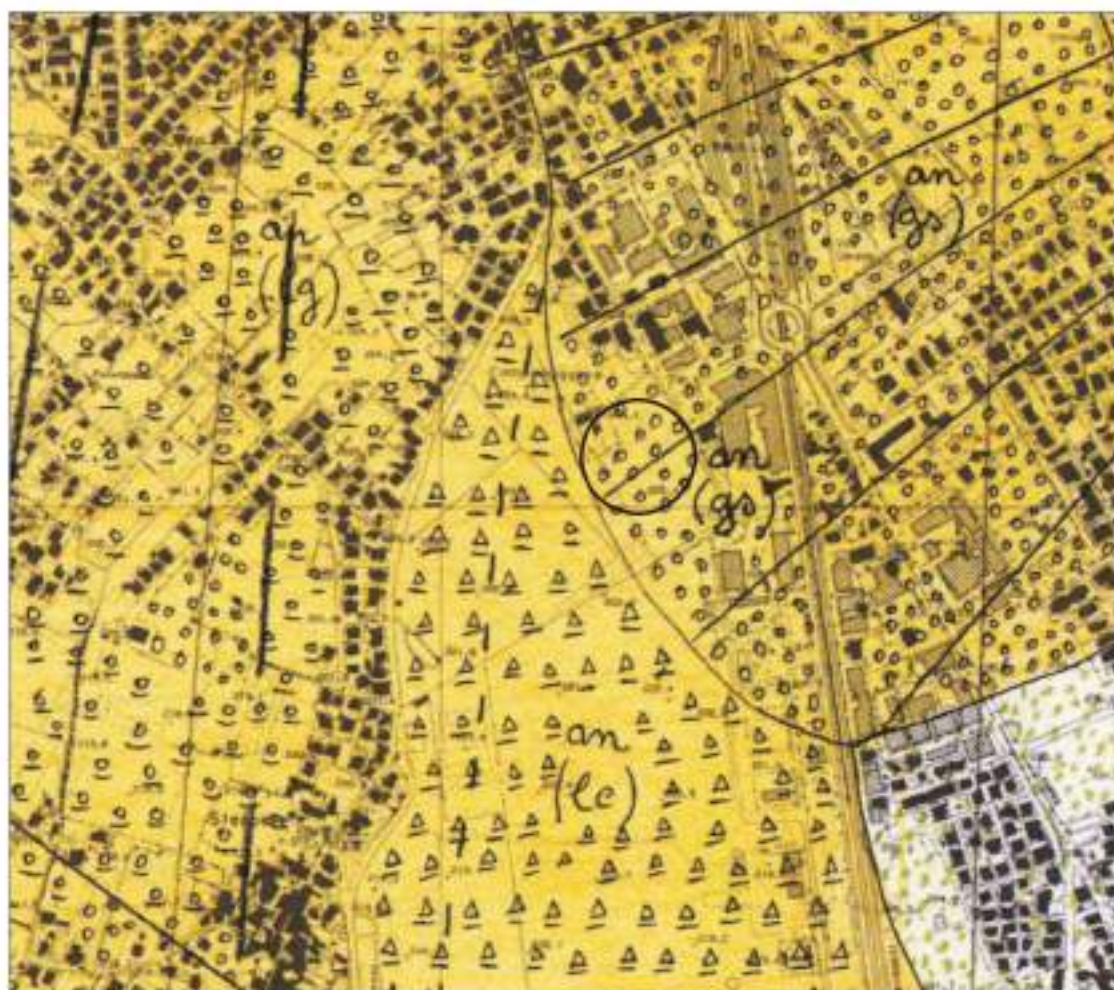
da 0,60 a 0,80 mt di prof.:

ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbioso;

da 0,80 a 2,20 mt di prof.:

ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

CARTA GEOLOGICA SCALA 1:10.000



All. F) Stralcio della Carta Geologica dell'area di S. Eracleo, C.T.R. N. 324050, redatta dalla Regione dell'Umbria, Direzione Politiche Territoriali Ambiente e Infrastrutture, Servizio geologico, per il progetto Cartografie Geologiche e Geotematiche delle aree terremotate finalizzate alla individuazione della pericolosità sismica.

Numero	324050
Nome	Sant'Eracleo
Rilevatore	Sepicacchi Lucia
Direttore di Rilevamento	Dott. Checucci Roberto
Direttore Scientifico	Dott. Lembo Paolo
Analisi	Dott.ssa Luchetti Lucina, Geo Eco Test snc
Consulenze e Collaudi	Comitato Tecnico Scientifico
Editing Grafico-Scientifico e di Stampa	-
Segreteria	Dott. Motti Andrea
Responsabile di Progetto	Dott. Boscherini Arnaldo

LEGENDA

	ALLUVIONI ANTICHE	(M)
	Loro sabbie e loro argille con inglobi depositi terrigeni e scisti di ghiaie e ghiaie sabbie. Gli strati sono a talmente estesi, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di letti di sabbie bruno-giallastre e di argille grigie.	
	Soprastrutture e soglie per:	
	Ghiaie e ghiaie con sabbie	palinuro
	Sabbie e sabbie limose	purpurati
	Loro, loro argille e argille	infeggele
	Pagamento-Oriento	

UBICAZIONE DELLE INDAGINI



All. G: Ubicazione delle indagini

- S** Sondaggio precedentemente realizzato nella campagna 2012
- 1** Ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche pesanti con numeri di riferimento 1-8;

<div><div><div>foligno</div><div><div><div>GEAS</div><div>studio tecnico di geologia</div><div>GEOLOGI-ASSOCIATI</div></div></div></div></div>		Committente: OMA S.p.a.						SONDAGGIO N.02					
		Località: S. Eracleo, FOLIGNO											
		Opera: Ampliamento con interrato						Scala 1:75					
Perforazione:						Φ iniz. mm Φ fin. mm		Operatore					
nv mm φ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	SCHEMA STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda mt	strum. instal.	rec. %	Kpa		SPT o Camp (I)nd.(R)im. (Mt)	
	Absolute s.l.m.	Relative al p.c.								Pocket σ	Vane τ		
		15,50				Argilla con limo grigio scuro con diffuse tracce e laminazioni nerastre per la presenza di sostanza organica. Omogenea,consistente, umida, frazione fine plastica	16,80					SPT (17,20- 17,65 (punta chiusa) 17 11 27	
				16,00									
				17,00									
				18,00									
				19,00		Ghiaia medio fine argillosa addensata con sottili livelli di limo sabbioso argilloso ocra							
				20,00									
				21,00									
		21,30		22,00									
				23,00									
				24,00								SPT (23,70- 24,15 (punta chiusa) 7 12 15	
				25,00		Ghiaia medio fine argillosa moderatamente addensata con sottili livelli di limo sabbioso argilloso ocra e marrone							
				26,00									
				27,00									
				28,00									
				29,00									
		30,00		30,00									

Committente: **O.M.A. S.p.a.**

Località: **Aeroporto, Foligno**

Opera: **ampliamento attività produttiva**

SONDAGGIO
N. 02

MAGGIO 2014

Scala 1:50


Perforazione:

Φ iniz. mm
Φ fin. mm

Operatore:
Geostudi

GEOLOGO:
DOTT. GEOL.
FILIPPO GUIDOBALDI

nv mm φ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 m	SCHEDA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda ml	strum. instal.	rec. %	Kg/cmq		SPT o Camp (Ind. (R) m. (Mt)
	Absolute s.l.m.	Relative al p.c.								Pocket σ	Vane τ	
				0,50		suolo granulare;						
				1,00								
				1,50		ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa;						
				2,00								
				2,40								
				2,50								
				3,00		limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;						
				3,40								
				3,50								
				4,00		ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa debolmente argillosa;						
				4,50								
				5,00								
				5,20								
				5,50								
				6,00								
				6,50								
				7,00								
				7,50								
				8,00								
				8,50								
				9,00								
				9,50								
				10,00								

		Committente: O.M.A. S.p.a.					SONDAGGIO N. 04							
		Località: Aeroporto, Foligno					MAGGIO 2014							
		Opera: ampliamento attività produttiva					Scala 1:50							
Perforazione:					Φ iniz. mm Φ fin. mm		Operatore: Geostudi		GEOLOGO: DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI					
nv mm φ	Quote mt. Assolute s.l.m. Relative al p.c.		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	SCHEMA STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA			falda mt	strum. instab.	rec. %	Kg/cmq Pocket σ Vane τ		SPT o Camp (I)nd. (R)im. (Mt)
				0,50		suolo granulare;								
				1,00										
				1,50										
				2,00		limo sabbioso poco addensato con ghiaia dispersa;								
				2,50										
				3,00										
				3,20										
				3,50										
				4,00										
				4,50		ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa ed argilla ghiaiosa;								
				5,00										
				5,50										
				6,00		argilla limoso-sabbiosa moderatamente consistente;								
				6,50										
				6,60										
				7,00										
				7,50										
				8,00		sottili alternanze di ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa e argilla con ghiaia dispersa;								
				8,50										
				9,00										
				9,50										
				10,00										



Committente: **O.M.A. S.p.a.**

Località: **Aeroporto, Foligno**

Opera: **ampliamento attività produttiva**

SONDAGGIO
N. 05

MAGGIO 2014

Scala 1:50

Perforazione:

Φ iniz. mm
 Φ fin. mm

Operatore:
Geostudi

GEOLOGO:
DOTT. GEOL.
FILIPPO GUIDOBALDI

nv mm ϕ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	SCHEDA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda mt	strum. instal.	rec. %	Kg/cm ²		SPT o Camp (I)nd. (R)im. (Mt)
	Absolute s.l.m.	Relative al p.c.								Pocket σ	Vane τ	

				0,50		suolo granulare;						
				0,80								
				1,00		ghiaia fine moderatamente						
				1,40		addensata in abbondante matrice						
				1,50		limoso sabbiosa;						
				2,00		ghiaia grossolana molto addensata.						
				2,20		L'addensamento cresce con						
						l'aumento della profondità;						
				2,50								
				3,00								
				3,50								
				4,00								
				4,50								
				5,00								
				5,50								
				6,00								
				6,50								
				7,00								
				7,50								
				8,00								
				8,50								
				9,00								
				9,50								
				10,00								

<div><div><div>Foligno</div><div><div><div>GEAS</div><div>studio tecnico di geologia</div><div>GEOLOGI ASSOCIATI</div></div></div></div></div>		Committente: O.M.A. S.p.a.			SONDAGGIO N. 06										
		Località: Aeroporto, Foligno			MAGGIO 2014										
		Opera: ampliamento attività produttiva			Scala 1:50										
Perforazione:				Φ iniz. mm Φ fin. mm		Operatore: Geostudi		GEOLOGO: DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI							
nv mm φ	Quote mt. <div>Absolute s.l.m.</div> <div>Relative al p.c.</div>		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	SCHEMA STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA			falda mt	strum. instal.	FBC. %	Kg/cm ² <div>Pocket σ</div> <div>Vane τ</div>		SPT o Camp (I)nd. (R)im. (Mt)	
				0,50		suolo granulare;									
				1,00											
		1,20		1,50		ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa;									
				2,00											
				2,50		limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;									
		3,00		3,00											
				3,50		ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa debolmente argillosa;									
				4,00											
		4,20		4,50											
				5,00											
				5,50											
				6,00											
				6,50											
				7,00											
				7,50											
				8,00											
				8,50											
				9,00											
				9,50											
				10,00											

<div><div><div>Foligno</div><div><div><div>GEAS</div><div>studio tecnico di geologia</div><div>GEOLOGI-ASSOCIATI</div></div></div></div></div>		Committente: O.M.A. S.p.a.				SONDAGGIO N. 07									
		Località: Aeroporto, Foligno				MAGGIO 2014									
		Opera: ampliamento attività produttiva				Scala 1:50									
Perforazione:				Φ iniz. mm Φ fin. mm		Operatore: Geostudi		GEOLOGO: DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI							
nv mm φ	Quote mt. <div>Absolute s.l.m.</div> <div>Relative al p.c.</div>		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	sistema inclinometrico	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA			falda mt	strum. instab.	rec. %	Kg/cm ² <div>Pocket σ</div> <div>Vane τ</div>		SPT o Camp (l)nd. (R)im. (Mt)	
				0,50		suolo;									
				1,00		limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;									
				1,50											
				1,60											
				2,00		ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limosa sabbiosa;									
				2,50											
				3,00											
				3,40											
				3,60		limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;									
				4,00		ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa, l'addensamento cresce con l'aumentare della profondità;									
				4,50											
				5,00											
				5,50											
				6,00											
				6,50											
				7,00											
				7,50											
				8,00											
				8,50											
				9,00											
				9,50											
				10,00											



Committente: **O.M.A. S.p.a.**

Località: **Aeroporto, Foligno**

Opera: **ampliamento attività produttiva**

SONDAGGIO
N. 08

MAGGIO 2014

Scala 1:50

Perforazione:

Φ iniz. mm

Φ fin. mm

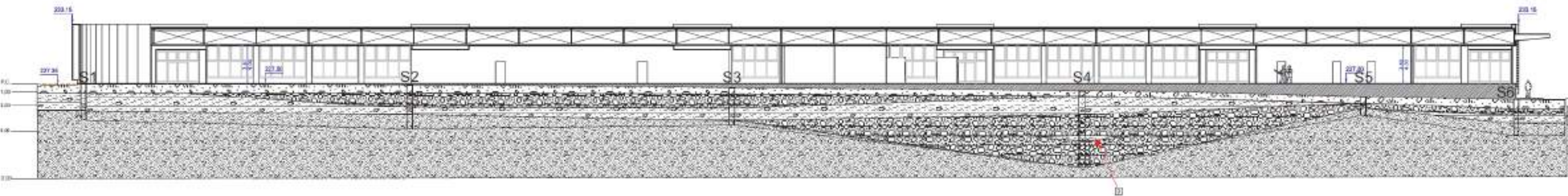
Operatore:
Geostudi

GEOLOGO:
DOTT. GEOL.
FILIPPO GUIDOBALDI

nv mm φ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	SISTEMI STRATIGRAFICI	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda mt	strum. instal.	rec. %	Kg/cm ²		SPT o Camp (l)nd. (R)im. (Mt)
	Absolute s.l.m.	Relative al p.c.								Pocket σ	Vane τ	
						suolo granulare;						
				0,50								
		0,60				ghiaia fine moderatamente addensata in						
		0,80		1,00		abbondante matrice limoso sabbiosa;						
				1,50		ghiaia grossolana da addensata a						
				2,00		molto addensata. L'addensamento						
				2,20		cresce con l'aumento della						
				2,50		profondità;						
				3,00								
				3,50								
				4,00								
				4,50								
				5,00								
				5,50								
				6,00								
				6,50								
				7,00								
				7,50								
				8,00								
				8,50								
				9,00								
				9,50								
				10,00								

MODELLO GEOLOGICO

SCALA 1:500



Legenda

A

suolo prevalentemente granulare

B

ghiaia fine moderatamente addensata in
abbondante matrice limoso sabbiosa

C

limo sabbioso moderatamente addensato
con ghiaia dispersa

D

argilla limoso-sabbiosa moderatamente
consistente

E

ghiaia grossolana da addensata a molto
addensata. L'addensamento cresce con
l'aumento della profondità



COMUNE DI FOLIGNO

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA E MICROZONAZIONE DI LIVELLO 3

COMMITTENTE :
O.M.A. S.P.A.

LOCALITA' :
Via Cagliari,
FOLIGNO

DATA:
MAGGIO 2014

GEOLOGO : DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI

*in collaborazione per gli aspetti geofisici con l'Osservatorio
Sismico A. Bina di Perugia*

CARATTERIZZAZIONE NEOTETTONICA E SISMICA DEL SITO

L'area in esame si pone a ridosso di una delle principali faglie sepolte (master fault) dell'allineamento interno delle faglie quaternarie ovest immergenti, rilevanti dal punto di vista sismogenetico.

Le conoscenze su tale faglia sono estremamente limitate.

Si ipotizza quale evento rappresentativo di tale struttura il terremoto del 1832 che colpì Foligno con un'intensità $M_{aw} = 5,80$.

Alla struttura potrebbe essere associato anche il terremoto del 1854 (da: *"Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica"* di M. Barchi, F. Galadini, G. Lavecchia, P. Messina, A. M. Michetti, L. Peruzza, A. Pizzi, E. Tondi, E. Vittori).

Alcune caratteristiche di tale faglia sono state ricostruite e divulgate nella pubblicazione *"Analisi delle relazioni tra sismicità e strutture tettoniche in Umbria-Marche-Abruzzo finalizzata alla realizzazione della mappa delle zone sismogenetiche"* a cura di G. Lavecchia, P. Boncio, F. Brozzetti, della quale di seguito si riportano alcuni stralci di cartografie e tabelle con le caratteristiche principali.



Carta degli allineamenti di faglie quaternarie ovest-immidenti, rilevanti dal punto di vista sismogenetico, dell'area intra-appenninica umbro-marchigiana-abruzzese. Azzurro: allineamento interno; Giallo: allineamento intermedio; Rosso: allineamento esterno. La numerazione progressiva (1,2 ...) identifica le master faults; le lettere (a,b,c ...) si riferiscono a strutture minori all'interno di una singola master fault (vedi Tab. 1). Il tratteggio identifica faglie sepolte o con dubbio ruolo sismogenetico. Sullo sfondo, shaded relief dell'Italia centrale (da Reichenbach et al., 1992).

Di seguito si riportano le principali caratteristiche della faglia in esame (n. 12) che è stato possibile ricostruire:

MF	Struttura	Giacitura in superficie (°)			Dimensioni (Km)				Geom.	Cinem.
		dir.	imm.	incl.	L	W	Ws	D		
12	Subasto-Spoleto(±) continuità dubbia	145-180	SW-W	/	52	5-6 (?)	4 (?)	4	listrica (?)	dip slip / transt. sx

Parametri geometrici e cinematici

Dimensioni: L = lunghezza lungo la direzione; W = lunghezza lungo l'immersione; Ws = larghezza della proiezione in superficie della faglia; D = profondità della faglia sismogenetica.

Box sismogenetica	Dimensioni box			Terremoti storici associati							Superficie di rottura (f)			Terremoti strumentali associati				Superficie di rottura (f)			Meccanismo focale			Terremoti storici (sismologici)		
	L	Ws	D	data	Io	Mm	Me	Struttura attivata (g)	R L D	R W	R A	data	Io	Mm	Sintetico di Wells (h)	R L D	R W	R A	Tax	Fax	Rif.	m1	m2	m3		
12 - Valle Umbra	43	4	4	02/02/1477	7.5	5.1	/	12 (Valle Umbra Nord)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
				11/01/1632	6.5	5.8	5.6		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				11/02/1854	7.5	5.1	/		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
12 - Valle Umbra	43	4	4	05/06/1767	7.5	5.1	5.3	13 (Valle Umbra Sud)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
				12/48	7.5	5.1	/		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				12/77	8.0	5.4	/		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				03/1745	7.5	5.1	/		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				18/50-18/58	8.0	5.4	5.3		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Parametri geometrici delle «box sismogenetiche» ed associazioni terremoti-box. Dimensioni box: i parametri L, Ws e D fanno riferimento alla Figura 2. Terremoti storici (dal Catalogo C.P.T.I. 1999): Io = Intensità epicentrale; Mm = Magnitudo macrosismica da relazione tabellare (C.P.T.I., 1999); Me = Magnitudo macrosismica equivalente (C.P.T.I., 1999). Superficie di rottura: RLD = lunghezza lungo la direzione della rottura profonda; RW = lunghezza lungo l'immersione della rottura profonda; RA = area della rottura.

Riferimenti bibliografici citati in Tabella (Rif.): CMT = www.seismology.harvard.edu/CMT; E98 = Ekstrom et al. (1998). @ = la numerazione fa riferimento alle strutture sismogenetiche di Figura 1 e Tabella 1; (?) = l'associazione del terremoto storico alla struttura è dubbia; (\$) = la larghezza della box sismogenetica è stata estrapolata facendo riferimento alle profondità delle strutture note appartenenti allo stesso fault system regionale; (§) = le relazioni di scala di Wells e Coppersmith (1994) per terremoti distensivi sono state applicate ai terremoti di magnitudo (Me) superiore a 5.7 (Ms=Mw) ad eccezione degli eventi con forte discrepanza fra i valori di Mm ed Me ($\log RLD=0.5Mw-1.88$; $\log RW=0.35Mw-1.14$; $\log RA=0.82Mw-2.87$). I valori ottenuti danno l'ordine di grandezza della struttura attivata. (^) = Superficie di rottura misurata dagli aftershocks.

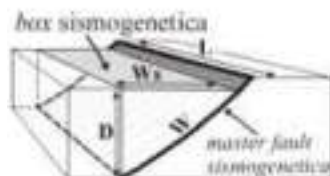
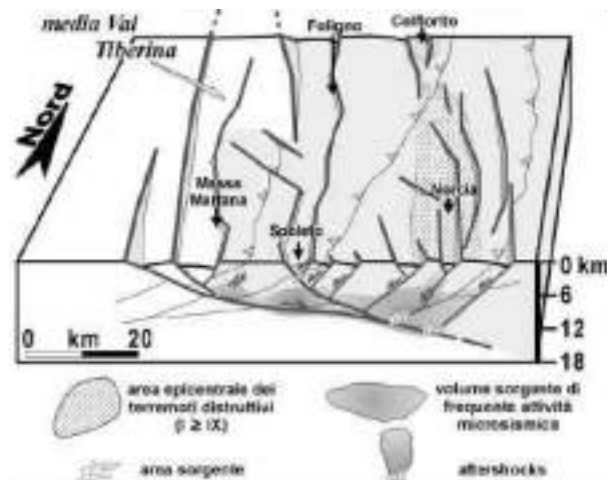


Fig. 2 - Blocco diagramma illustrante il significato di box sismogenetica. Vengono indicate: profondità (D), lunghezza lungo la direzione (L) e lungo l'immersione (W) e larghezza della proiezione in superficie (Ws = larghezza box) della master fault sismogenetica.



Modello sismotettonico per l'Appennino umbro-marchigiano. In grigio viene rappresentato il blocco considerato attivo al tetto della Faglia Altotiberina, all'interno del quale si distribuisce prevalentemente la sismicità; in bianco vengono indicati i blocchi relativamente asismici; in grigio scuro vengono schematizzate le aree in sezione a maggiore concentrazione di microsismicità. L'asterisco indica l'ipotizzata area di enucleazione dei maggiori terremoti.

L'area di studio ricade all'interno di box sismogenetiche relative alle master faults ovest-immergenti dell'area umbro-marchigiana, al tetto dell'EF system (Etrurian Fault System) est-immergente, e caratterizzate da microsismicità diffusa e localmente terremoti moderati, con massima magnitudo attesa < 5.5 .

Bibliografia

- Artoni A., Bernini M., Papani G., Vescovi P., Zanzucchi C. (1992): Sezione geologica schematica Bonassola (SP) - Felino (PR). Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. CROP 1-1A, 61-63.
- Bachetti C., Blumetti A.M., Calderoni G., Ridolfi M. (1990): Attività Neotettonica e paleosismica nel settore meridionale dei Monti della Laga. Rend. Soc. Geol. It., **13**, 9-16.
- Bagnaia R., Blumetti A.M., De Luca G., Gorini A., Marcucci S., Marsan P., Milana G., Salvucci R., Zambonelli, E. (1996): Morfotettonica dei rilievi a nord della conca aquilana. Il Quaternario, **9**(1), 287-292.
- Barchi M.R., De Feyter A., Magnani M.B., Minelli G., Piali G., Sotera B.M. (1998): The structural style of the Umbria - Marche fold and thrust belt. Mem. Soc. Geol. It., **52**, 557-578.
- Boncio P., Bachea A., Brozzetti F., Lavecchia G. (1995): Analisi geometrica e cinematica del settore centrale della Catena Narnese-Amerina (Umbria sud-occidentale). Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1995/1, 73-86.
- Boncio P., Brozzetti F., Di Matteo P., Lavecchia G., Pace B. (1998a): Il controllo dell'interazione fra strutture sincinematiche a diversa orientazione nella genesi ed evoluzione dei processi sismogenetici: l'esempio della Val Di Sangro (Abruzzo). Atti del XVII GNGTS, AIT CD-Rom 1998.
- Boncio P., Brozzetti F., Ponzi F., Barchi M., Lavecchia G., Piali G. (1998b): Seismicity and extensional tectonics in the northern Umbria - Marche Apennines. Mem. Soc. Geol. It., **52**, 539-555.
- Boncio P., Brozzetti F., Lavecchia G. (1996): State of stress in the northern Umbria - Marche Apennines (central Italy): inferences from microearthquake and fault kinematics analyses. Annales Tectonicae, **10**/1-2, 80-97.
- Boncio P., Brozzetti F., Lavecchia G. (in stampa): Architecture and seismotectonics of a regional Low-Angle Normal Fault zone in Central Italy. Tectonics.
- Boncio P., Lavecchia G. (1999): I terremoti di Colfiorito (Appennino umbro-marchigiano) del Settembre-Ottobre 1997: contesto tettonico e prime considerazioni sismogenetiche. Boll. Soc. Geol. It., **118**, 229-236.
- Boncio P., Lavecchia G. (2000): A structural model for active extension in Central Italy. J. Geodynamics, **29**, 233-244.
- Boncio P., Lavecchia G. (in stampa): A geological model for the Colfiorito earthquakes (September-October 1997, central Italy). J. Seismology.
- Camassi R., Stucchi M. (1996): NT 4.1: un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno. <http://emidius.itim.mi.cnr.it/NT>.
- Cavinato G.P., Chiaretti F., Cosentino D., Serva L. (1989): Caratteri geologico-strutturali del margine orientale della Conca di Rieti. Boll. Soc. Geol. It., **108**, 207-218.
- C.P.T.I. (1999): Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. ING, GNDT, SGA e SSN Eds., Editrice Compositori, Bologna, 88 pp.
- Ekström G., Morelli A., Boschi E., Dziewonski A.M. (1998): Moment tensor analysis of the central Italy earthquake sequence of September-October 1997. Geophys. Res. Lett., **25**, 1971-1974.
- GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti) (1999) – Progetto 5.1.2 “Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili”. <http://emidius.itim.mi.cnr.it/GNDT>.
- Marsili P., Tozzi M. (1991): Successione di eventi deformativi nei Monti della Laga: il settore di Monte Gorzano (Rieti). Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1991/2, CROP 11, 71-78.
- Michetti A.M., Brunamonte F., Serva L., Whitney R.A. (1995): Seismic hazard assessment from paleoseismological evidence in the Rieti region, Central Italy. Persp. in Paleoseismology, AEG Spec. Pub. **6**, 63-82.
- Monachesi G., Stucchi M. (1996): DOM 4.1: un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno. <http://emidius.itim.mi.cnr.it/DOM.html>.
- Pantosti D., D'Addezio G., Cinti F.R. (1996): Paleoseismicity of the Ovindoli-Pezza fault, central Apennines, Italy: a history including a large, previously unrecorded earthquake in the Middle Ages (860-1300 A.D.). J. Geophys. Res., **101**, 5937-5959.
- Perucchi L., Pantosti D., Slejko D., Valensise G. (1997): Testing a new hybrid approach to seismic hazard assessment: an application to the Calabrian arc (southern Italy). Natural Hazards, **14**, 113-126.
- Reichenbach P., Acevedo W., Mark R.K., Pike R.J. (1992): Landforms of Italy, scale 1:1.200.000. N.G.P.H.H., GNDCI publ.n.581, Rome, Italy.
- Serva L., Blumetti A.M., Michetti A.M. (1986): Gli effetti sul terreno del terremoto del Fucino (13 febbraio 1915): tentativo di interpretazione della evoluzione tettonica recente di alcune strutture. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 893-907.
- U.R. Camerino, Resp. Cello G. (1999): “Faglie tardo-quaternarie in Appennino Centrale”, “Cartografia e processi relativi a zone di faglie attive in Appennino” a cura di E. Tondi. http://emidius.itim.mi.cnr.it/GNDT/P512/UR_contributi.
- U.R. Chieti, Resp. Calamita F. (1999): “Faglie quaternarie ed attive nell'Appennino centrale” a cura di A. Pizzi. http://emidius.itim.mi.cnr.it/GNDT/P512/UR_contributi.
- U.R. CNR-IRTR (Istituto di Ricerca sulla Tettonica Recente), Resp. Messina P. (1999) – “Faglie attive nel Pleistocene Superiore - Olocene in Italia Centrale” a cura di F. Galadini, P. Galli, P. Messina. http://emidius.itim.mi.cnr.it/GNDT/P512/UR_contributi.
- Vezzani L., Ghisetti F. (1998): Carta Geologica dell'Abruzzo. S.E.L.C.A., Firenze 1998.
- Wells D.L., Coppersmith K.J. (1994): New empirical relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement. Bull. Seism. Soc. Am., **84**, 974-1002.

Di seguito si riporta l'inserimento dell'area all'interno della Carta della Pericolosità Sismica della Regione Umbria redatta a seguito della O.P.C.M. 3274/03, in cui si evince come l'area sia stata inserita nella Zona Sismica 1.



Carta della Pericolosità Sismica della Regione Umbria realizzata dai Servizi Tecnici Regionali (ora Servizio Geologico e Sismico). La base dati è espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_g) con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni. Nella carta tematica sono stati quindi riportati i valori di a_g puntuali con tempo di ritorno 475 anni, **la classificazione sismica del territorio regionale vigente**, i limiti comunali ed una base topografica elaborata dalla Regione Umbria e derivata dai tipi cartografici dell' I.G.M.I.

INDAGINI GEOFISICHE

Ai fini della determinazione della categoria di sottosuolo di fondazione è stata realizzata, a cura dei tecnici dell' Osservatorio Sismico A. Bina di Perugia, una campagna di sismica a rifrazione in onde SH integrata con indagini MASW, con lo scopo di ricostruire l'assetto sismostratigrafico dei livelli più superficiali e di fornire la velocità delle onde S entro i primi trenta metri, così come indicato dalle N.T.C. del 14/01/2008.

Sono state inoltre effettuate misure del rumore di fondo (microtremore con tecnica Nakamura) per la valutazione della frequenza di risonanza del terreno.

DESCRIZIONE TECNICA INDAGINI EFFETTUATE ED APPARECCHIATURE UTILIZZATE

Ambito indagine:	INDAGINI GEOFISICHE COMBinate PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO (modellazione sismica di terzo livello)
Tipo di indagini:	<u>- n. 3 profili di SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH 96 m;</u> <u>- n. 3 profili sismici M.A.S.W in onde di Love (INDAGINE DI TARATURA)</u> <u>a traccia coincidente;</u> <u>- n. 4 punti di registrazione microtremori (HVSr)</u>
Località:	Foligno, zona Aeroporto - OMA
Strumentazione:	Acquisitore PASI mod. 16S/24 (dinamica 24 bit, acquisitore a 12/24 canali); geofoni orizzontali da 10 Hz e 4.5 Hz. Geofono 0.2 Hz 3D-5SLennartz
	Acquisizione: Aprile 2014

SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH

E' stata realizzata, in un'area localizzata presso Foligno (Perugia), zona aeroporto – OMA, nei pressi delle coordinate geografiche indicative riportate in copertina, una campagna di sismica a rifrazione in onde SH integrata con indagini MASW in onde di Love e misura di microtremori con tecnica di analisi HVSr, con lo scopo di ricostruire l'assetto sismostratigrafico dei livelli più superficiali e di fornire la velocità delle onde S dal piano fondale fino al bedrock sismico, in modo tale da poter effettuare successivamente una valutazione della risposta sismica locale con l'uso di accelerogrammi (come prescritto nelle NTC 14/01/08), e quindi effettuare una modellazione sismica di "livello 3".

Per la valutazione della sismostratigrafia, la campagna geofisica viene effettuata attraverso l'esecuzione di n. 3 profili di sismica a rifrazione in onde Sh, di 96 m ciascuno (con n. 5 punti di energizzazione ed analisi in tecnica tomografica), n. 3 profili Masw in onde di

Love a traccia coincidente e n. 4 punti di misura di microtremori a stazione singola, con tecnica di analisi HVSR.

Tali tecniche sono state effettuate ed analizzate in modo integrato al fine di poter ricostruire il modello sismostratigrafico dal p.c. (e dal piano fondale) fino al bedrock sismico.

In rifrazione è stato energizzato con martello pesante con battuta su un piano verticale (su una trave di legno posta con asse maggiore perpendicolare allo stendimento, con contrappeso) per le onde SH.

La trave non è stata ancorata a terra ma solamente appoggiata.

I sismogrammi sono stati acquisiti con sismografo ad alta dinamica e l'elaborazione è avvenuta in tecnica tomografica.

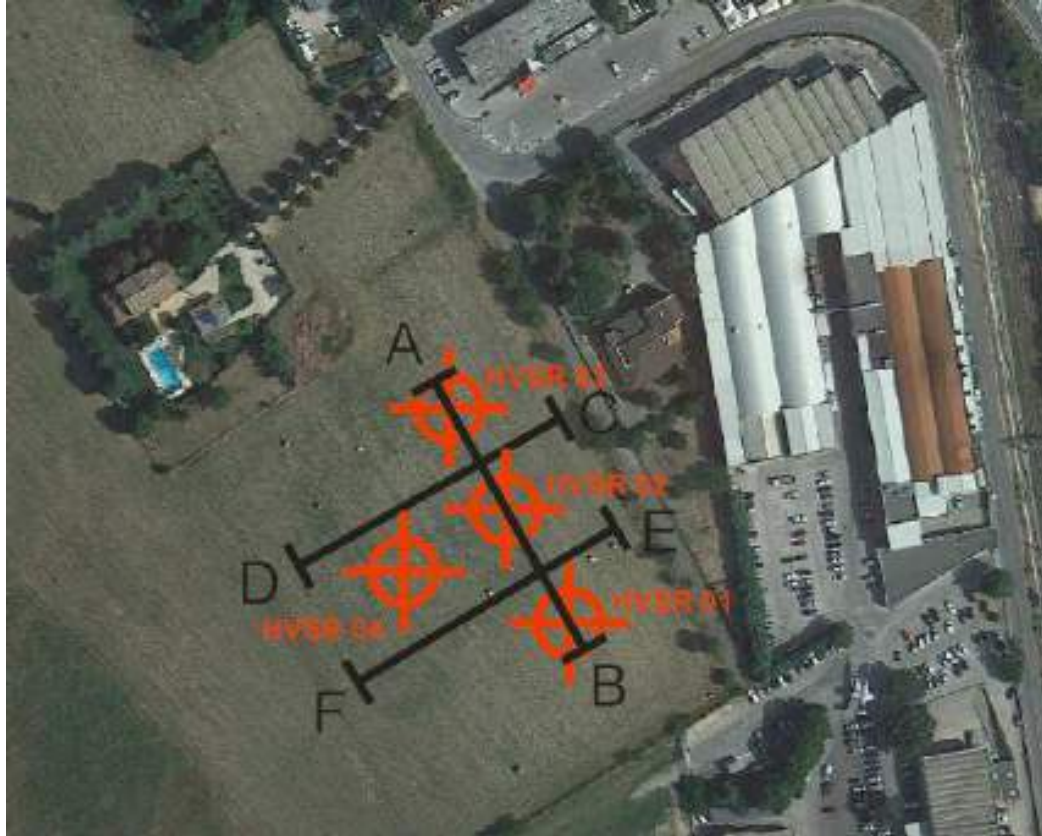
Il software utilizzato per l'analisi tomografica elabora un modello teorico compiendo alcune migliaia di iterazioni sulla base dei primi arrivi delle onde sismiche trasversali.

Tale modello viene affinato automaticamente fino a che i dati teorici coincidono il più possibile con quelli acquisiti direttamente nella campagna di indagini sismiche.

Attraverso questo tipo di elaborazioni, si riducono sensibilmente gli eventuali errori dovuti a fattori soggettivi di interpretazione.

L'elaborato finale fornisce la velocità relativa a singole celle aventi lati inferiori ai due metri. In questo modo possono essere riconosciute con chiarezza anche anomalie laterali di velocità.

LOCALIZZAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE



Profili di sismica a rifrazione in onde SH, profili Masw in onde di Love (a traccia coincidente) e punti di misura di microtremori a stazione singola (HVSr).

INDAGINI GEOFISICHE CON TECNICHE A RIFRAZIONE

Metodologia:

La sismica a rifrazione consente di determinare con buona approssimazione la stratigrafia del sottosuolo, limitando così - con notevole risparmio di tempo e denaro – il numero di sondaggi geognostici da effettuare nell'area da investigare.

Un'apparecchiatura per sismica a rifrazione è costituita generalmente da un sismografo e da un gruppo di geofoni (freq.10-14 Hz): si tratta di energizzare il terreno mediante l'onda d'urto prodotta dall'esplosione di una piccola carica o dall'impatto di una mazza di battuta. Il compito del sismografo è quello di misurare il tempo impiegato dalla perturbazione sismica indotta nel terreno a percorrere la distanza tra la sorgente e ciascun geofono, opportunamente spaziato lungo un profilo.

La velocità di propagazione dell'onda sismica dipende dalle caratteristiche elastiche del sottosuolo e dalla sua conformazione; la relazione tra velocità dell'onda e distanza sorgente-geofono (dromocrona) consente – applicando una serie di formule matematiche - di risalire agli spessori degli strati esistenti nel sottosuolo.

APPARECCHIATURA UTILIZZATA

SISMOGRAFO PER RIFRAZIONE PASI 16 S

Funzioni principali:

- Attivazione filtri: in acquisizione o post-acquisizione
- Filtri antialiasing: attivi, LPF, 6°ordine Butterworth; pend.asint.-36dB/oct (-120dB/dec); accuratezza. $\pm 1\%$ freq.di taglio
- Start acquisizione: con trigger esterno o comando software (ASAP)
- Trigger: hammer o geofono starter (7 livelli di sensibilità selezionabili via software); inibizione impulsi dovuti a rimbalzi; segnalazione di accettazione impulso
- Guadagni: tutti selezionabili via software
- Enhancement con/senza preview totale/parziale
- Marker per determinare la posizione dei punti video sulla scala dei tempi
- A.G.C. Automatic Gain Control
- Delay: Pre-trigger 0-10ms (step di 1ms); Post-trigger 0-16000ms (step di 1ms)
- Visualizzazione in wiggle-trace o area variabile
- Noise-monitor con visualizzazione "real time" a cascata
- Determinazione risorse disponibili sullo strumento in funzione dello spazio libero su disco
- Trace-size automatica o manuale per ogni canale
- Registrazione automatica delle acquisizioni
- Scaricamento dati a PC via porta seriale tramite software dedicato PCLINK32

- Scaricamento dati a periferiche con collegamento su porta parallela (es. I/Omega ZIP o JAZZ)
- Calibrazioni automatiche : doppia taratura offset, taratura ingressi su tensione di riferimento, taratura guadagno
- Codifica dati in formato SEG-2

CARATTERISTICHE TECNICHE

Processore: Pentium 266 Intel

Trattamento dati: Floating Point 32-bit

Ambiente operativo: Windows®

Interfaccia multilingue: Italiano, Inglese, Francese, Spagnolo, etc.

Numero canali: 24

Puntamento: VersaPoint Mouse

Display: VGA a colori in LCD-TFT 10.4"

Supporto di memorizzazione: Hard-Disk 3.2 Gb

Risoluzione di acquisizione: 24bit con sovracampionamento e post-processing

Stampante (opzionale): Seiko DPU-414 thermal printer

Porte dati esterne: RS232, parallela, stampante

Sensore ambiente interno: temperatura

Protezioni termiche: prevenzione e controllo surriscaldamenti interni (warning sul display e blocco)

Compatibilità dati acquisiti: SEG-2

Connettori cavo geofoni: standard NK-27-21C

Alimentazione: 12VDC (batteria esterna su richiesta); allarme di batteria scarica

Temperatura di funzionamento: 0°C ÷ 55°C:

Umidità: 5% ÷ 90%, non condensante

Dimensioni fisiche: 50x40x22cm (valigia antiurto)

Peso: 16 kg

GEOFONI

Sono stati utilizzati 24 geofoni orizzontali (per le onde SH) e 24 verticali (per le onde P) per sismica a rifrazione. Si tratta di sensori elettromagnetici con frequenza propria di 14 Hz. Sono di tipo elettromagnetico a bobina mobile. Tali dispositivi convertono il movimento del suolo causato dall'energizzazione in tensione. Ogni geofono è collegato, tramite il cavo principale, all'acquisitore.

SORGENTE DI ENERGIA

Per realizzare i profili sismici richiesti è stato più che sufficiente energizzare con martello pesante. Ciò dipende anche dal fatto che l'acquisitore possiede un'elevata dinamica e un potente sistema di amplificazione del segnale sismico.

TRIGGER

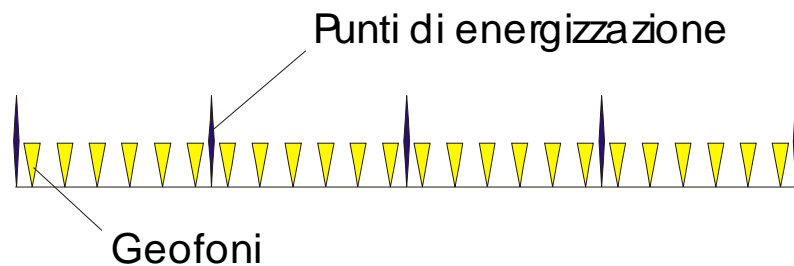
Come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un accelerometro piezoelettrico posto in corrispondenza della testa del martello pesante (con sensibilità settabile attraverso il sismografo)

CONFIGURAZIONE DELLE LINEE SISMICHE

Punti di energizzazione:

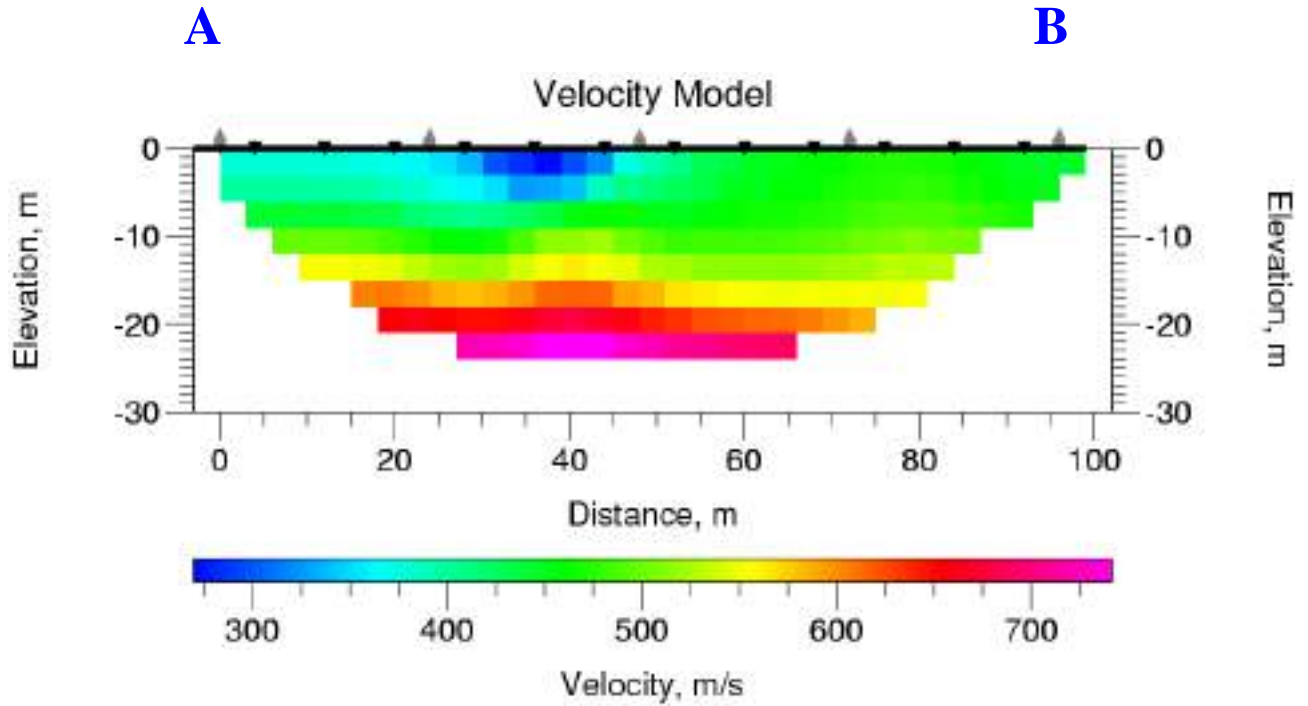
Per ogni base sismica (profilo) sono state effettuate cinque registrazioni (scoppi o tiri) equidistanti, secondo il seguente schema:

Estremo a sx	Intermedio a sx	Centrale	Intermedio a dx	Estremo a dx
--------------	-----------------	----------	-----------------	--------------



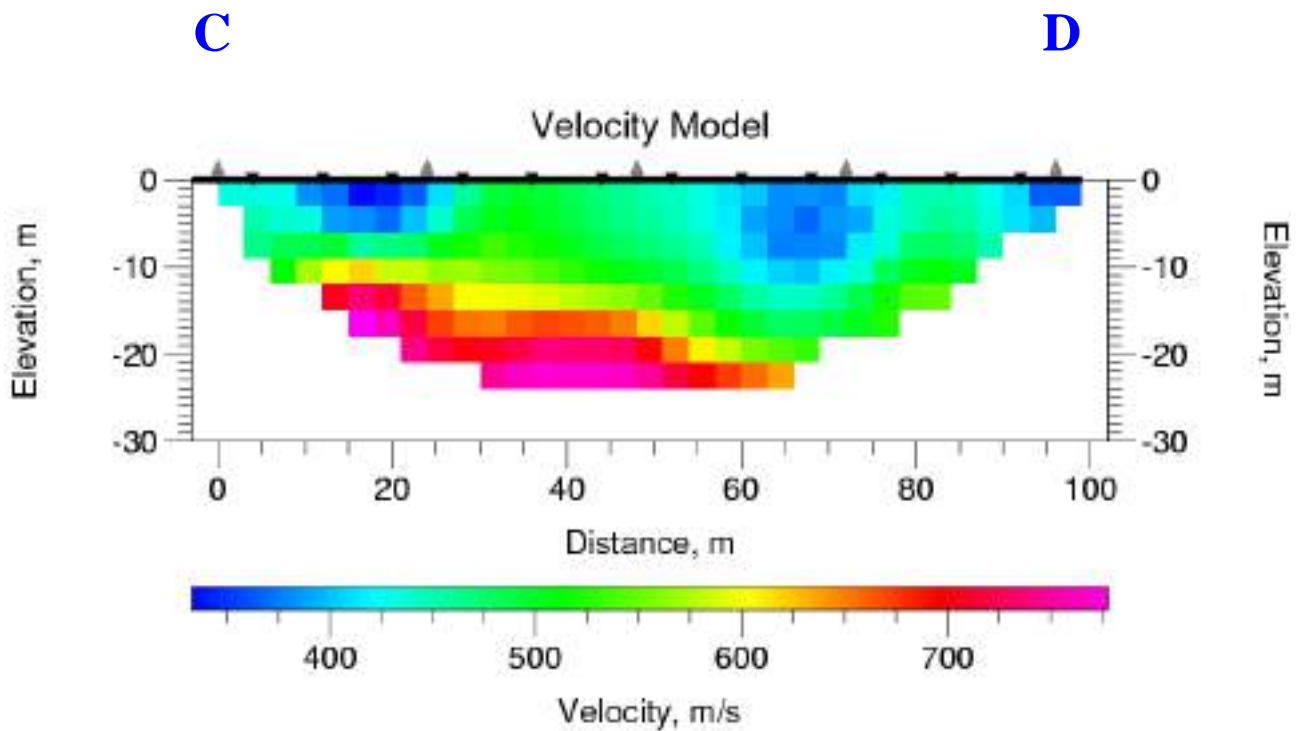
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE onde SH: TOMOGRAFIA

Sezione A – B onde SH: Modello di velocità (modello multistrato)



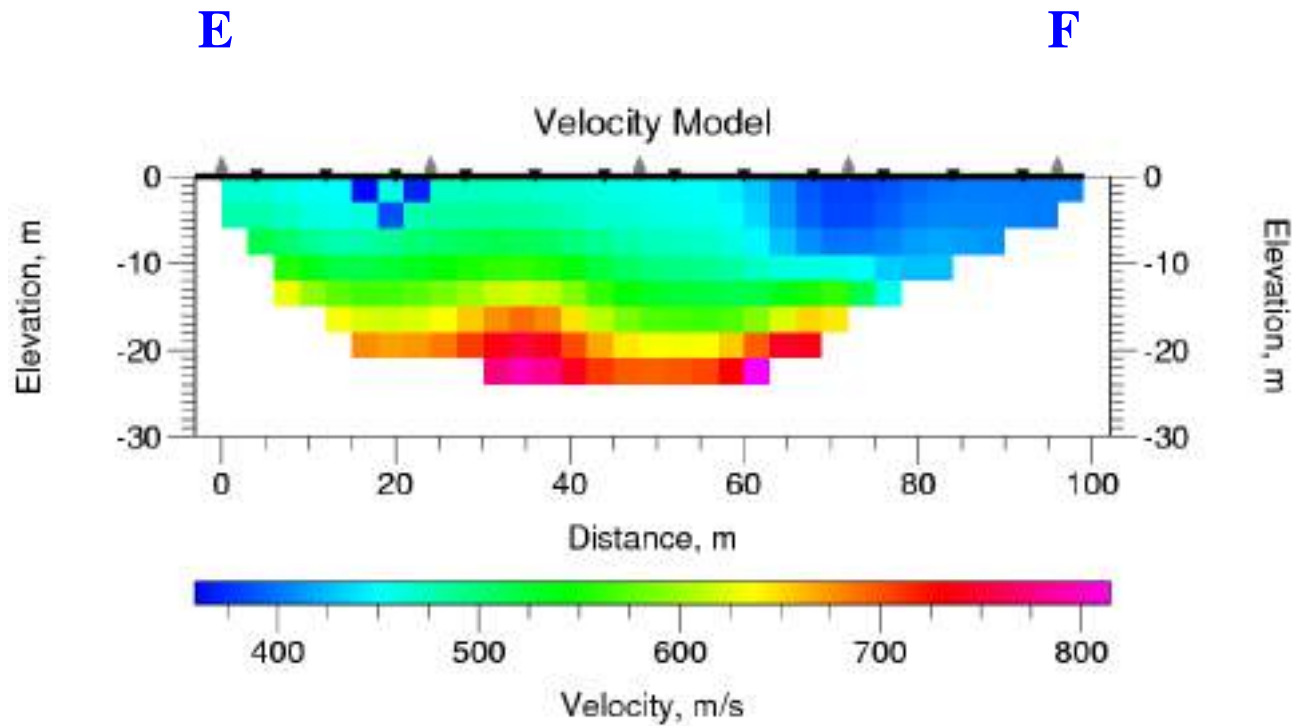
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE onde SH: TOMOGRAFIA

Sezione C – D onde SH: Modello di velocità (modello multistrato)



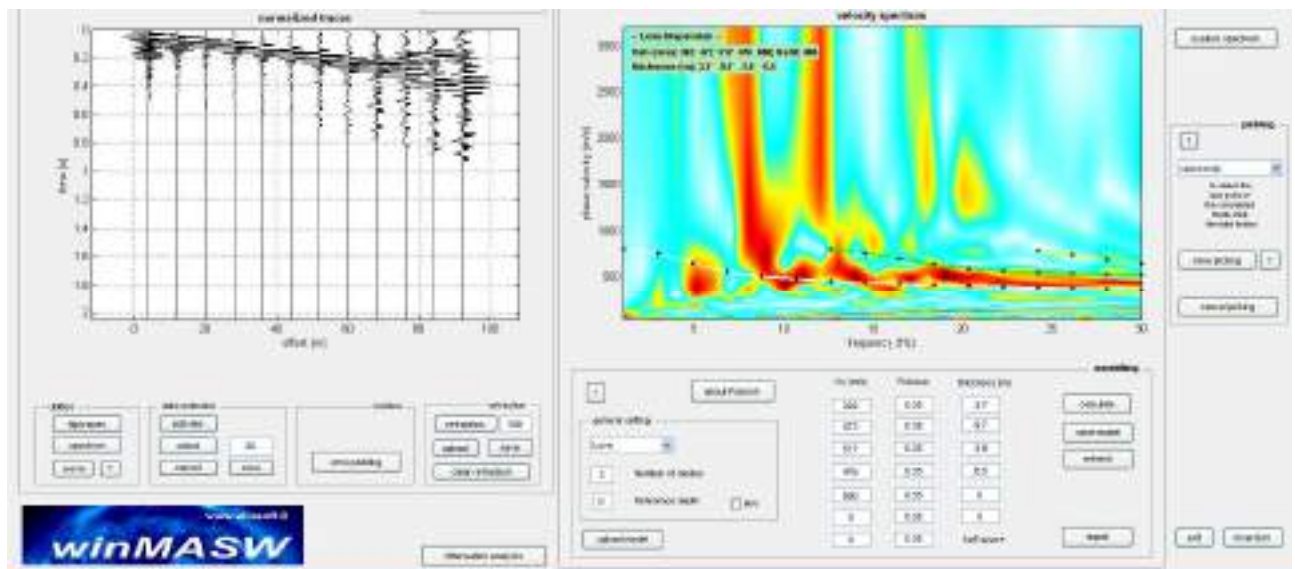
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE onde SH: TOMOGRAFIA

Sezione E – F onde SH: Modello di velocità (modello multistrato)

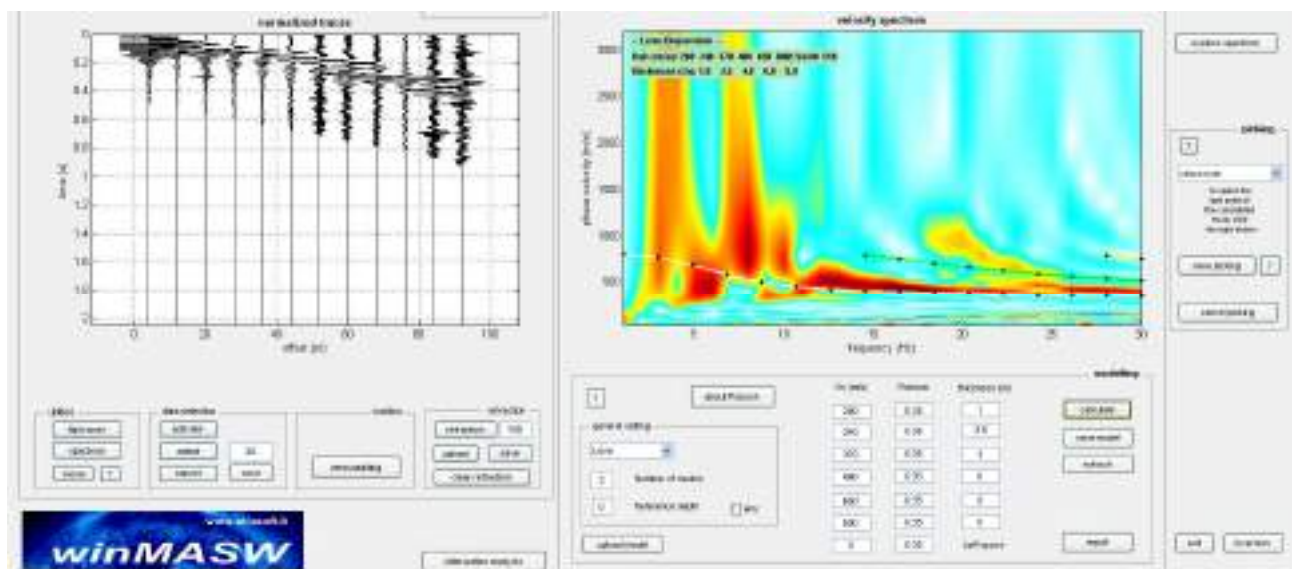


INDAGINI MASW IN ONDE DI LOVE

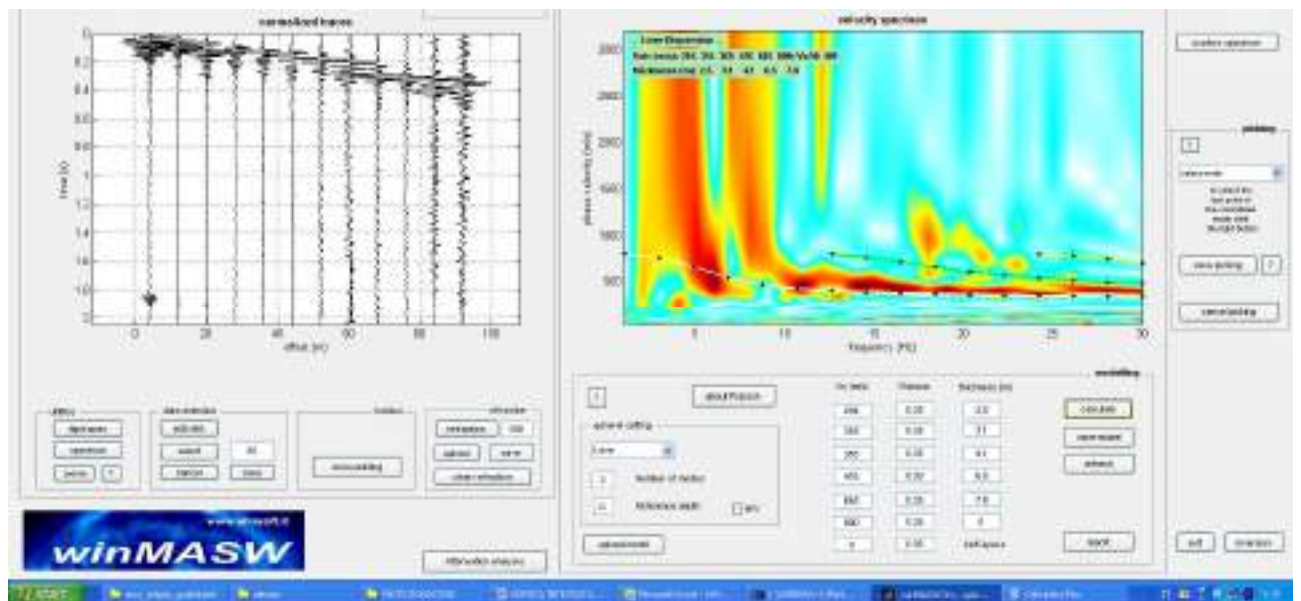
Le indagini MASW in onde di Love, effettuate a carattere puramente qualitativo (a causa dei limiti stessi dell'indagine), si allineano con quanto emerso dai profili di sismica a rifrazione in onde Sh analizzati in tecnica tomografica.



Analisi dei dati con tecnica MASW del profilo A-B onde di Love



Analisi dei dati con tecnica MASW del profilo E-F onde di Love



Analisi dei dati con tecnica MASW del profilo C-D onde di Love

INDAGINI RELATIVE ALLA MISURA DI MICROTREMORI A STAZIONE SINGOLA, CON TECNICA DI ANALISI HVSR

Al fine della determinazione della **frequenza di risonanza di sito** in base a **rapporti H/V e della determinazione della sismo stratigrafia fino al bedrock sismico (attraverso opportuna inversione vincolata)**, sono state effettuate n. 4 misure di rumore, utilizzando un geofono professionale con frequenza di risonanza di 0.2 Hz (Lennartz 3D/5s).

DESCRIZIONE TECNICA INDAGINI HVSR

Ambito indagine:	INDAGINI GEOFISICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLA FREQUENZA DI RISONANZA DI SITO
Tipo di indagini:	MICROTREMORI, ANALISI HVSR (NAKAMURA) <u>- N. 4 punti di registrazione.</u>
Località:	Foligno - OMA (PG)
Strumentazione:	Acquisitore Kinometrics a 24 bit con geofono 5 secondi Lennartz Le-3D-5S per HVSR
Software utilizzati	Geopsy, Dinver.

CENNI TEORICI SUL METODO HVSR

Le vibrazioni sismiche ambientali (chiamate anche rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003).

In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche chiamato microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze.

Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è certo che le sorgenti dei microsismi sono le perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc. e si propagano come onde superficiali di Rayleigh.

In relazione agli **effetti di sito**, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier; Rapporti spettrali; Rapporti spettrali H/V.

Tra questi quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura .

RISULTATI DELLE INDAGINI HVSR (MISURA DI MICROTREMORI)

PUNTO HVSR 01

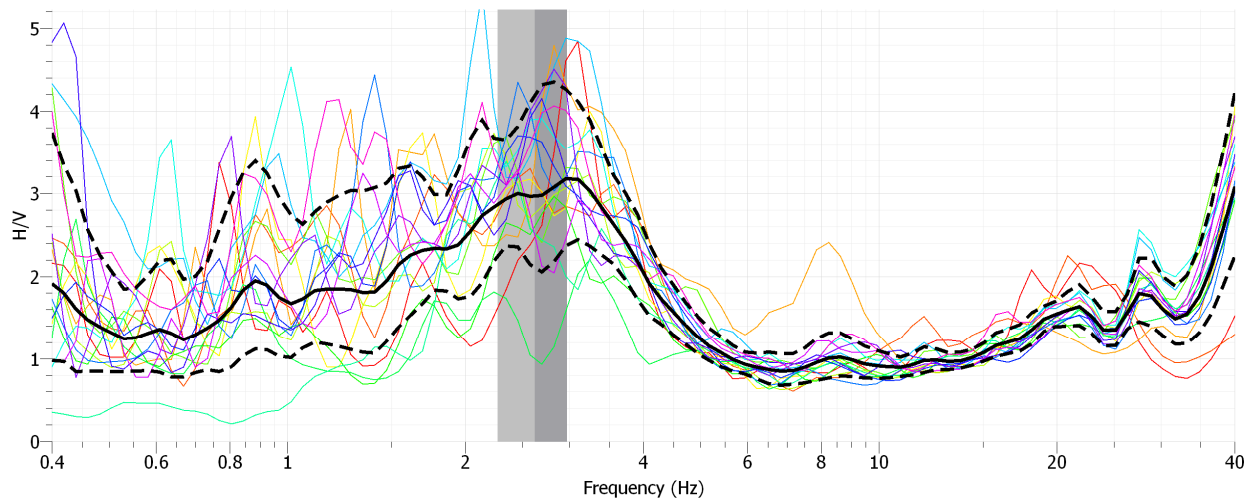
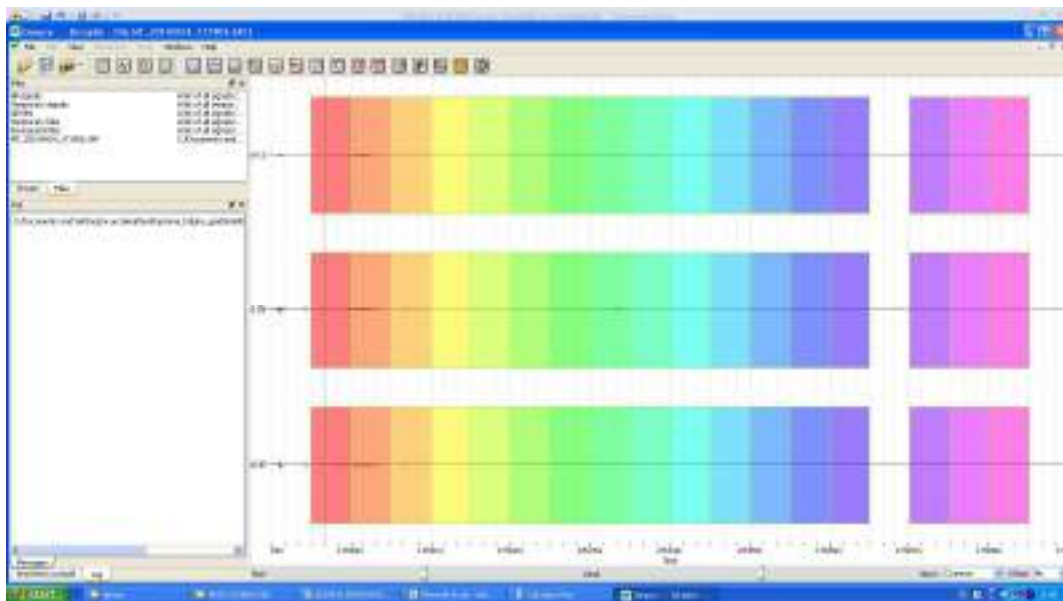


Grafico F-H/V relativo al punto HVSR 01. Il picco associabile alla frequenza di risonanza dei terreni risulta corrispondere ad una frequenza di circa 2.6 Hz, associabile ad un contrasto di rigidità presente tra 20 e 30 m. Il rispettivo valore del rapporto H/V per tale picco corrisponde a circa 3. Nella curva sono visibili altri picchi minori.



Sismogramma e finestre utilizzate per l'analisi HVSR 01

PUNTO HVSR 02

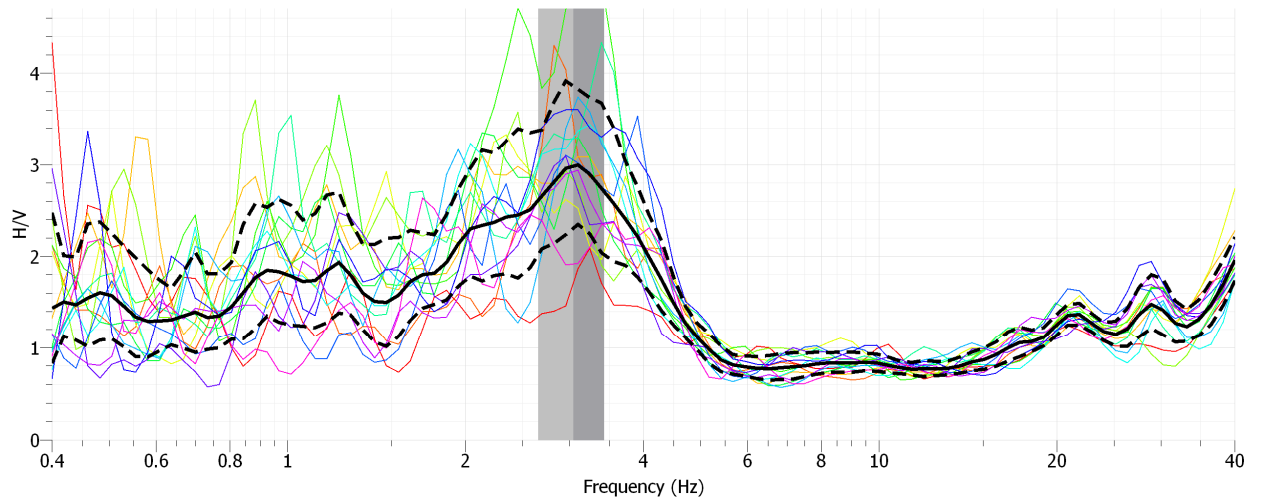
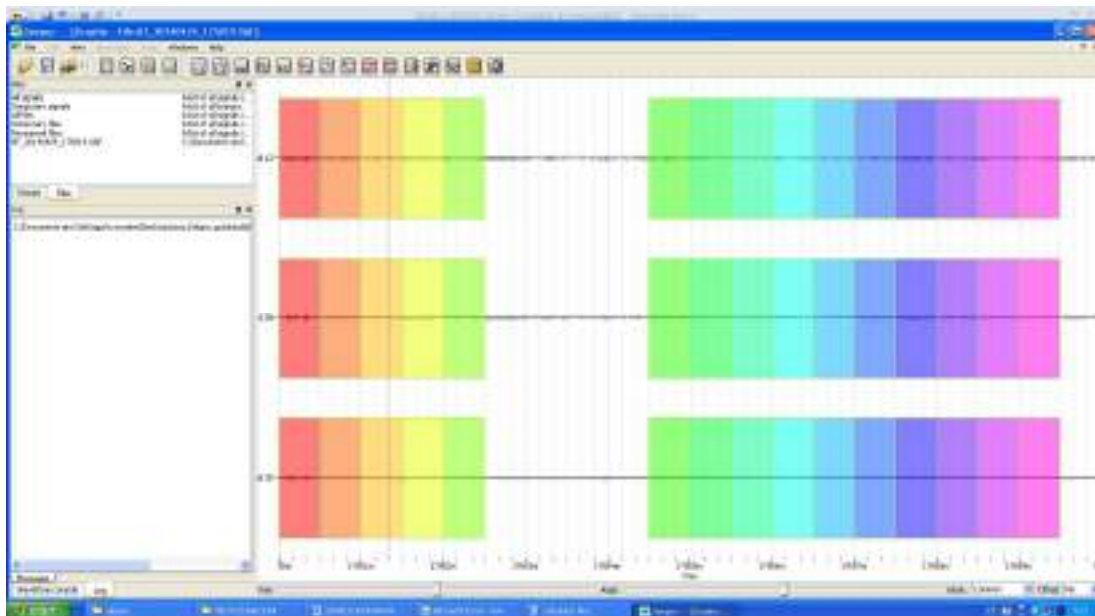


Grafico F-H/V relativo al punto HVSR 03. Il picco associabile alla frequenza di risonanza dei terreni, risulta corrispondere a circa 3 Hz. Per tale picco il rapporto H/V risulta di circa 3.



Sismogramma e finestre utilizzate per l'analisi HVSR 02

PUNTO HVSR 03

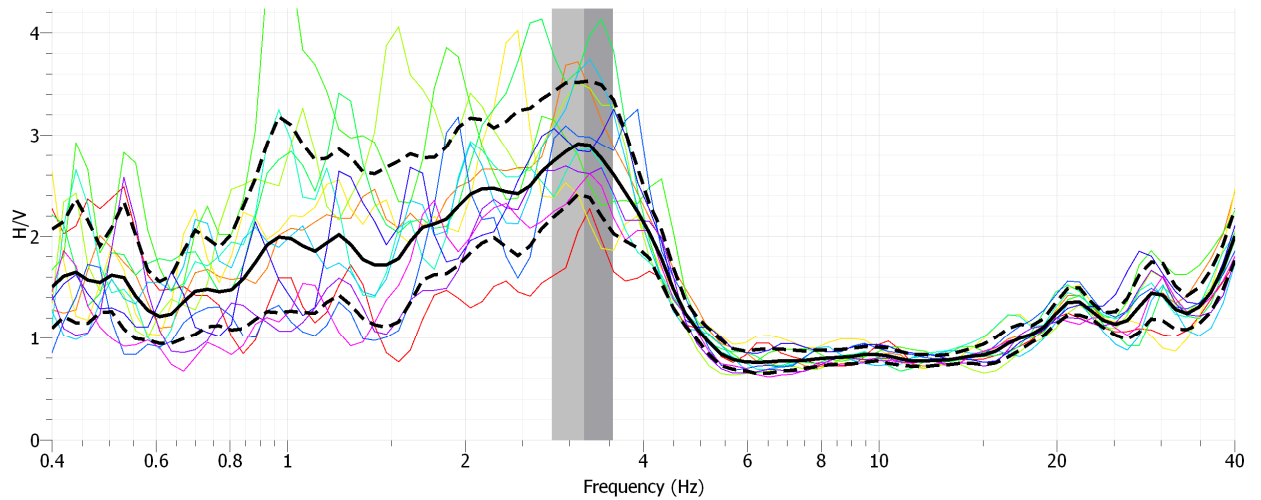


Grafico F-H/V relativo al punto HVSR 03. Il picco di risonanza risulta corrispondere a circa 3.2 Hz. Per tale picco il rapporto H/V risulta di circa 3.



Sismogramma e finestre utilizzate per l'analisi HVSR 03

PUNTO HVSR 04

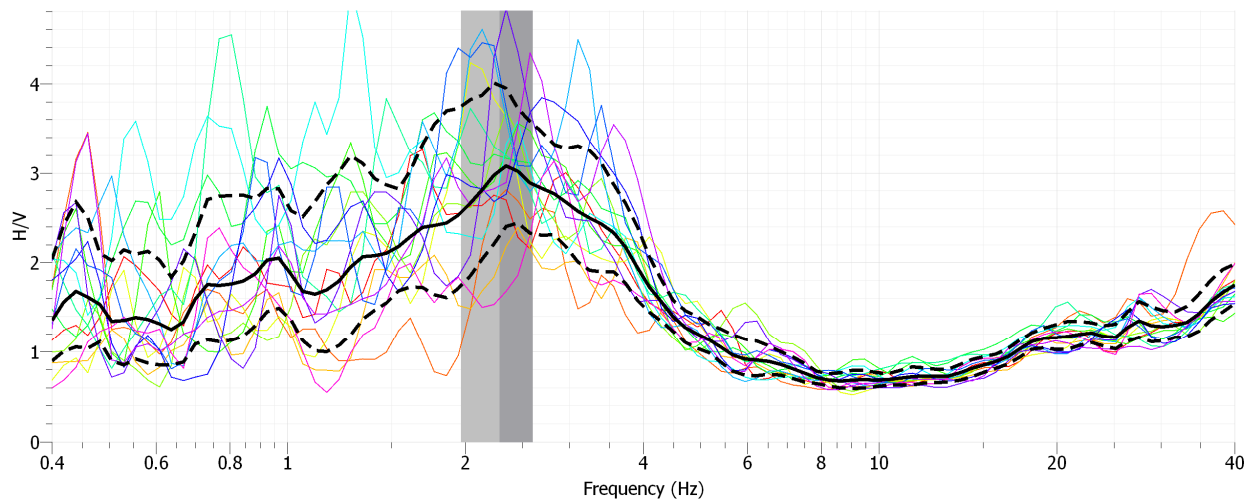
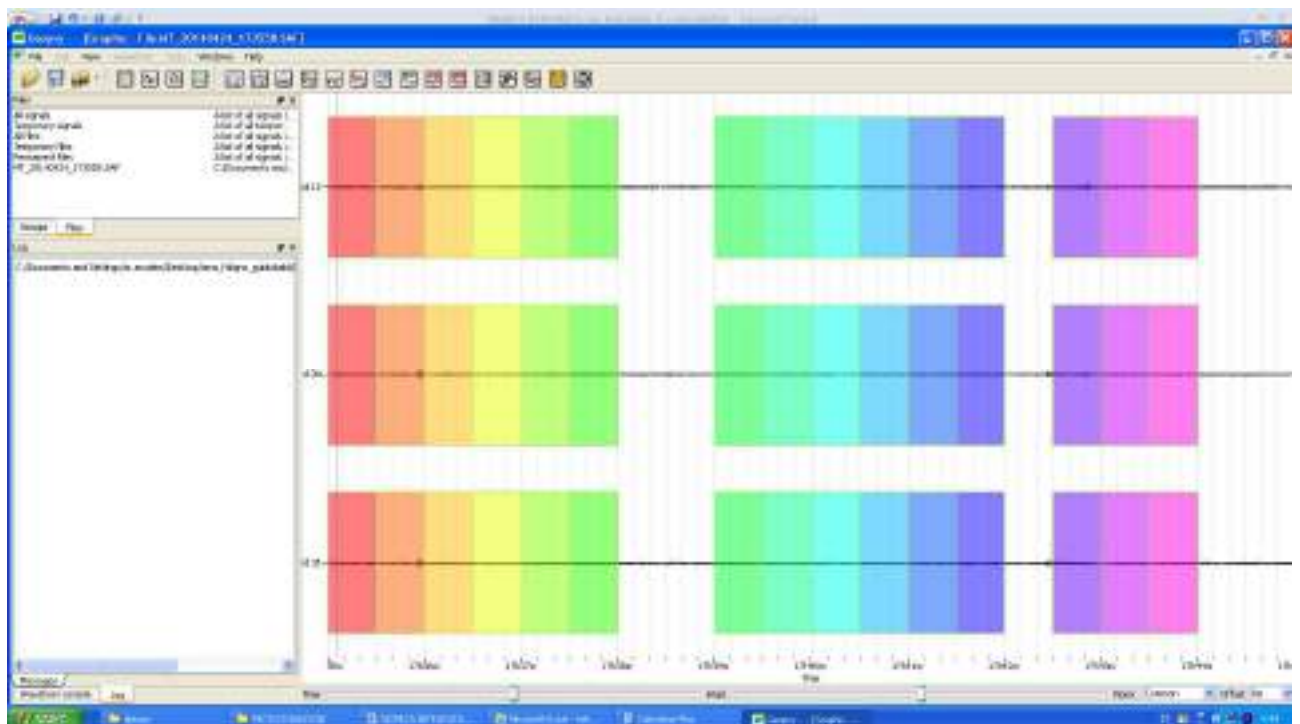


Grafico F-H/V relativo al punto HVSR 04. Il picco di frequenza principale si trova a circa 2.3 Hz. Per tale picco il rapporto H/V risulta di circa 3.



Sismogramma e finestre utilizzate per l'analisi HVSR 04

**SISMOSTRATIGRAFIA DAL P.C. FINO AL BEDROCK SISMICO.
MODELLAZIONE PER “SPECIFICHE ANALISI” DI RISPOSTA SISMICA
LOCALE (MODELLAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3)**

1) Calcolo effettuato dal piano di campagna

SISMOSTRATIGRAFIA DAL P.C. FINO AL BEDROCK SISMICO

vs	spessore	h/vs	H substrato	VsH
395	3	0,007595	24	508,3857
417	3	0,007194		
454	3	0,006608		
491	3	0,00611		
525	3	0,005714		
583	3	0,005146		
641	3	0,00468		
721	3	0,004161		
800	oltre 24			

Parametri riassuntivi:

H = 24 m;

VsH = 481 m/s

vs	spessore	h/vs	H 30	Vs30
395	3	0,007595	30	548,3634
417	3	0,007194		
454	3	0,006608		
491	3	0,00611		
525	3	0,005714		
583	3	0,005146		
641	3	0,00468		
721	3	0,004161		
800	6	0,0075		

I parametri sismici sopra riportati vengono calcolati in una verticale posta al centro del profilo A-B (al centro circa dell'area di ingombro dell'edificio in progetto) ed integrando anche i dati degli altri due profili di sismica a rifrazione in tecnica tomografica, i dati masw ed i dati HVSR.

Si nota un primo livello costituito da Vs dell'ordine dei 390 m/s. Le Vs crescono gradualmente fino ad arrivare a Vs associabili a bedrock sismico (a 24 m circa).

Il parametro VsH risulta dell'ordine dei 500 m/s circa.

CONSIDERAZIONI

I dati ottenuti dalla campagna geofisica risultano associabili ad un unico modello sismostratigrafico per tutta l'area di ingombro dell'edificio.

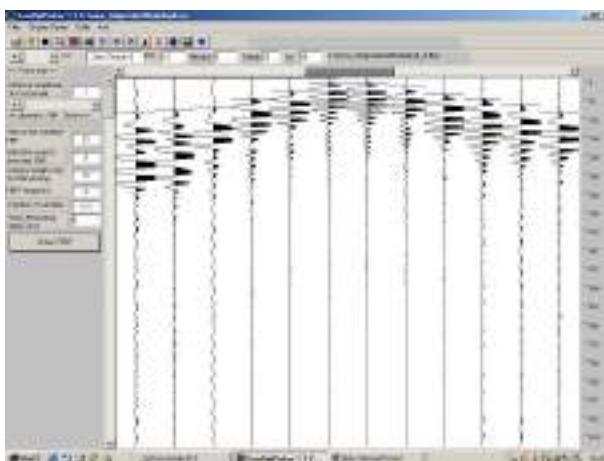
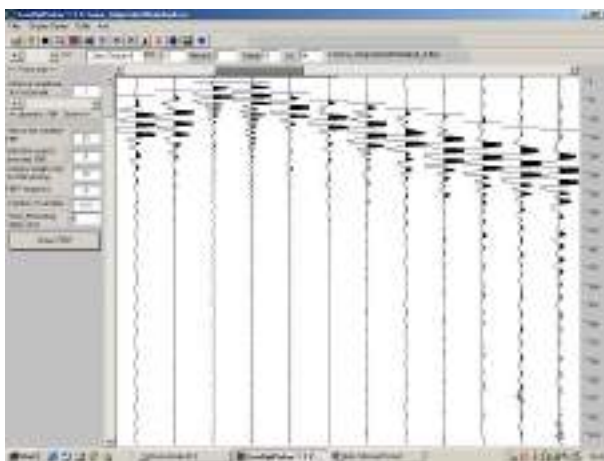
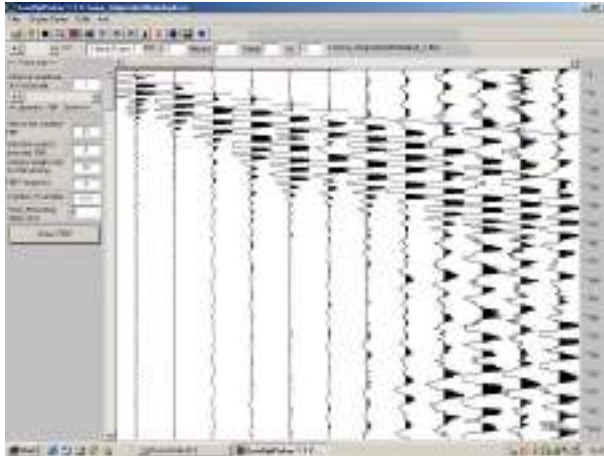
I depositi risultano avere Vs relativamente alte già dai primi strati più superficiali. Le Vs aumentano gradualmente verso il basso. In corrispondenza dell'area di ingombro dell'edificio in progetto le Vs raggiungono valori associabili a bedrock sismico a circa 24 m dal p.c.

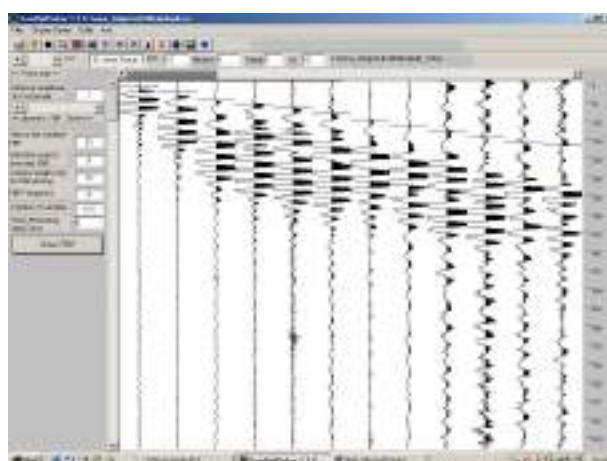
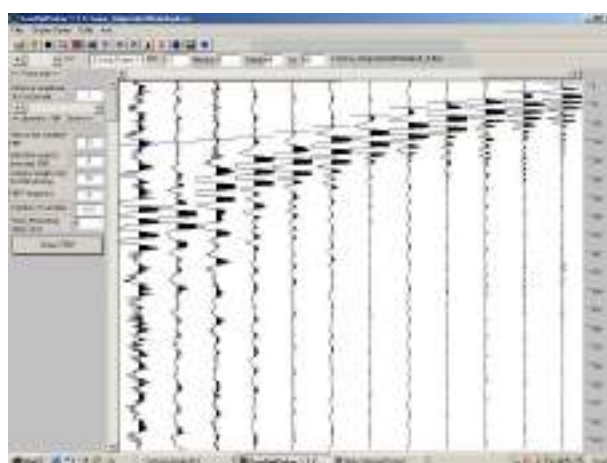
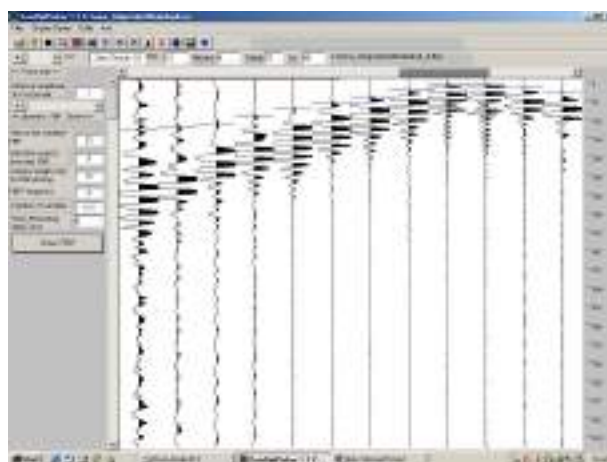
Il sito si trova in una zona a debole pendenza. La profondità del bedrock sismico risulta aumentare gradualmente (di qualche metro) da NE verso SW, quindi dalle zone di "monte" alle zone di "Valle".

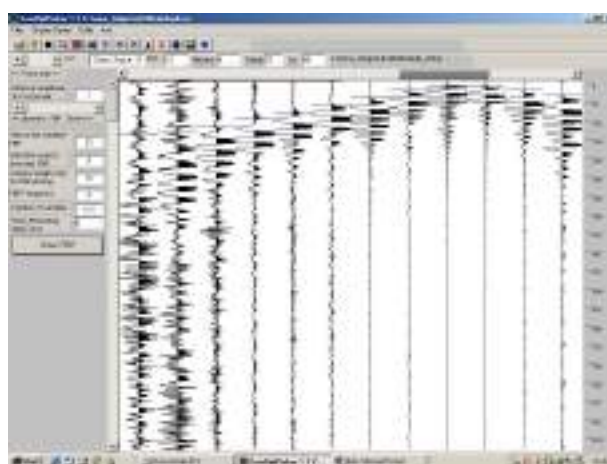
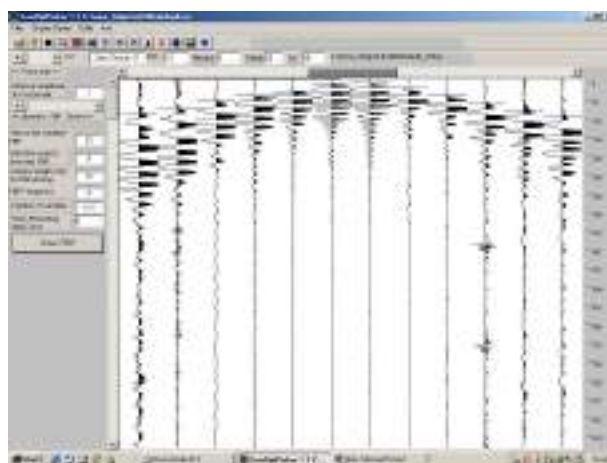
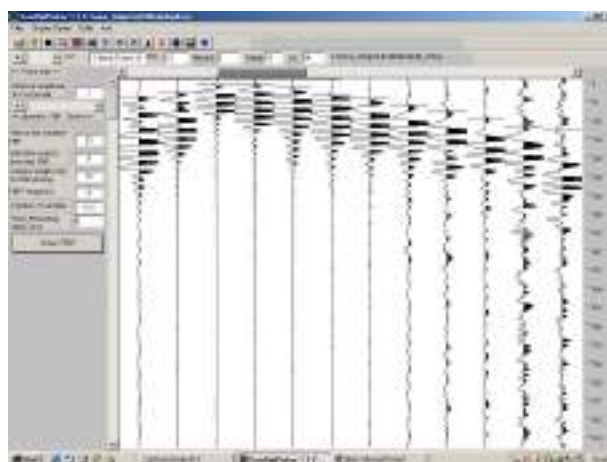
Il bedrock sismico, per le modellazioni di livello tre, è stato collocato alla profondità di 24 m dal p.c.

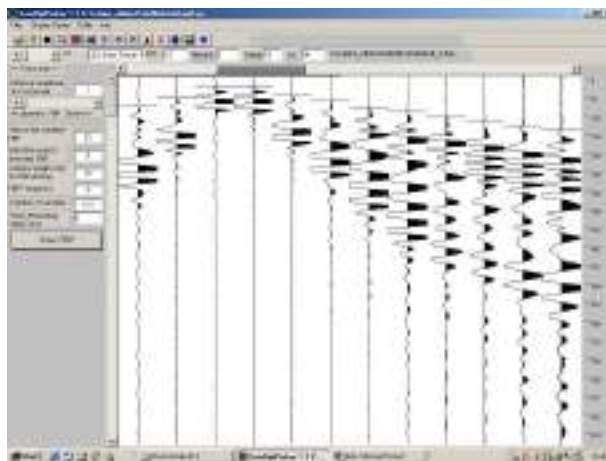
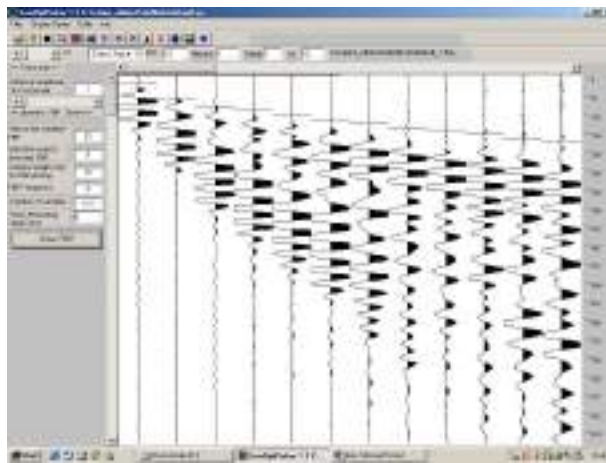
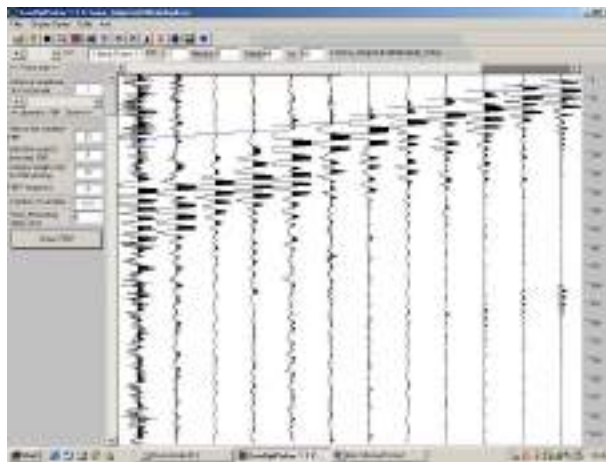
La velocità equivalente fino al bedrock sismico (VsH) risulta, nel profilo che interessa l'area di ingombro del fabbricato in progetto, di circa 500 m/s.

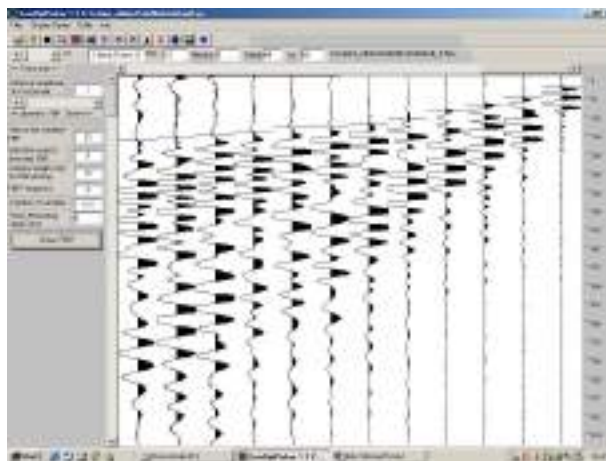
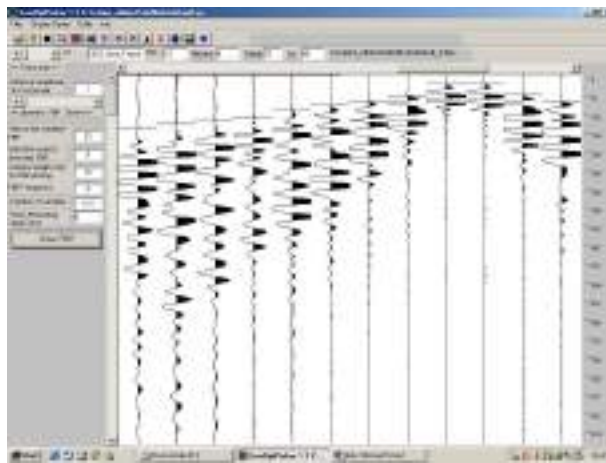
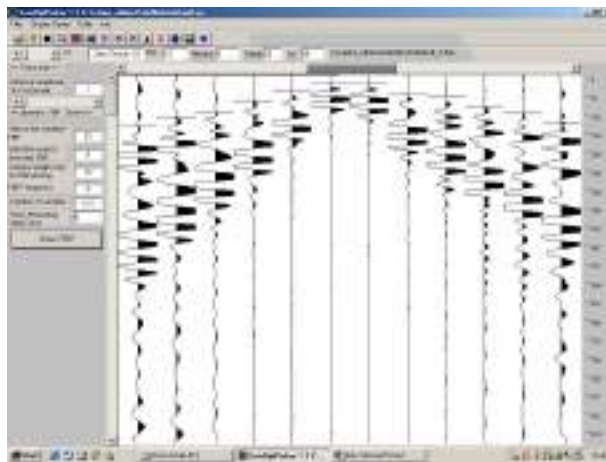
SISMOGRAMMI











DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



SPECIFICHE ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE MODELLAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3 (DGR n. 377 del 8/3/2010)

Di seguito si procede alla modellazione specifica di risposta sismica locale nell'area proposta per la realizzazione del fabbricato, al fine di determinare l'**azione sismica** attraverso una **modellazione di livello 3** (come da DGR 377/2010).

Le coordinate geografiche indicative del sito risultano le seguenti (sistema wgs 84): Lat. 43.943116, Long. 12.711511.

La modellazione numerica viene effettuata rispettando scrupolosamente quanto indicato dalle N.T.C. 14/01/08.

Lo studio viene svolto sulla base dei dati ottenuti dalla campagna geofisica allegata (n. 3 profili di sismica a rifrazione in onde SH, n. 3 profili sismici Masw in onde di Love, n. 4 punti di misura di microtremori a stazione singola) integrati con i dati geognostici a disposizione (prove penetrometriche dinamiche).

Il sito presenta caratteristiche sismiche relativamente omogenee, quindi è stato possibile utilizzare un solo modello sismostratigrafico per la modellazione.

La sismostratigrafia utilizzata va dal p.c. fino al bedrock sismico (intercettato alla profondità di circa 24 m).

In considerazione del fatto che il sito si trova in porzione sub-pianeggiante in corrispondenza di una vasta pianura, è stato possibile utilizzare un codice di calcolo monodimensionale lineare equivalente.

Le assunzioni che utilizza tale modello risultano verificate.

Oltre che sulla base della campagna geofisica allegata, la caratterizzazione sismica del sito viene definita anche a livello più generale (per definire lo scenario del terremoto di riferimento), attraverso lo studio della sismicità storica e di quella recente.

I parametri di disaggregazione sono stati determinati secondo quanto indicato dalle NTC (per SLV 475 anni, Vn 50 anni, Classe d'uso 2). Vengono ricavati i parametri indipendenti che esprimono la pericolosità sismica di base (a_g , F_o , T_c^*).

Sono stati scelti n. 7 accelerogrammi naturali, registrati in occasione di terremoti locali. Ogni accelerogramma è stato controllato in termini di spettrocompatibilità. Tutti gli accelerogrammi si sono rilevati molto rappresentativi della sismicità locale e spettrocompatibili in tutti i fattori riportati dalle N.T.C. 14/01/08 (parametri di disaggregazione magnitudo-distanza, fattore di scala, meccanismi focali, contenuto in frequenza, similarità con spettri di normativa).

Non avendo a disposizione indagini di laboratorio, sono state utilizzate curve di degrado dei materiali da bibliografia, sulla base di correlazioni con la natura litologica e geotecnica emersa dai dati geotecnici e da quelli geofisici.

Si fa presente che, in questa fase (non conoscendo il coefficiente di struttura q , ne le caratteristiche progettuali), viene fornito lo spettro di output "elastico", per lo stato limite SLV (Indirizzi e Criteri per la micro zonazione sismica).

E' stato considerato quindi uno smorzamento del 5%, relativo, per convenzione, allo spettro elastico.

PROCEDURA DI CALCOLO PER LA MODELLAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO

La procedura di calcolo utilizzata per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile "trasferire" l'accelerogramma dal bedrock in superficie.

Per la teoria del processo di rimanda alla vasta letteratura esistente.

Parametri di pericolosità sismica di base per SLV, classe II, Tr 475, Periodo di riferimento per l'azione sismica 50 anni (come da DGR 377/2010). **Ag = 0.231 g**

Coordinate wgs 84: Lat. 42.943116 Long. 12.711511

Coordiante ED 50: 42.944055 Long. 12.712462

[illegible]

61

SISMICITÀ STORICA E RECENTE DELLA ZONA IN ESAME

Storia sismica di Foligno

I terremoti storici che hanno colpito l'abitato di Foligno sono legati all'attivazione di faglie di natura principalmente distensiva, a direzione appenninica (NW-SE). Tali eventi, con epicentro relativamente vicino a Foligno, hanno raggiunto, nei secoli scorsi, intensità massima di 8° grado della scala MCS (Mercalli Cancani Sieberg).

Segue un elenco delle scosse più forti (dall'anno 1000 d.c.). Estrazione dal Catalogo Parametrico INGV- DMI04. Sulla prima colonna di sinistra viene riportato l'effetto locale (a Foligno) causato da ogni terremoto.

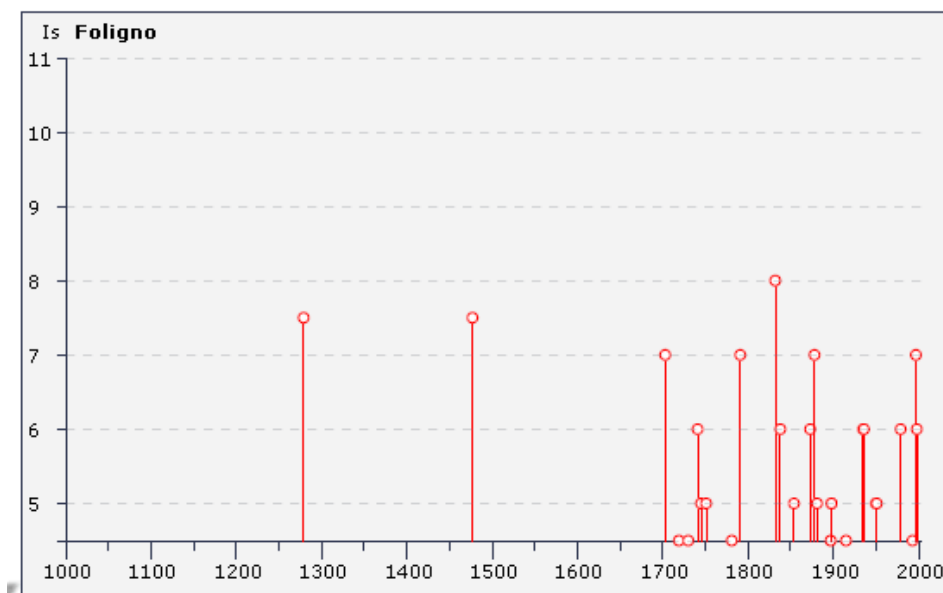
Storia sismica di Foligno [42.955, 12.704]



Numero di eventi: 53

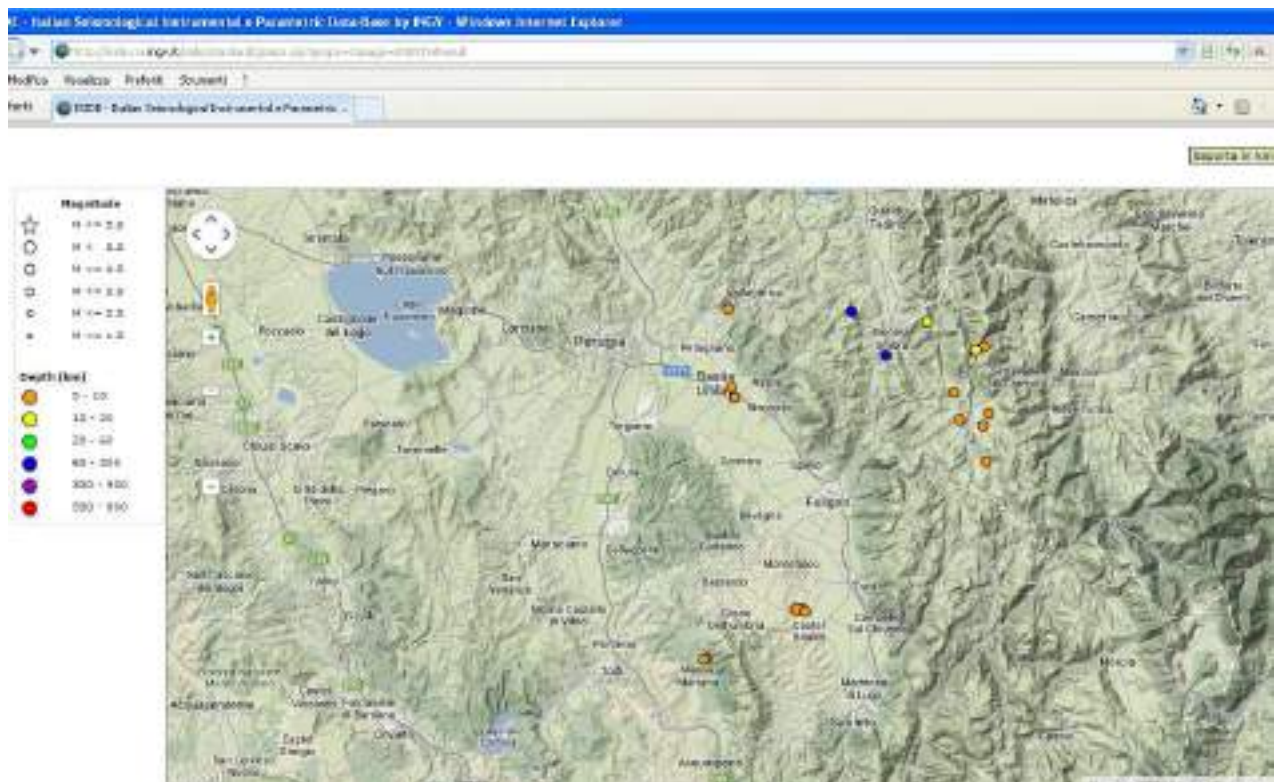
Effetti	In occasione del terremoto del:								
Ix	Anno	Me	Gi	Or	Min	Area epicentrale	Mp	Ix	Mw
7-8	1279	04	30	18		CAMERINO	17	10	6.33
F	1828	12	01			NORCIA	19	10	6.44
7-8	1477	02	02			FOLIGNO	1	7-8	5.97
3-4	1672	04	16	15	45	Riminese	92	8	5.60
7	1703	01	16	18		Appennino reatino	198	11	6.81
4-5	1719	06	27			ALTA VALNERINA	14	7-8	5.32
4-5	1790	05	12	04	45	NORCIA	47	9	5.85
6	1741	04	26	00	10	FABRIANO	135	9	6.08
5	1745	03				SPOLETO	2	8	5.37
5	1761	06	11			S. GEMINI	8	7	5.11
4-5	1781	06	03			CARLIESE	157	10	6.23
7	1791	10	11			SCOPOLI	14	7-8	5.32
F	1805	07	26	21		Malice	223	10	6.57
8	1832	01	13			FOLIGNO	27	8-9	5.80
6	1838	02	16			VALNERINA	9	8	5.63
5	1854	02	12			BASTIA	13	7-8	5.37
6	1879	03	12	20	04	Marche meridionali	196	9	5.88
7	1878	09	15			MONTEFALCO	25	8	5.55
5	1881	03	11	22	30	SPOLETO	15	5-6	4.63
4-5	1897	12	18	07	24	Appennino umbro-march.	132	7-8	5.18
5	1898	06	27	23	38	RIETI	186	8	5.48
5	1898	08	25			VIBBO	65	7	5.09
MF	1907	01	23	00	25	ADRIATICO CENTRALE	92	5	4.94
MF	1908	01	13	00	45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53
4	1914	10	27	09	22	SARFACCANA	618	7	5.79
4-5	1915	01	13	06	52	AVEZZANO	1040	11	6.99

4	1915 03 26 23 37	ASSISI	25	7	5.03
3	1916 08 16 07 06	Alto Adriatico	256	8	5.92
4	1917 04 26 09 35	MONTERCHI-CITERNA	128	9-10	5.80
3-4	1917 05 12 15 34	Ternano	34	7-8	5.11
4	1918 04 14 01 56	GIANO DELL'UMBRIA	23	6-7	5.03
3	1919 06 29 15 06	Mugello	267	9	6.18
NF	1919 09 10 16 57	PIANCASTAGNAIO	67	8	5.38
4	1922 06 08 07 47	CALDAROLA	52	6-7	5.00
F	1924 01 02 08 55	SENIGALLIA	73	7-8	5.59
4	1927 08 16 00 53	CASTEL SANT'ANGELO	17	6	4.56
4	1930 10 30 07 13	SENIGALLIA	263	8-9	5.94
3	1933 09 26 03 33	Maiella	326	9	5.68
6	1935 06 06 11 05	FOLIGNO	4	6	4.83
6	1936 04 05 18 10	FOLIGNO	3	6	4.56
3	1936 12 09 07 34	CALDAROLA	32	7-8	4.83
RS	1937 12 15 21 25	CAPITANATA	23	5-6	4.72
4	1940 10 16 13 17	RADICOFANI	106	7-8	5.30
5	1950 09 05 04 08	GRAN SASSO	137	8	5.73
5	1951 09 01	SARNANO	81	7	5.31
F	1964 08 02 10 40	PRECI	25	7	5.44
2	1969 08 11 13 55	TRASIMENO	46	7	5.09
6	1979 09 19 21 35	Valnerina	691	8-9	5.90
4	1980 11 23 18 34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.89
4	1984 04 29 05 02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.68
4-5	1993 06 05 19 16	GUALDO TADINO	326	6	4.92
7	1997 09 26 09 40	Appennino umbro-march.	869	9	6.05
6	1998 03 26 16 26	APPENNINO UMBRO-MARCH.	408	6-7	5.33



Sismicità recente

La sismicità recente (ultimi 10 anni) mette in evidenza l'esistenza di faglie attive prossime a Foligno. Dallo studio dei meccanismi focali si evince che si tratta di faglie dirette. Segue un'immagine nella quale vengono localizzati alcuni terremoti ($M_g > 3.0$) registrati in questi ultimi decenni dalla rete sismica INGV integrata con la rete locale Osservatorio Sismico "A. Bina".



Estrazione dal catalogo INGV (ISIDE) dal 2005 al 2014 ($M_g > 3.0$)

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOCITA' SISMICA DI BASE

ag, Fo, Tc* CON SOFTWARE MINISTERIALE “SPETTRI”

☒ Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE: 12,71248 LATITUDINE: 42,94403

☐ Ricerca per comune
 REGIONE: Umbria PROVINCIA: Perugia COMUNE: Foligno

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabili dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabelle parametri

Nodi del reticolo interno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo reticolo:
☒ Stato zero e reticolo
☐ Interpolazione su reticolo
☐ Interpolazione completa

Interpolazione:
 medio ponderato

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita normale della costruzione (in anni) - V_n : 50 info
 Coefficiente d'uso della costruzione - α_u : 1 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_n : 50 info

Periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_n : info

Stati limite di esercizio - SLE:

SLE - $P_{pk} = 81\%$	30
SLE - $P_{pk} = 83\%$	50

Stati limite ultimi - SLU:

SLU - $P_{pk} = 10\%$	475
SLU - $P_{pk} = 5\%$	975

Elaborazioni:
 Grafici parametrizzazione
 Grafici spettri di risposta
 Tabelle parametrizzazione

LEGENDA GRAFICO:
 ○ Strategia per costruzioni ordinate
 ● Strategia scelta

Strategia di progettazione

10000
 1000
 100
 10

T_n (anni)

SLE SLD SLV SLC

10 30 475 975

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,073	2,402	0,273
SLD	50	0,095	2,345	0,280
SLV	475	0,231	2,406	0,313
SLC	975	0,294	2,418	0,325

Microzonazione sismica di livello 2

Prima dei risultati relativi alla modellazione di risposta sismica di livello 3 vengono inseriti, a scopo puramente indicativo, i risultati della microzonazione sismica di livello 2.

Data: 02/05/2014
Latitudine: 42.944055 [°]
Longitudine: 12.712462 [°]

Parametri sismici

Classe dell'edificio: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [Anni]

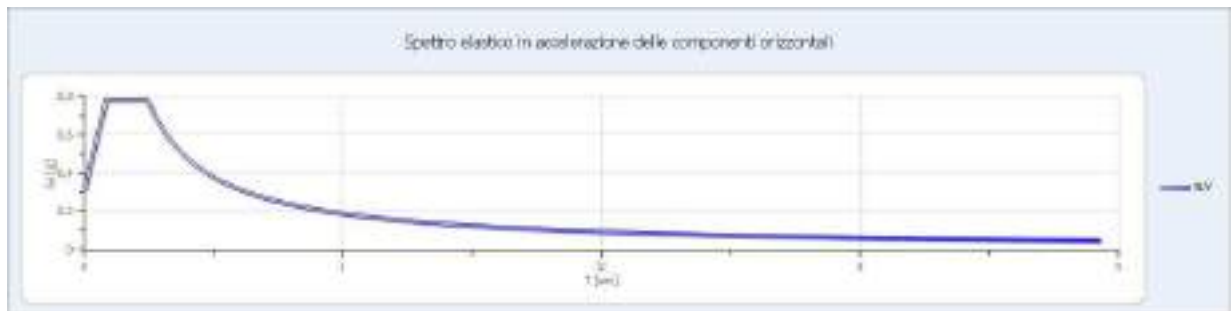
Stato limite	Tr [Anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [sec]
SLV	450	0.231	2.406	0.313

Amplificazione litostratigrafica

Abachi regione: LGMS - DPC
Litotipo prevalente: Ghiaia
Profilo di velocità: Lineare pendenza massima
Spessore si sottosuolo: 24.0 [m]
Vs 24: 508.0 [m/sec]

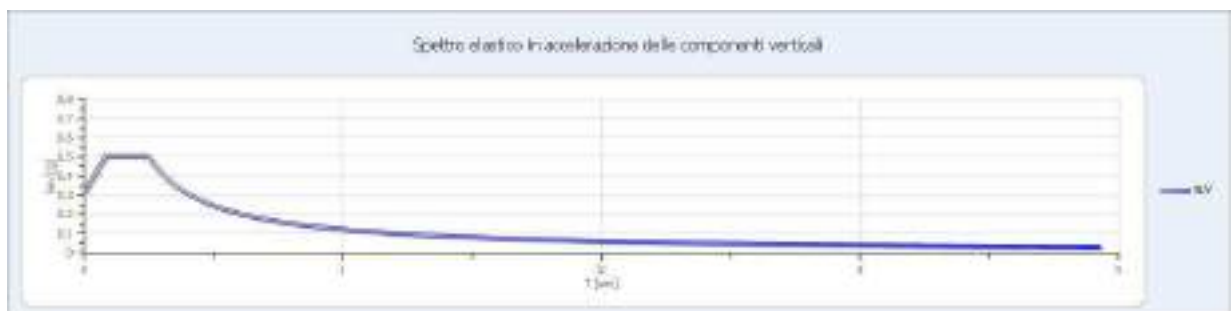
Spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali

Stato limite	Tr [Anni]	Fa [-]	Fv [-]	ag [g]	ag abaco [g]	F0 [-]	Tc* [sec]	SAc [g]	SA(TB) [g]	TB [sec]	TC [sec]	TD [sec]
SLV	450	1.404	1.084	0.231	0.260	2.406	0.313	0.556	0.174	0.081	0.242	2.524



Spettro di risposta elastico delle componenti verticali

Stato limite	Tr [Anni]	Fa [-]	Fv [-]	ag [g]	ag abaco [g]	F0 [-]	Tc* [sec]	SAc [g]	SA(TB) [g]	TB [sec]	TC [sec]	TD [sec]
SLV	450	1.404	1.084	0.231	0.260	2.406	0.313	0.361	0.113	0.081	0.242	2.524



In base ai risultati di Microzonazione sismica di livello 2, il sito in esame rientra nella classe di amplificazione sismica con FA compreso tra 1.3 e 1.4

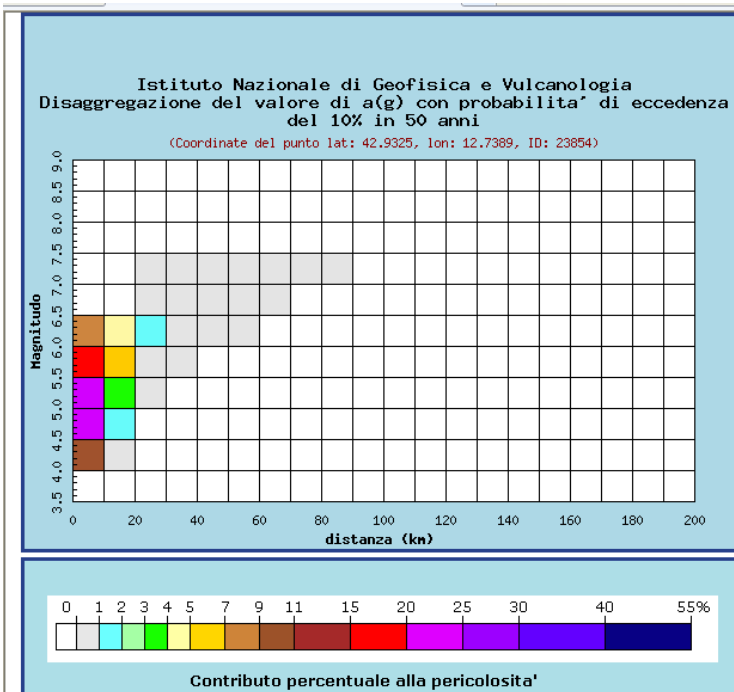
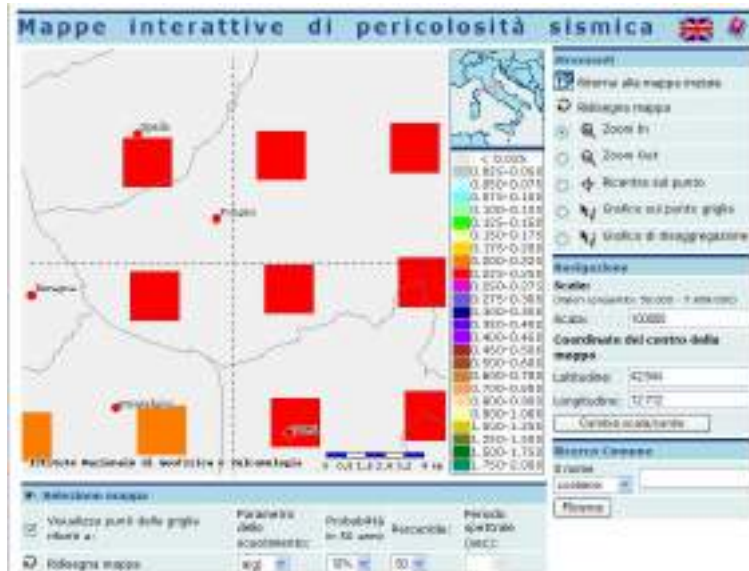


MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DI DISAGGREGAZIONE

Come indicato dalle N.T.C. 14/01/08, i parametri di disaggregazione, relativi allo stato limite SLV, sono stati ricavati dalle fonti ufficiali, al sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

PARAMETRI DI DISAGGREGAZIONE PER SLV



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.9325, lon: 12.7389, ID: 23854)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	9.720	24.900	21.800	15.800	8.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.143	1.610	3.830	5.220	4.330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.000	0.075	0.649	1.160	0.659	0.496	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.273	0.387	0.364	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.109	0.138	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.054	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.019	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.310	7.060	1.100

PARAMETRI DI DISAGGREGAZIONE (VALORI MEDI) PER STATO LIMITE SLV

STATO LIMITE	MAGNITUDO	DISTANZA (KM)
SLV	5.310	7.060

SCELTA DEGLI ACCELEROGRAMMI

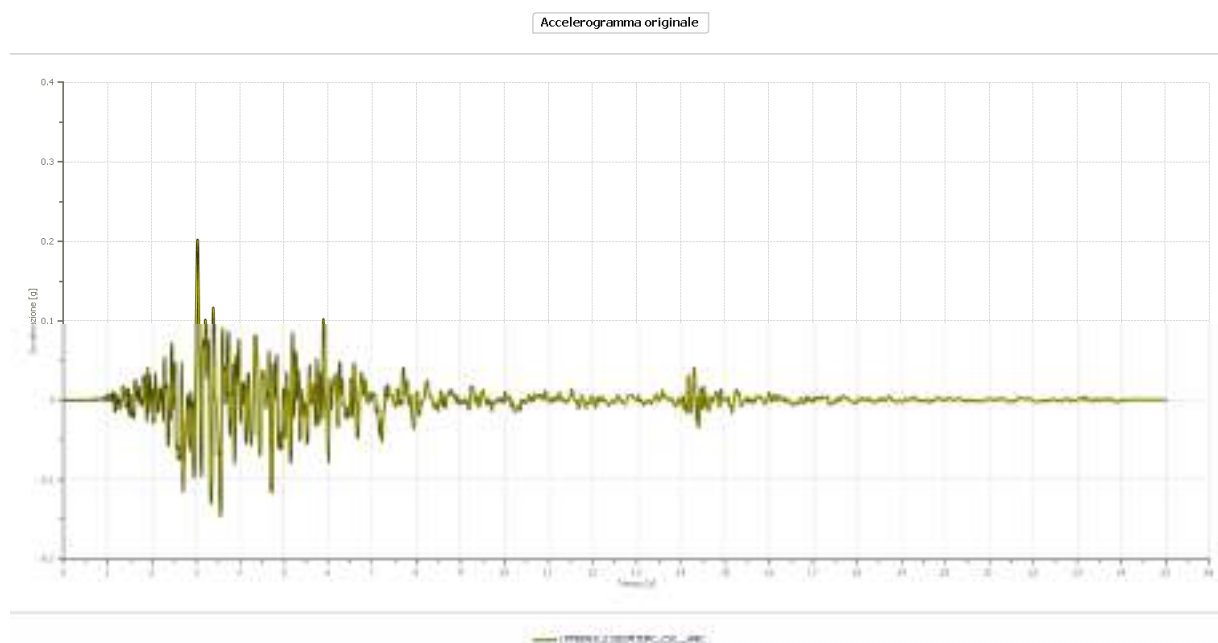
La scelta degli accelerogrammi è stata definita sulla base delle seguenti condizioni (definite dalle N.T.C: 14/01/08):

- **effettive caratteristiche della sorgente** sismogenetica. Gli accelerogrammi scelti risultano originati, in base ai meccanismi focali, da faglie dirette (stessa natura dei terremoti che colpiscono Foligno;
- **coppia Magnitudo-Distanza** rappresentative della zona in esame. Tali parametri sono stati ricavati, separatamente, per ogni stato limite, in base ai parametri progettuali forniti;
- **similarità, in ampiezza, tra gli spettri di input** (medio e medio normalizzato) **con lo spettro di normativa** (NTC 14/01/08) riferito ad una categoria di sottosuolo tipo A, nell'intervallo di periodi di interesse per le strutture in esame. Gli spettri di input per ogni singolo accelerogramma e lo spettro di input medio risultano "simili" allo spettro di riferimento (cat. A di normativa);
- **basso fattore di scala**. Per rendere corrispondenti il valore di PGA degli accelerogrammi scelti ed il valore dell'accelerazione massima attesa (ag) per i differenti periodi di ritorno, le tracce sono state scalate linearmente. In tutte le modellazioni il fattore di scala si mantiene su valori molto contenuti.
- **contenuto in frequenza e contenuto energetico**. Gli accelerogrammi sono stati analizzati anche in termini di contenuto in frequenza e contenuto energetico, anche per verificare se i picchi di PGA rappresentassero o meno dei picchi isolati. Tutti gli accelerogrammi presentano una fase di massima energia sufficientemente estesa per buona parte della durata del segnale.

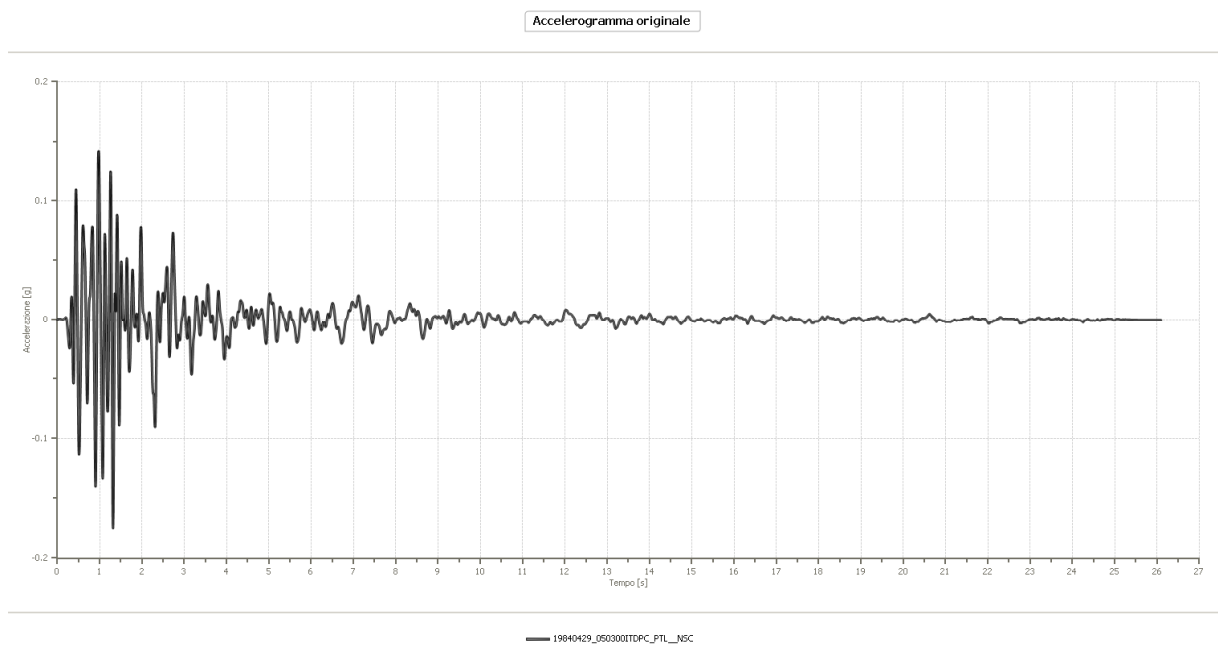
ACCELEROGRAMMI UTILIZZATI PER LA MODELLAZIONE DI LIVELLO 3 “SPECIFICHE ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE”

Sigla	Epicentro	data	Mw-MI	PGA(g)	Dist.(Km)	Prof.(Km)	Faglia
CSC_WE	Val Nerina	1979	5.8-5.5	0.202	9.3	6.0	Diretta
PTL_NS	Gubbio	1984	5.6-5.2	0.175	26.1	6.0	Diretta
PTL_WE	Gubbio	1984	5.6-5.2	0.178	26.1	6.0	Diretta
ASS_NS	Umbria-Marche	1997	5.7-5.6	0.155	24.0	3.5	Diretta
ASS_WE	Umbria-Marche	1997	6.0-5.8	0.188	21.4	9.9	Diretta
CESM_N S	Sellano	1997	5.6-5.5	0.147	11.8	7.0	Diretta
NCM_NS	Forcatura	1997	5.4-5.4	0.179	14.1	4.0	Diretta

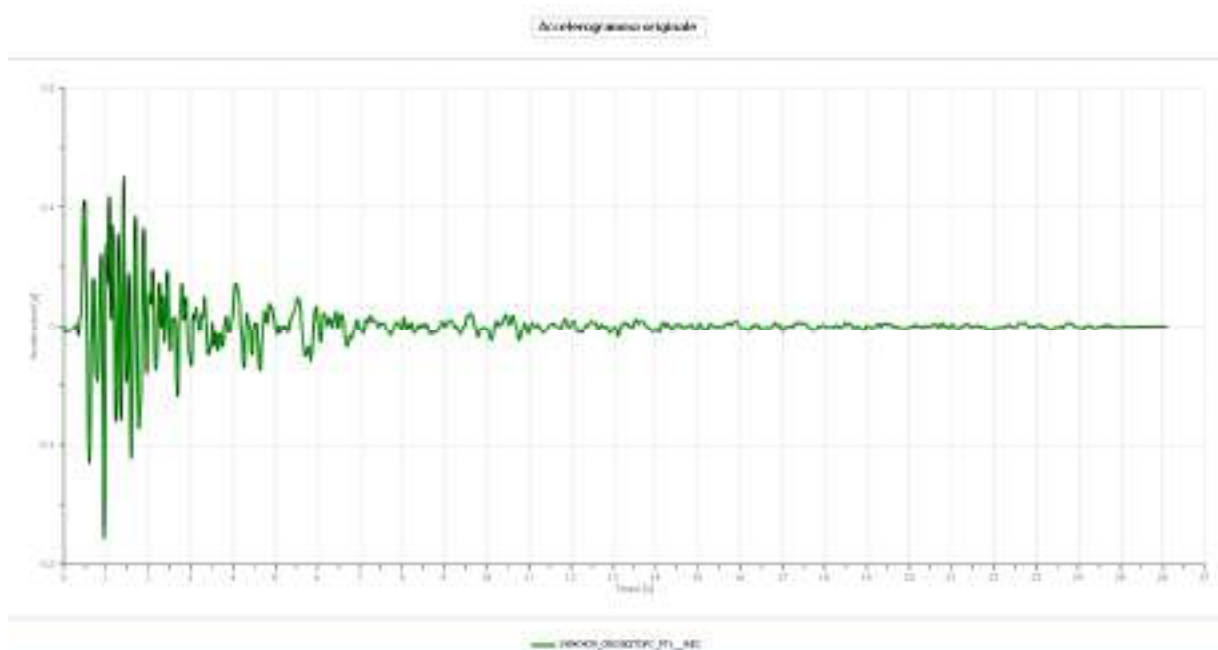
Caratteristiche principali degli accelerogrammi naturali analizzati



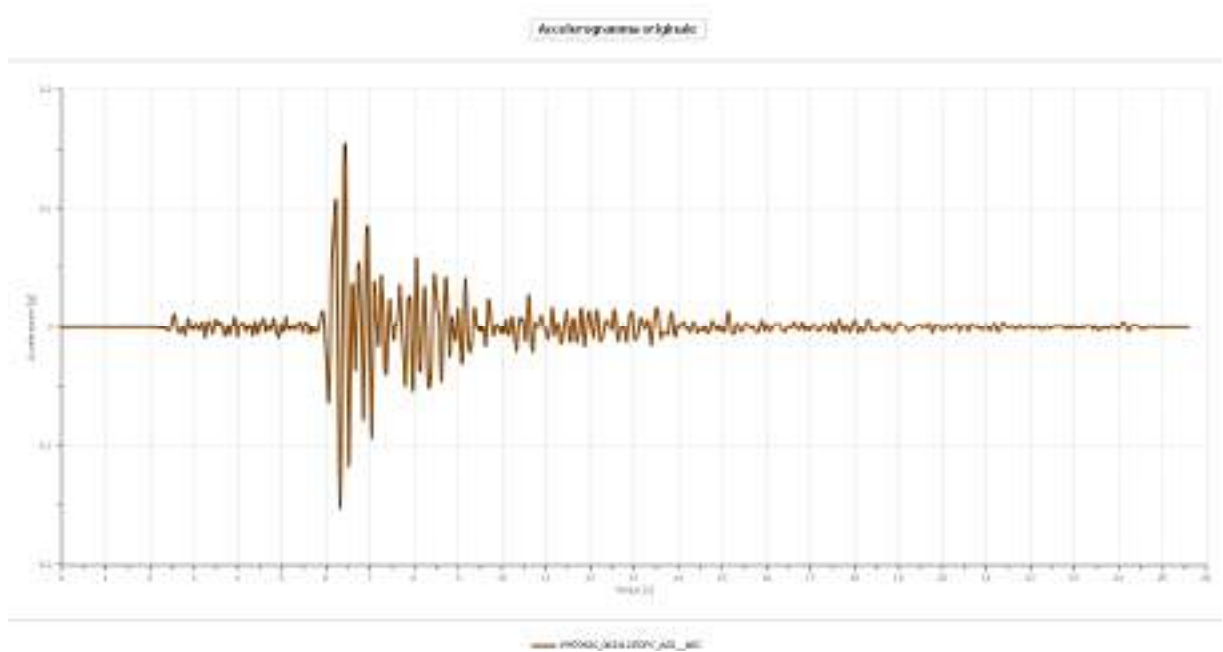
Accelerogramma CSC_WE (Val Nerina 1979)



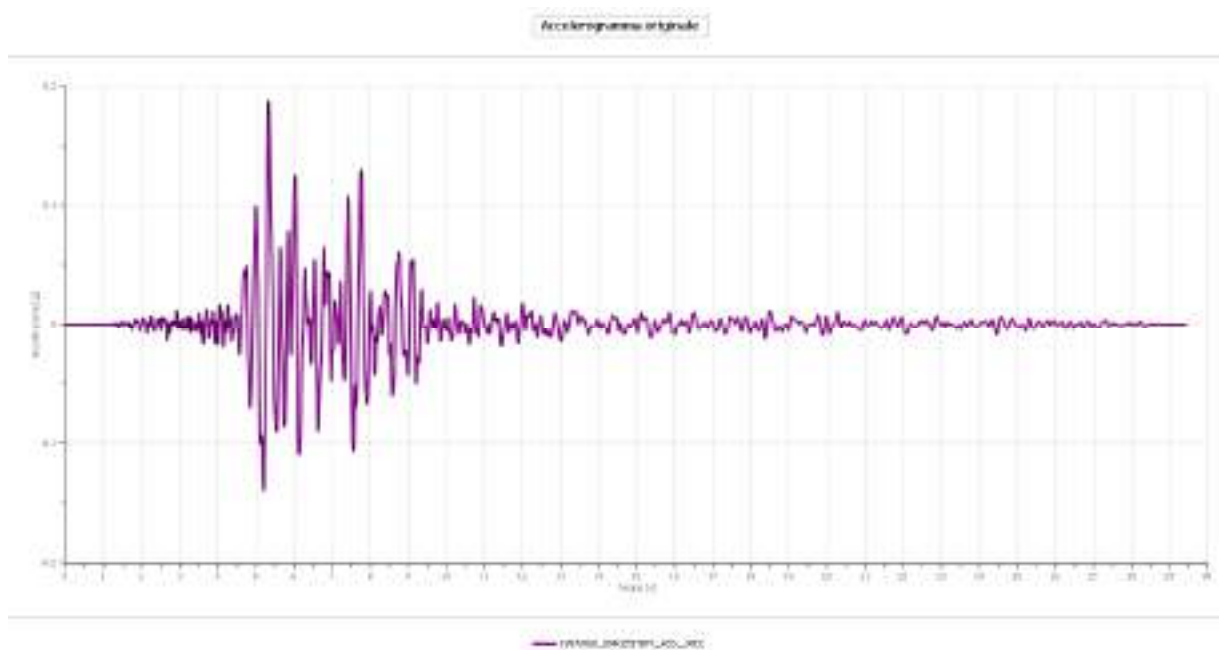
Accelerogramma PTL_NS (Gubbio 1984)



Accelerogramma PTL_WE (Gubbio 1984)



Accelerogramma ASS_NS (Umbria Marche 1997 “prima scossa”)



Accelerogramma ASS_WE (Umbria Marche 1997 “seconda scossa”)

DETERMINAZIONE DEI FATTORI DI SCALATURA PER OGNI ACCELEROGRAMMA E PER OGNI STATO LIMITE

Fattori di scalatura per gli accelerogrammi scelti per la modellazione SLV:

Sigla	ag	PGA(g)	Fattore di scala
CSC_WE	0.231	0.202	1.14
PTL_NS	0.231	0.175	1.32
PTL_WE	0.231	0.178	1.30
ASS_NS	0.231	0.155	1.49
ASS_WE	0.231	0.188	1.23
CESM_N S	0.231	0.147	1.57
NCM_NS	0.231	0.179	1.29

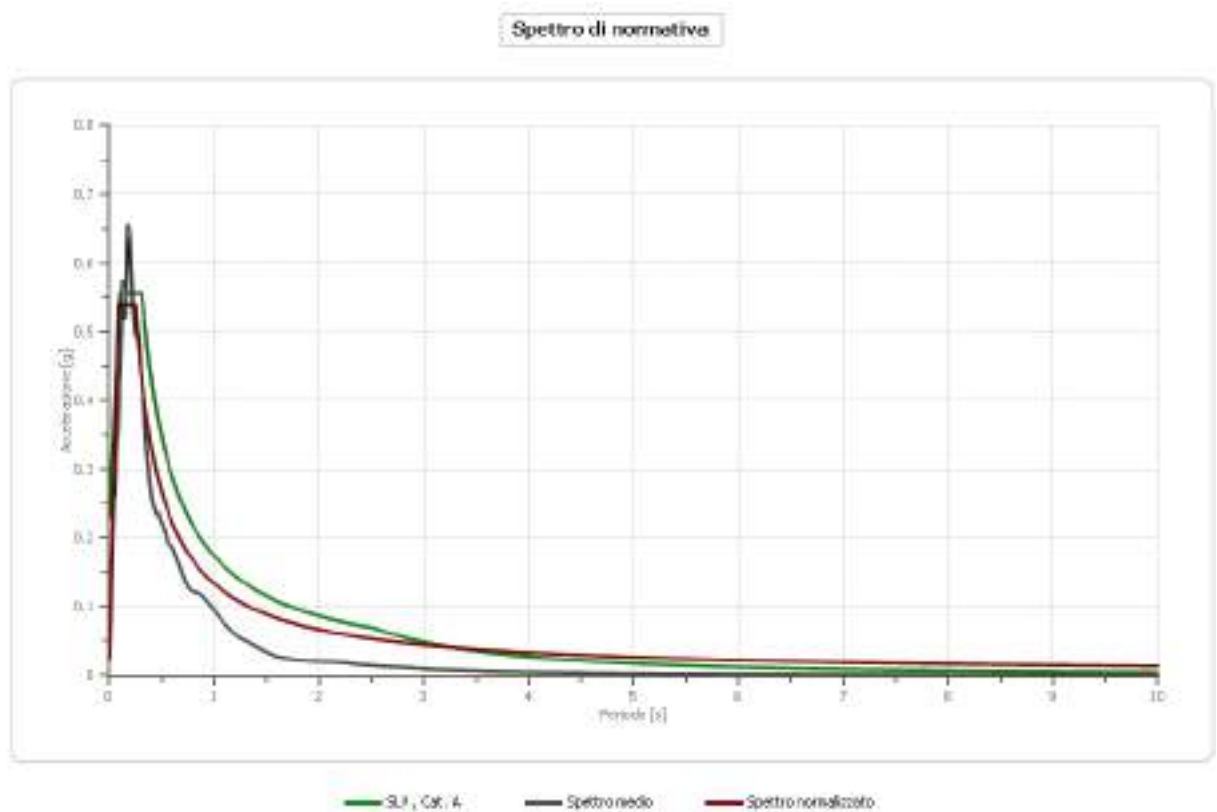
Considerazioni sui fattori di scalatura

I fattori di scalatura degli accelerogrammi, utilizzati per uguagliare i valori di PGA ai valori di ag, variano **da un minimo di 1.14 fino ad un massimo di 1.57**.

Risulta quindi che nelle modellazioni sono stati utilizzati, come fortemente consigliato dalla normativa, **fattori di scalatura molto bassi**.

SPETTRO-COMPATIBILITÀ IN TERMINI DI AMPIEZZA SPETTRALI

1) Per SLV

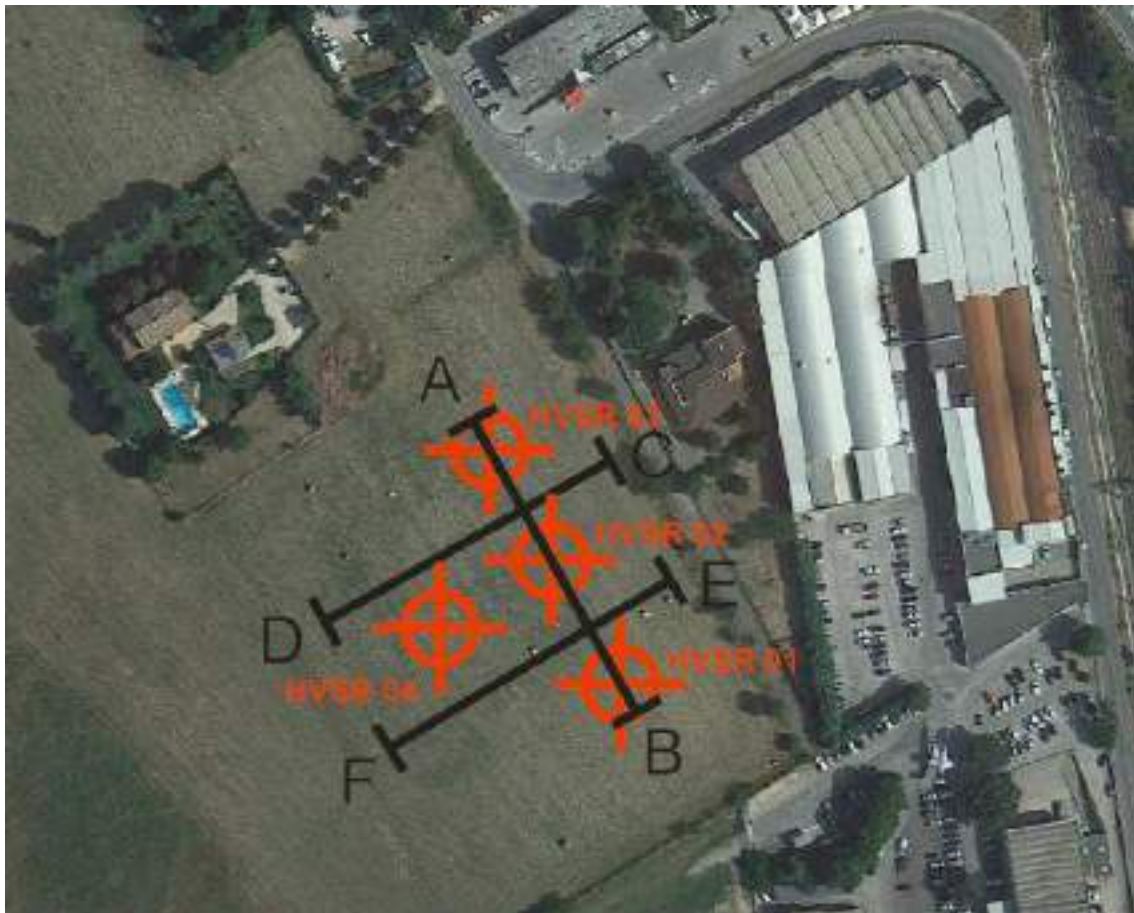


Stato limite SLV: confronto tra spettri di input (medio e normalizzato con l'utilizzo degli accelerogrammi naturali scelti) con spettro di normativa NTC 14/01/08 riferito a categoria A. Gli spettri medio e medio normalizzato risultano simili a quello di riferimento (spettro A NTC 14/01/08). La differenza massima di ampiezza (in difetto), tra lo spettro di normativa A e lo spettro medio normalizzato è di circa il 25%.

SISMOSTRATIGRAFICA UTILIZZATA PER LA MODELLAZIONE

La sismostratigrafia è stata determinata attraverso l'esecuzione di n. 3 profili di sismica a rifrazione in onde Sh di lunghezza 96 m, n. 3 profili Masw in onde di Love a traccia coincidente e n. 4 misure di microtremori con analisi dei dati con tecnica HVSR (ved. allegato "Campagna geofisica per la determinazione della risposta sismica locale").

La zona di ingombro del fabbricato in progetto risulta omogenea da un punto di vista sismostratigrafico e quindi è stato possibile utilizzare un unico modello per tutta l'area di progetto.



Localizzazione delle indagini geofisiche. Immagine estratta dalla relazione relativa alle indagini sismiche effettuate.

MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO UTILIZZATO PER LA MODELLAZIONE

Dal p.c. fino al bedrock sismico

Parametri riassuntivi:

vs	spessore	h/vs	substrato	VsH
395	3	0,007595	24	508,3857
417	3	0,007194		
454	3	0,006608		
491	3	0,00611		
525	3	0,005714		
583	3	0,005146		
641	3	0,00468		
721	3	0,004161		
800	oltre 24			

H = 24 m;
VsH = 508 m/s

Tabella riassuntiva della sismostratigrafia e dei parametri principali utilizzati per la modellazione sismica di liv. 3

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	3.0	ghiaie	0	286.28	--	18.0	395.0	27.0
2	3.0	3.0	ghiaie	0	336.79	--	19.0	417.0	67.8
3	6.0	3.0	ghiaie	0	420.22	--	20.0	454.0	96.9
4	9.0	3.0	ghiaie	0	491.50	--	20.0	491.0	127.4
5	12.0	3.0	ghiaie	0	561.93	--	20.0	525.0	158.0
6	15.0	3.0	ghiaie	0	692.94	--	20.0	583.0	188.6
7	18.0	3.0	ghiaie	0	837.68	--	20.0	641.0	219.1
8	21.0	3.0	ghiaie	0	1059.82	--	20.0	721.0	249.7
9	oo	--	Smorzamento costante	0	1435.27	--	22.0	800.0	265.0

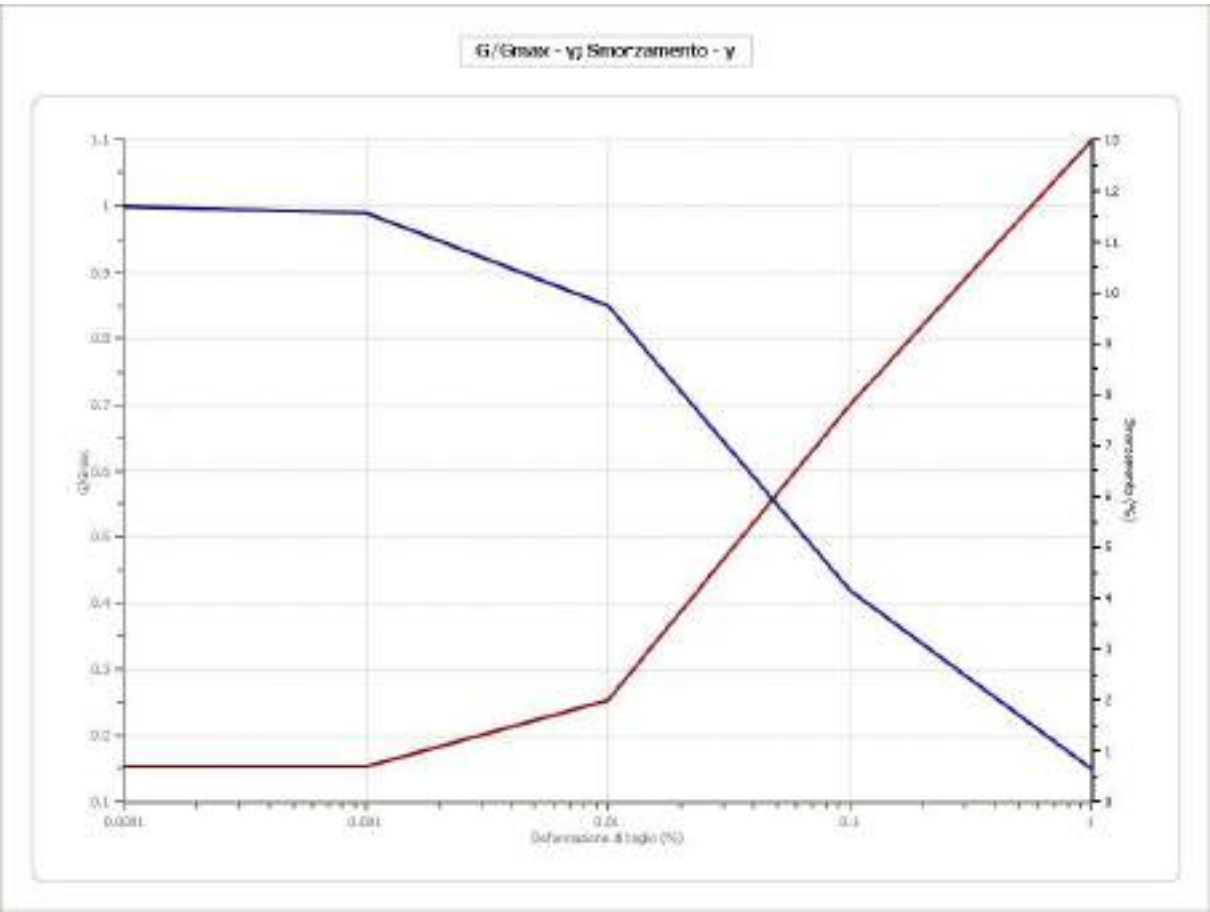
Curve di decadimento utilizzate (ved. tab. precedente).

Non avendo la possibilità di utilizzare curve di decadimento provenienti da specifiche analisi locali, vengono utilizzate delle curve che, in base ai dati geotecnici a disposizione, possono essere ritenute “indicative” rispetto alle proprietà reali dei terreni in questione.

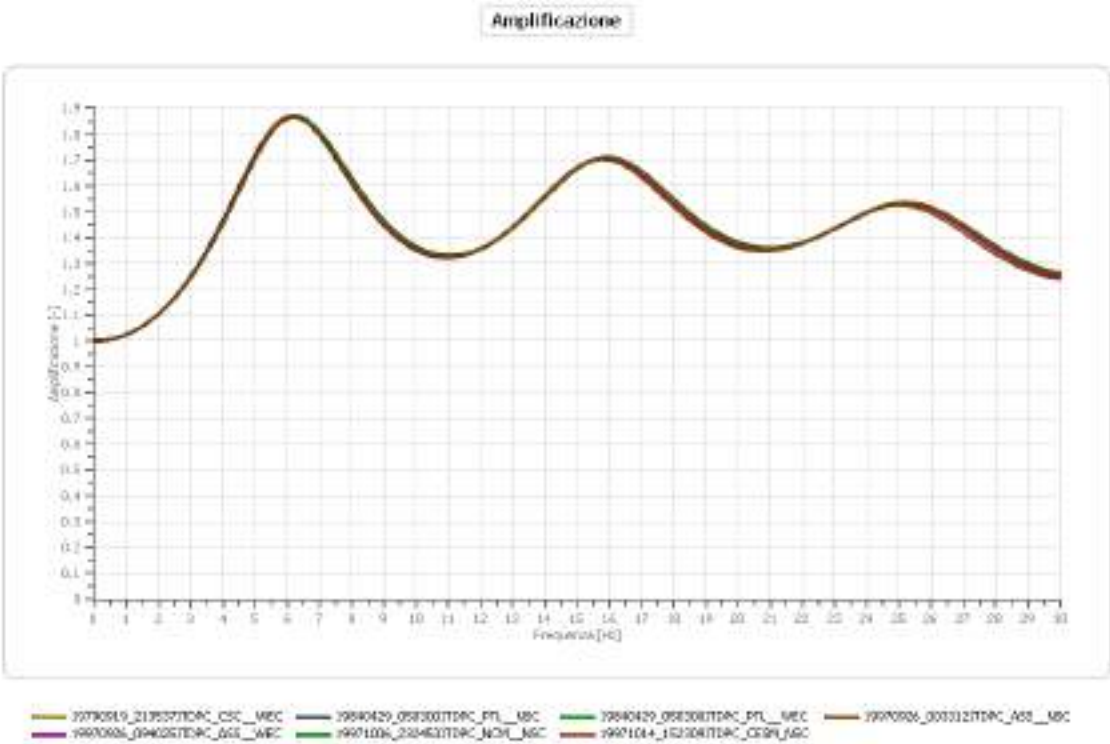
Per il livello di ghiaia

Terreni

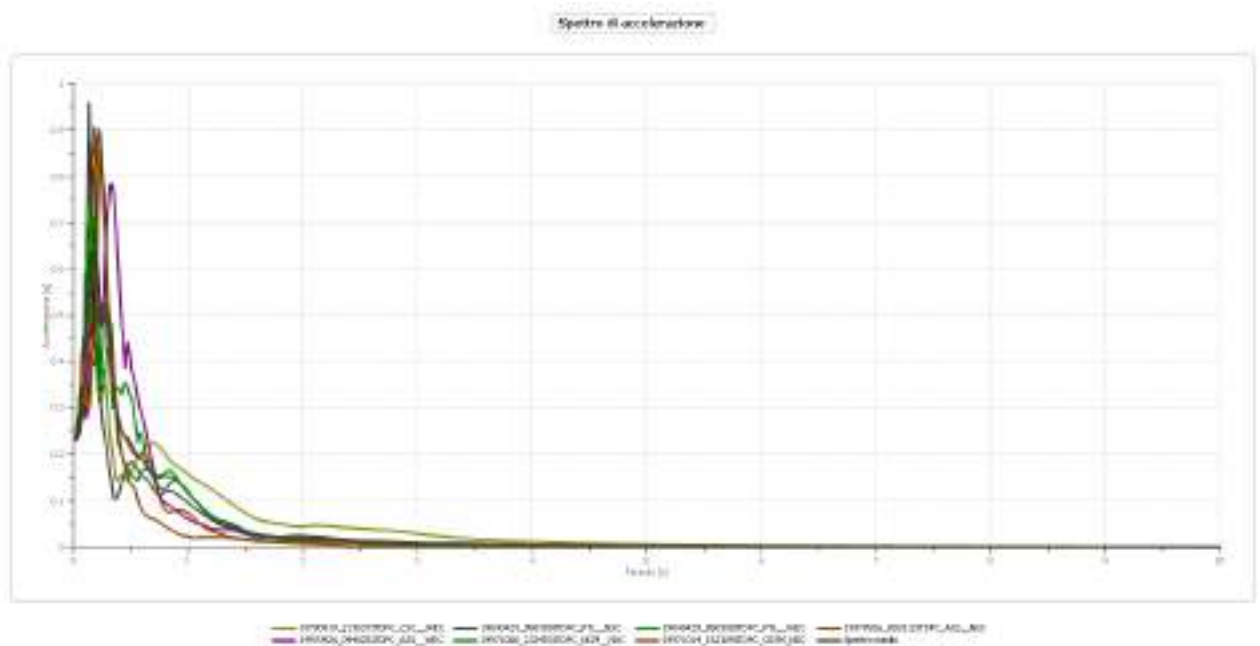
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.700
0.001	0.990	0.001	0.700
0.010	0.850	0.010	2.000
0.100	0.420	0.100	7.800
1.000	0.150	1.000	13.000



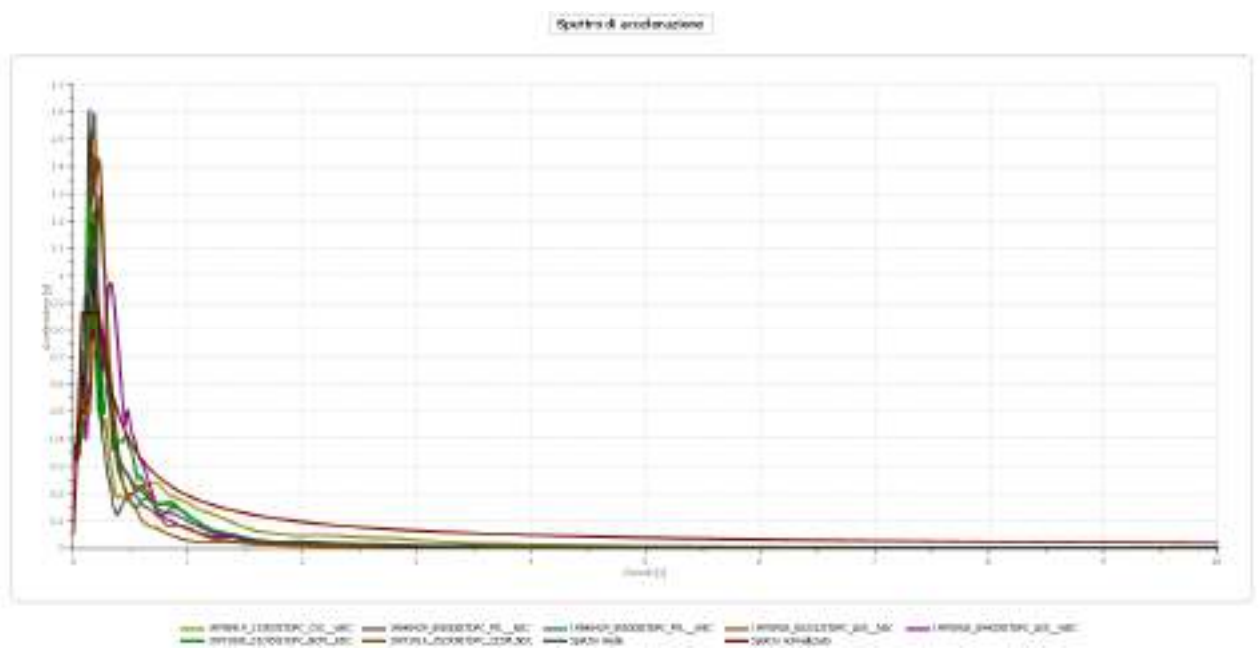
RISULTATI DELLA MODELLAZIONE DI LIVELLO 3 PER SLV



Funzione di amplificazione per SLV



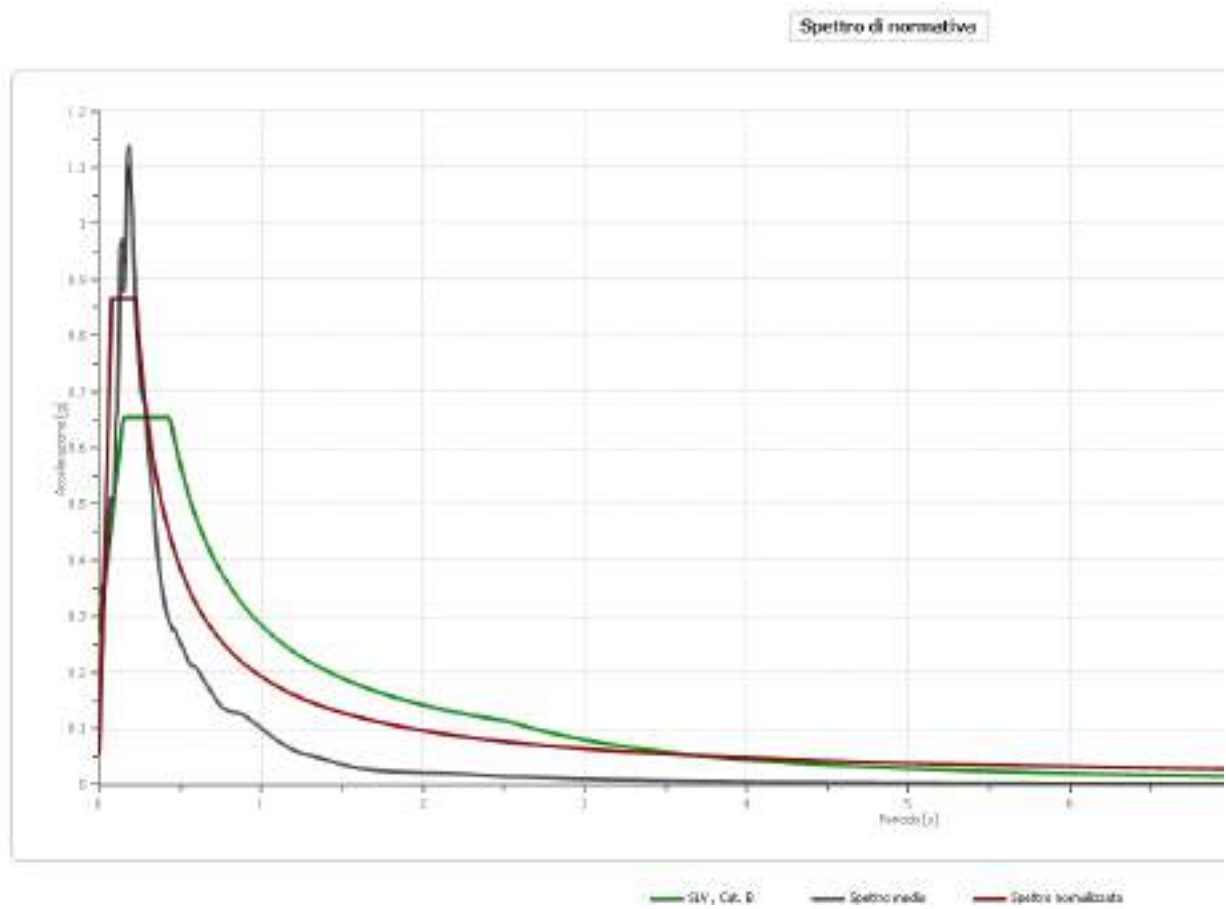
Spettri di input



Spettri di output

Fattori di amplificazione

Tai	0.180 [s]
Tvi	0.290 [s]
Tao	0.180 [s]
Tvo	0.200 [s]
Sami	5.288 [m/s ²]
Svmi	0.209 [m/s]
Samo	8.495 [m/s ²]
Svmo	0.300 [m/s]
Fa	1.607 [-]
Fv	1.438 [-]
TB	0.074 [s]
TC	0.222 [s]
SA(0)	0.056 [g]
SA(TB)	0.866 [g]



Confronto tra spettro medio e spettro normalizzato (come da modellazione) con spettro di normativa B per SLV

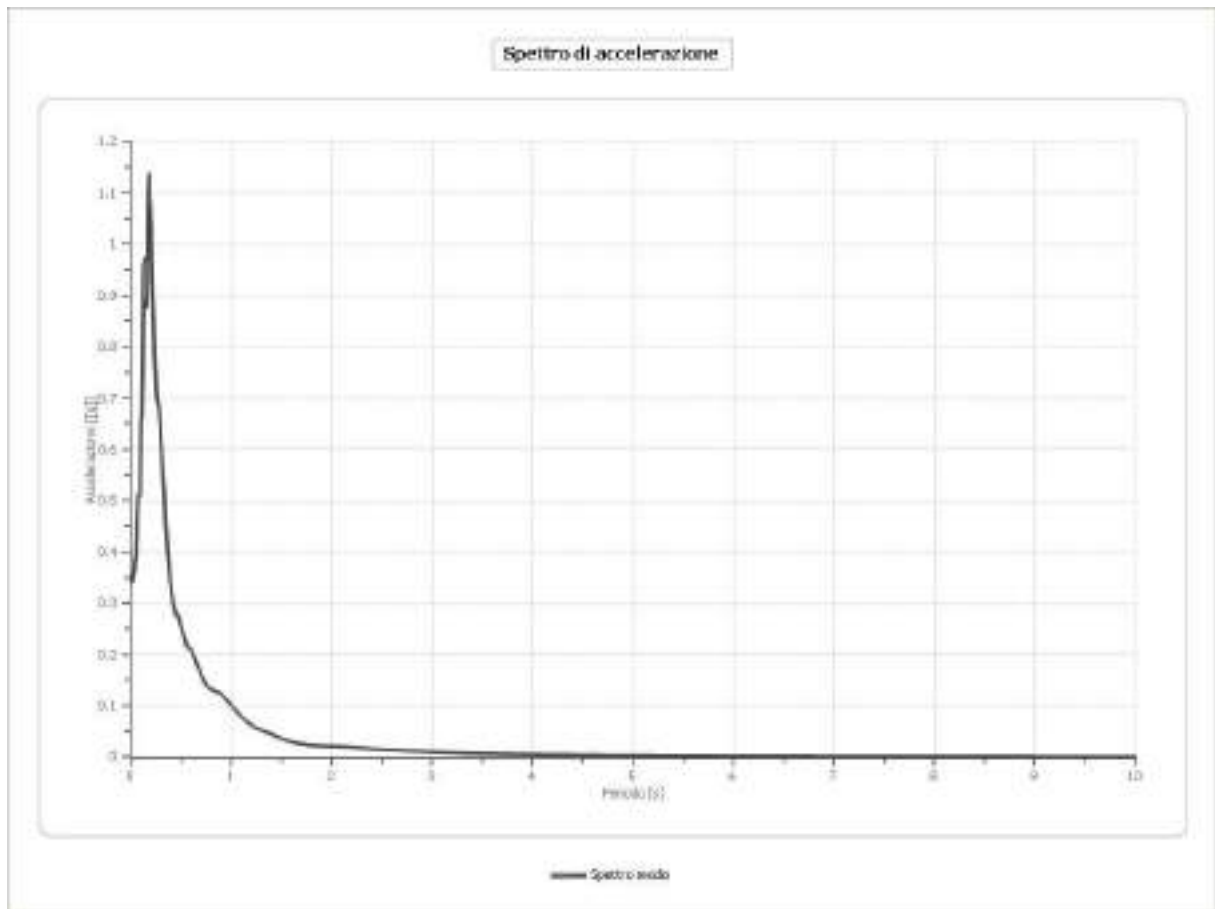
Descrizione dello spettro elastico normalizzato SLV

Per periodi superiori a 0.28 secondi (e quindi per altezze di edifici da circa 5 m in poi (dal piano di fondazione alla sommità del tetto), lo spettro di risposta sismica di modellazione risulta “più cautelativo” rispetto ad uno spettro B di normativa.

Ciò vale fino a periodi di oltre 3 secondi). Per periodi della struttura compresi tra 0 e 0.28 secondi (corrispondenti ad edifici di altezza inferiore ai 5 m dal piano fondale alla sommità del tetto), il valore della pseudo accelerazione (asse delle ordinate) si colloca sopra lo spettro B di normativa.

Spettro medio (valori numerici)

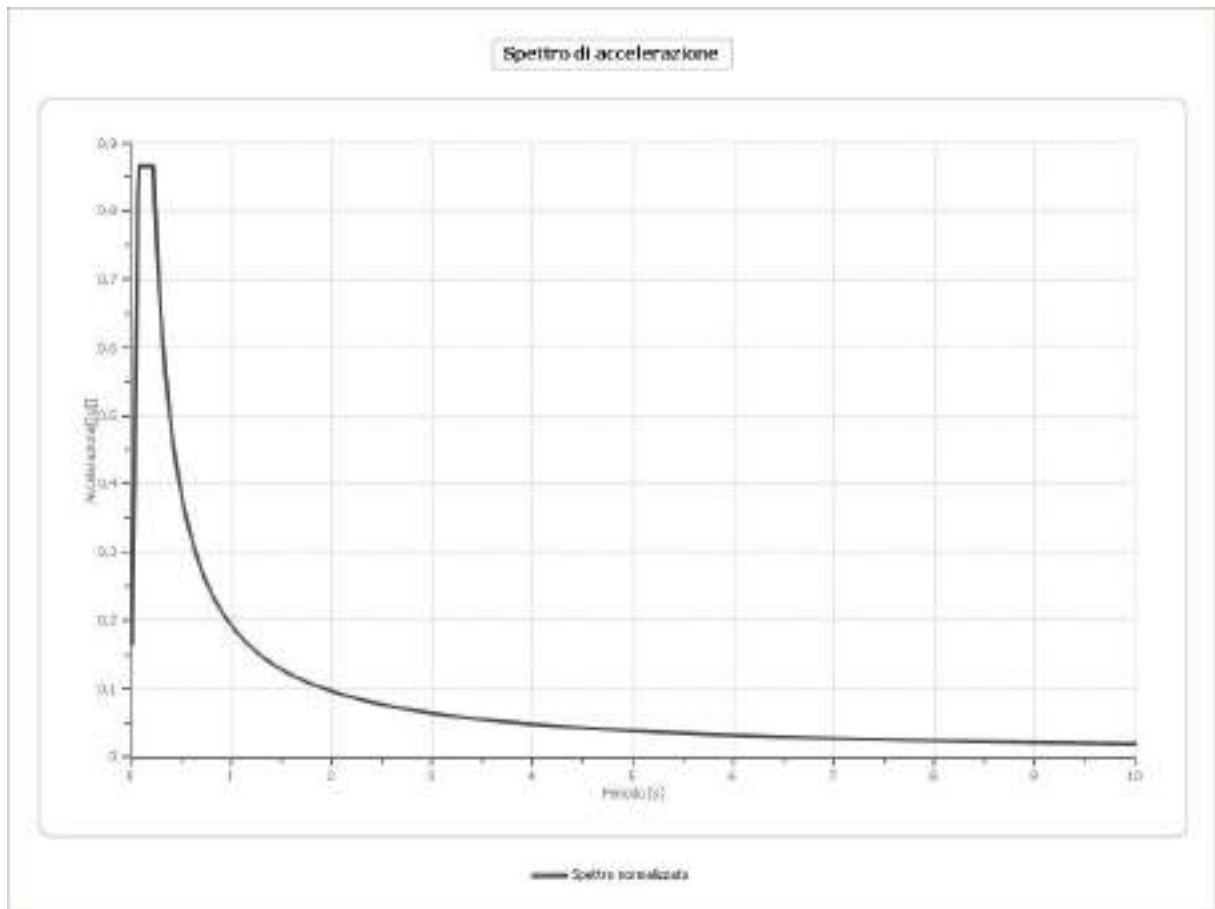
Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.01	0.3418	0.33	0.5110	0.72	0.1517	1.90	0.0221	4.60	0.0038
0.02	0.3491	0.34	0.4705	0.74	0.1433	1.95	0.0216	4.70	0.0037
0.03	0.3629	0.35	0.4369	0.76	0.1372	2.00	0.0211	4.80	0.0035
0.04	0.3822	0.36	0.4087	0.78	0.1338	2.05	0.0208	4.90	0.0034
0.05	0.3918	0.37	0.3851	0.80	0.1314	2.10	0.0207	5.00	0.0033
0.06	0.4680	0.38	0.3603	0.82	0.1295	2.15	0.0202	5.10	0.0031
0.07	0.5105	0.39	0.3417	0.84	0.1282	2.20	0.0196	5.20	0.0030
0.08	0.5115	0.40	0.3249	0.86	0.1273	2.25	0.0188	5.40	0.0028
0.09	0.5099	0.41	0.3121	0.88	0.1251	2.30	0.0180	5.60	0.0026
0.10	0.6501	0.42	0.2991	0.90	0.1219	2.35	0.0170	5.80	0.0025
0.11	0.6643	0.43	0.2907	0.92	0.1176	2.40	0.0161	6.00	0.0023
0.12	0.8049	0.44	0.2832	0.94	0.1133	2.50	0.0148	6.20	0.0022
0.13	0.9601	0.45	0.2751	0.96	0.1092	2.60	0.0140	6.40	0.0021
0.14	0.9715	0.46	0.2772	0.98	0.1048	2.70	0.0131	6.60	0.0020
0.15	0.8779	0.47	0.2734	1.00	0.1001	2.80	0.0121	6.80	0.0019
0.16	0.9285	0.48	0.2643	1.05	0.0890	2.90	0.0111	7.00	0.0018
0.17	1.0896	0.49	0.2573	1.10	0.0781	3.00	0.0100	7.20	0.0017
0.18	1.1364	0.50	0.2506	1.15	0.0697	3.10	0.0093	7.40	0.0016
0.19	1.0912	0.51	0.2456	1.20	0.0618	3.20	0.0087	7.60	0.0016
0.20	1.0269	0.52	0.2401	1.25	0.0558	3.30	0.0081	7.80	0.0015
0.21	0.9472	0.53	0.2330	1.30	0.0524	3.40	0.0076	8.00	0.0015
0.22	0.8657	0.54	0.2256	1.35	0.0487	3.50	0.0071	8.50	0.0013
0.23	0.8086	0.55	0.2198	1.40	0.0447	3.60	0.0066	9.00	0.0012
0.24	0.7585	0.56	0.2141	1.45	0.0404	3.70	0.0062	9.50	0.0012
0.25	0.7147	0.57	0.2127	1.50	0.0359	3.80	0.0058	10.00	0.0011
0.26	0.6942	0.58	0.2125	1.55	0.0323	3.90	0.0055		
0.27	0.6877	0.60	0.2069	1.60	0.0292	4.00	0.0051		
0.28	0.6759	0.62	0.1988	1.65	0.0272	4.10	0.0048		
0.29	0.6505	0.64	0.1883	1.70	0.0256	4.20	0.0046		
0.30	0.6037	0.66	0.1793	1.75	0.0244	4.30	0.0044		
0.31	0.5717	0.68	0.1704	1.80	0.0232	4.40	0.0042		
0.32	0.5441	0.70	0.1606	1.85	0.0225	4.50	0.0040		



Spettro medio. Grafico

Spettro normalizzato (valori numerici)

Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]	Periodo [s]	Accelera zione [g]
0.01	0.1653	0.33	0.5831	0.72	0.2673	1.90	0.1013	4.60	0.0418
0.02	0.2747	0.34	0.5660	0.74	0.2600	1.95	0.0987	4.70	0.0409
0.03	0.3841	0.35	0.5498	0.76	0.2532	2.00	0.0962	4.80	0.0401
0.04	0.4934	0.36	0.5345	0.78	0.2467	2.05	0.0939	4.90	0.0393
0.05	0.6028	0.37	0.5201	0.80	0.2405	2.10	0.0916	5.00	0.0385
0.06	0.7121	0.38	0.5064	0.82	0.2347	2.15	0.0895	5.10	0.0377
0.07	0.8215	0.39	0.4934	0.84	0.2291	2.20	0.0875	5.20	0.0370
0.08	0.8660	0.40	0.4811	0.86	0.2237	2.25	0.0855	5.40	0.0356
0.09	0.8660	0.41	0.4693	0.88	0.2187	2.30	0.0837	5.60	0.0344
0.10	0.8660	0.42	0.4582	0.90	0.2138	2.35	0.0819	5.80	0.0332
0.11	0.8660	0.43	0.4475	0.92	0.2092	2.40	0.0802	6.00	0.0321
0.12	0.8660	0.44	0.4373	0.94	0.2047	2.50	0.0770	6.20	0.0310
0.13	0.8660	0.45	0.4276	0.96	0.2004	2.60	0.0740	6.40	0.0301
0.14	0.8660	0.46	0.4183	0.98	0.1964	2.70	0.0713	6.60	0.0292
0.15	0.8660	0.47	0.4094	1.00	0.1924	2.80	0.0687	6.80	0.0283
0.16	0.8660	0.48	0.4009	1.05	0.1833	2.90	0.0664	7.00	0.0275
0.17	0.8660	0.49	0.3927	1.10	0.1749	3.00	0.0641	7.20	0.0267
0.18	0.8660	0.50	0.3848	1.15	0.1673	3.10	0.0621	7.40	0.0260
0.19	0.8660	0.51	0.3773	1.20	0.1604	3.20	0.0601	7.60	0.0253
0.20	0.8660	0.52	0.3700	1.25	0.1539	3.30	0.0583	7.80	0.0247
0.21	0.8660	0.53	0.3631	1.30	0.1480	3.40	0.0566	8.00	0.0241
0.22	0.8660	0.54	0.3563	1.35	0.1425	3.50	0.0550	8.50	0.0226
0.23	0.8366	0.55	0.3499	1.40	0.1374	3.60	0.0535	9.00	0.0214
0.24	0.8018	0.56	0.3436	1.45	0.1327	3.70	0.0520	9.50	0.0203
0.25	0.7697	0.57	0.3376	1.50	0.1283	3.80	0.0506	10.00	0.0192
0.26	0.7401	0.58	0.3318	1.55	0.1241	3.90	0.0493		
0.27	0.7127	0.60	0.3207	1.60	0.1203	4.00	0.0481		
0.28	0.6872	0.62	0.3104	1.65	0.1166	4.10	0.0469		
0.29	0.6635	0.64	0.3007	1.70	0.1132	4.20	0.0458		
0.30	0.6414	0.66	0.2916	1.75	0.1100	4.30	0.0447		
0.31	0.6207	0.68	0.2830	1.80	0.1069	4.40	0.0437		
0.32	0.6013	0.70	0.2749	1.85	0.1040	4.50	0.0428		



Spettro normalizzato. Grafico

DATI RICAVALI

Il risultato della modellazione numerica mette in evidenza che lo spettro di risposta sismica normalizzato (lo spettro che il progettista dovrà prendere in considerazione, opportunamente modificato in base ai parametri progettuali), si colloca in prossimità dello spettro di normativa associato alla categoria di sottosuolo B.

Il bedrock sismico risulta ad una profondità di circa 24 m dal p.c.

La modellazione di riferimento alla risposta sismica al p.c.

La frequenza principale di sito risulta variabile da 2.6 a 3.0 Hz. Il rapporto H/V si mantiene su valori prossimi a 3.

La modellazione sismica è stata effettuata con un modello sismostratigrafico di n. 9 strati.

La morfologia della zona e la posizione del sito di studio rispetto ai fianchi della valle hanno consentito il corretto utilizzo di un modello di calcolo monodimensionale lineare equivalente.

Sono quindi esclusi effetti di amplificazione sismica 2D.

Dal confronto tra lo spettro di risposta “normalizzato” ottenuto dalla modellazione e lo spettro di normativa associato alla categoria di sottosuolo tipo B, risulta che, per periodi superiori a 0.28 secondi (per altezze di edifici da circa 5 m in poi), lo spettro di risposta sismica di modellazione risulta “più cautelativo” rispetto ad uno spettro B di normativa.

Per periodi della struttura compresi tra 0 e 0.28 secondi (corrispondenti ad edifici di altezza inferiore ai 5 m circa), il valore della pseudo accelerazione (asse delle ordinate) si colloca sopra lo spettro B di normativa.



COMUNE DI FOLIGNO

INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

COMMITTENTE :
O.M.A. S.P.A.

LOCALITA' :
Via Cagliari,
FOLIGNO

DATA:
MAGGIO 2014

GEOLOGO : DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI

INDAGINI ESEGUITE

Nella campagna di indagini 2012, in prossimità dell'area attualmente in esame è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di 30,0 m. dal p.c., di cui si riporta la successione stratigrafica rinvenuta.

SONDAGGIO CAMPAGNA 2012

dal p.c. a 1,80 mt di prof.:	riporto granulare con tracce di laterizio;
da 1,80 a 3,00 mt di prof.:	paleosuolo costituito da ghiaia con matrice argillosa limosa plastica di colore marrone addensata, poco umida;
da 3,00 a 4,00 mt di prof.:	ghiaia grossolana addensata in matrice limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro;
da 4,00 a 6,20 mt di prof.:	argilla con limo di colore marrone chiaro molto consistente plastica poco umida, con livelli centimetrici di ghiaia fine in matrice limosa argillosa;
da 6,20 a 12,80 mt di prof.:	ghiaia grossolana addensata in matrice limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro con sottili livelli di argilla con limo;
da 12,80 a 15,50 mt di prof.:	argilla con limo grigio scuro con diffuse tracce e laminazioni nerastre per la presenza di sostanza organica. Omogenea, consistente, umida, frazione fine plastica;
da 15,50 a 21,30 mt di prof.:	ghiaia medio fine argillosa addensata con sottili livelli di limo sabbioso argilloso ocra;
da 21,30 a 30,00 mt di prof.:	ghiaia medio fine argillosa moderatamente addensata con sottili livelli di limo sabbioso argilloso ocra e marrone.

Tale sondaggio è stato importante per tarare le indagini penetrometriche pesanti ubicate come da allegato G:

SONDAGGIO N. 01



dal p.c. a 1,20 mt di prof.:

suolo granulare;

da 1,20 a 3,40 mt di prof.:

limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa. La percentuale di ghiaia aumenta con l'aumentare della profondità;

da 3,40 a 4,20 mt di prof.:

ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro;

SONDAGGIO N. 02



dal p.c. a 1,00 mt di prof.:	suolo granulare;
da 1,00 a 2,40 mt di prof.:	ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbioso;
da 2,40 a 3,40 mt di prof.:	limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;
da 3,40 a 5,20 mt di prof.:	ghiaia grossolana molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

SONDAGGIO N. 03



dal p.c. a 0,80 mt di prof.:	suolo granulare;
da 0,80 a 2,20 mt di prof.:	ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbioso;
da 2,20 a 4,00 mt di prof.:	limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;
da 4,00 a 4,60 mt di prof.:	ghiaia grossolana molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

SONDAGGIO N. 04



dal p.c. a 0,60 mt di prof.:	suolo granulare;
da 0,60 a 3,20 mt di prof.:	limo sabbioso poco addensato con ghiaia dispersa;
da 3,20 a 6,00 mt di prof.:	ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa ed argilla ghiaiosa;
da 6,00 a 6,60 mt di prof.:	argilla moderatamente consistente;
da 6,60 a 10,20 mt di prof.:	sottili alternanze di ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa e argilla con ghiaia dispersa.

SONDAGGIO N. 05



dal p.c. a 0,80 mt di prof.:

suolo granulare;

da 0,80 a 1,40 mt di prof.:

ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbioso;

da 1,40 a 2,20 mt di prof.:

ghiaia grossolana molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

SONDAGGIO N. 06



dal p.c. a 1,20 mt di prof.:

suolo granulare;

da 1,20 a 2,00 mt di prof.:

ghiaia fine da moderatamente addensata ad addensata in abbondante matrice limoso sabbioso;

da 2,00 a 3,00 mt di prof.:

limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;

da 3,00 a 4,20 mt di prof.:

ghiaia grossolana molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

Inoltre si è proceduto nella realizzazione di ulteriori due sondaggi nella zona occupata dal parcheggio, ubicati come da allegato G.

SONDAGGIO N. 07



dal p.c. a 1,00 mt di prof.:	suolo;
da 1,00 a 1,60 mt di prof.:	limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;
da 1,60 a 3,40 mt di prof.:	ghiaia fine da moderatamente addensata ad addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa;
da 3,40 a 3,60 mt di prof.:	limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;
da 3,60 a 4,60 mt di prof.:	ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

SONDAGGIO N. 08



dal p.c. a 0,60 mt di prof.:

suolo granulare;

da 0,60 a 0,80 mt di prof.:

ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbioso;

da 0,80 a 2,20 mt di prof.:

ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa. L'addensamento cresce con l'aumentare della profondità.

UBICAZIONE DELLE INDAGINI



All. G: Ubicazione delle indagini

- S** Sondaggio precedentemente realizzato nella campagna 2012
- 1** Ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche pesanti con numeri di riferimento 1-8;

Committente: **OMA S.p.a.**

Località: **S. Eraclio, FOLIGNO**

Opera: **Ampliamento con interrato**

**SONDAGGIO
N.02**

Scala 1:75

Perforazione:

Φ iniz. mm
 Φ fin. mm

Operatore

nv mm ϕ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 m	SCHEMA STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda m	strum. instal.	rec. %	Kpa		SPT o Camp (l)nd. (R)im. (Mt)
	Absolute s.l.m.	Relative al p.c.								Pocket σ	Vane τ	
						Riporto granulare con tracce di laterizio						
						Paleosuolo costituito da ghiaia con matrice argillosa limosa plastica di colore marrone addensata poco umida						
						Ghiaia grossolana addensata in matrice limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro						SPT (2,80-3,25) 6 16 20
						$\phi = 38^\circ$ $c_u = 0,00$ kPa $D_r = 0,70$ $\gamma = 18,50$ kN/mc $E = 80,00$ MPa						
						Argilla con limo di colore marrone chiaro molto consistente plastica poco umida con livelli centimetrici di ghiaia fine in matrice limosa argillosa				$c_u = 137$		
						$\phi_u = 0^\circ$ $c_u = 137,00$ kPa $I_p = 0,85$ $\phi' = 34^\circ$ $\gamma = 19,50$ kN/mc $E = 10,00$ MPa $v = 0,35$						SPT (6,20-6,65) (punta chiusa) 23 20 10
						Ghiaia grossolana addensata in matrice limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro con sottili livelli di argilla con limo						SPT (9,00-9,45) (punta chiusa) 14 20 22
						$\phi = \text{da } 36^\circ \text{ a } 45^\circ$ $c_u = 0,00$ kPa $D_r = \text{da } 0,60 \text{ a } >0,80$ $\gamma = \text{da } 18,50 \text{ kN/mc a } 19,50 \text{ kN/mc}$ $E = \text{da } 80,00 \text{ Mpa a } 150,00 \text{ MPa}$						
						Argilla con limo grigio scuro con diffuse tracce e laminazioni nerastre per la presenza di sostanza organica. Omogenea, consistente, umida, frazione fine plastica				$c_u = 66$		SPT (12,00- 12,29) (punta chiusa) 30 14/R
						$\phi_u = 0^\circ$ $c_u = 66,00$ KPa $\phi' = 25,30^\circ$ $c' = 5,80$ KPa $I_p = 0,60$ $\gamma = 18,99$ kN/mc $E = 5,00$ Mpa $v = 0,30$						Camp. (14,50-15,20)



Committente: **OMA S.p.a.**

Località: **S. Eraclio, FOLIGNO**

Opera: **Ampliamento con interrato**

**SONDAGGIO
N.02**

Scala 1:75

Perforazione:

Φ iniz. mm
Φ fin. mm

Operatore

nv mm φ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	SCHEMA STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda mt	strum. instal.	rec. %	Kpa		SPT o Camp (I)nd.(R)im. (Mt)
	Absolute s.l.m.	Relative al p.c.								Pocket σ	Vane τ	
						Argilla con limo grigio scuro con diffuse tracce e laminazioni nerastre per la presenza di sostanza organica. Omogenea, consistente, umida, frazione fine plastica φ _u = 0° c _u = 66,00 KPa φ' = 25,30° c' = 5,80 KPa I _p = 0,60 γ = 18,99 kN/mc E = 5,00 Mpa ν = 0,30	16,80					SPT (17,20-17,85 (punta chiusa) 17 11 27
						Ghiaia medio fine argillosa addensata con sottili livelli di limo sabbioso argilloso ocra φ = 38° c _c = 0,00 kPa D _r = 0,65 γ = 18,50 kN/mc γ ₁ = 8,50 kN/mc E = 85,00 MPa						
						Ghiaia medio fine argillosa moderatamente addensata con sottili livelli di limo sabbioso argilloso ocra e marrone φ = 35° c _c = 0,00 kPa D _r = 0,55 γ = 18,00 kN/mc γ ₁ = 8,00 kN/mc E = 70,00 MPa						SPT (23,70-24,15 (punta chiusa) 7 12 15



Committente: **O.M.A. S.p.a.**

Località: **Aeroporto, Foligno**

Opera: **ampliamento attività produttiva**

SONDAGGIO
N. 02

MAGGIO 2014

Scala 1:50

Perforazione:

Φ iniz. mm
 Φ fin. mm

Operatore:
Geostudi

GEOLOGO:
DOTT. GEOL.
FILIPPO GUIDOBALDI

nv mm Φ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt	SCHEMA STRATIGRAFICO	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda mt	strum. instal.	rec. %	Kg/cm ²		SPT o Camp (I)nd. (R)im. (Mt)
	Absolute s.l.m.	Relative al p.c.								Pocket σ	Vane τ	
						suolo granulare;						
				0,50								
				1,00								
				1,50		ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa;						
				2,00		$\phi = 35^\circ$ $c_u = 0,00$ kPa $D_r = 0,55$ $\gamma = 18,00$ kN/mc $\gamma_s = 8,00$ kN/mc $E = 70,00$ MPa						
				2,40								
				2,50		limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;						
				3,00		$\phi = 28^\circ$ $\phi_v = 0^\circ$ $c_u = 65,00$ kPa $D_r = 0,40$ $\gamma = 19,50$ kN/mc $E = 10,00$ MPa $\nu = 0,30$						
				3,40								
				3,50		ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa debolmente argillosa;						
				4,00		$\phi =$ da 36° a $>45^\circ$ $c_u = 0,00$ kPa $D_r =$ da $0,60$ a $>0,80$ $\gamma =$ da $18,50$ kN/mc a $19,50$ kN/mc $E =$ da $80,00$ MPa a $150,00$ MPa						
				5,00								
				5,20								
				5,50								
				6,00								
				6,50								
				7,00								
				7,50								
				8,00								
				8,50								
				9,00								
				9,50								
				10,00								

<div><div>foligno</div><div></div></div>		Committente: O.M.A. S.p.a.				SONDAGGIO N. 07						
		Località: Aeroporto, Foligno				MAGGIO 2014						
		Opera: ampliamento attività produttiva				Scala 1:50						
Perforazione:				Φ iniz. mm Φ fin. mm		Operatore: Geostudi		GEOLOGO: DOTT. GEOL. FILIPPO GUIDOBALDI				
nv mm ϕ	Quote mt.		POTENZA STRATI	unità 1,0 mt		DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda mt	strum. instal.	rec. %	Kg/cm ²		SPT o Camp (I)nd. (R)im. (Mt)
	Absolute s.l.m.	Relative al p.c.								Pocket σ	Vane τ	
						suolo;						
				0,50								
				1,00		limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;						
				1,50		$\phi = 28^\circ \quad \phi_v = 0^\circ \quad c_u = 65,00 \text{ kPa} \quad D_r = 0,40$ $\gamma = 19,50 \text{ kN/mc} \quad E = 10,00 \text{ MPa} \quad \nu = 0,30$						
				2,00		ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso sabbiosa;						
				2,50		$\phi = 35^\circ \quad c_u = 0,00 \text{ kPa} \quad D_r = 0,55$ $\gamma = 18,00 \text{ kN/mc} \quad \gamma_s = 8,00 \text{ kN/mc} \quad E = 70,00 \text{ MPa}$						
				3,00								
				3,40		limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa;						
				3,60		$\phi = 28^\circ \quad \phi_v = 0^\circ \quad c_u = 65,00 \text{ kPa} \quad D_r = 0,40$ $\gamma = 19,50 \text{ kN/mc} \quad E = 10,00 \text{ MPa} \quad \nu = 0,30$						
				4,00		ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa, l'addensamento cresce con l'aumentare della profondità;						
				4,50								
				5,00		$\phi = \text{da } 36^\circ \text{ a } > 45^\circ \quad c_u = 0,00 \text{ kPa}$ $D_r = \text{da } 0,60 \text{ a } > 0,80$ $\gamma = \text{da } 18,50 \text{ kN/mc a } 19,50 \text{ kN/mc}$ $E = \text{da } 80,00 \text{ Mpa a } 150,00 \text{ MPa}$						
				5,50								
				6,00								
				6,50								
				7,00								
				7,50								
				8,00								
				8,50								
				9,00								
				9,50								
				10,00								

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE TIPICHE DEI MATERIALI

Per ricavare i dati fisico-meccanici dalle prove penetrometriche dinamiche pesanti si sono utilizzate le correlazioni normalmente in uso come quella proposta dal Cestelli Guidi in Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni.

Per una ulteriore stima, più cautelativa, dell'angolo di attrito interno dei materiali a prevalente comportamento granulare si è utilizzata la seguente relazione:

$$\phi = \sqrt{15 \cdot N_{spt}} + 15 \quad (\text{ROAD BRIDGE SPECIFICATION - RBS})$$

I dati riscontrati sono i seguenti, integrati con il valore del peso di volume dedotto o da prove di laboratorio su materiali analoghi o dalla letteratura.

LITOLOGIA : limo sabbioso moderatamente addensato con ghiaia dispersa
CARATTERIZZAZIONE TRAMITE PROVA : penetrometrica dinamica pesante
CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE
 ϕ_u = angolo di attrito interno = 0
 c_u = coesione non drenata = 65,00 KPa
 ϕ' = angolo di attrito interno eff. = 28°
Dr = densità relativa = 0,40
 γ = peso di volume (associato) = 19,50 kN/mc
E = modulo elastico = 10,00 MPa
 ν = modulo di Poisson's = 0,30

LITOLOGIA : ghiaia grossolana da addensata a molto addensata in matrice limosa debolmente argillosa
CARATTERIZZAZIONE TRAMITE PROVA : penetrometrica dinamica pesante
CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE
 ϕ = angolo di attrito interno = da 36 a > 45°
Dr = densità relativa da 0,60 a > 0,80
 c_u = coesione non drenata = 0 KPa
 γ = peso di volume associato = da 18,50 kN/mc a 19,50 kN/mc
E = modulo elastico = da 80,00 MPa a 150,00 MPa

LITOLOGIA : ghiaia fine moderatamente addensata in abbondante matrice limoso-sabbiosa

CARATTERIZZAZIONE TRAMITE PROVA : penetrometrica dinamica pesante

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

ϕ = angolo di attrito interno = 35°

D_r = densità relativa da 0,55

c_u = coesione non drenata = 0 KPa

γ = peso di volume associato = da 18,00

E = modulo elastico = 70,00 MPa

LITOLOGIA : argilla limoso-sabbiosa moderatamente consistente

CARATTERIZZAZIONE TRAMITE PROVA : penetrometrica dinamica pesante

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

ϕ_u = angolo di attrito interno = 0°

c_u = coesione non drenata = 32,00 KPa

ϕ' = angolo di attrito interno eff. (associato) = 28°

I_c = indice di consistenza = 0,30

γ = peso di volume (associato) = 18,50 kN/mc

γ = peso di volume saturo (associato) = 21,50 kN/mc

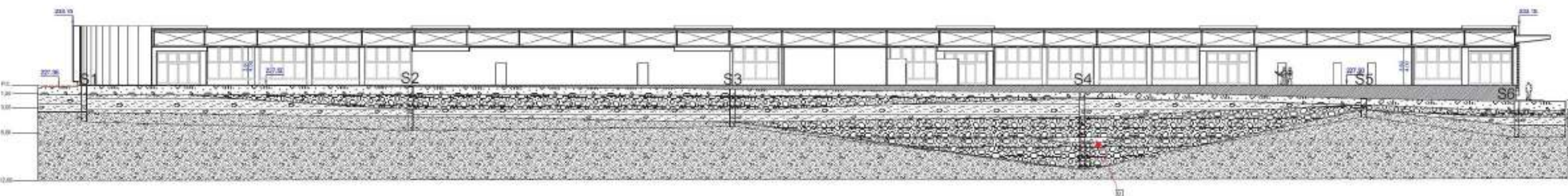
E = modulo elastico = 2,00 MPa

ν = modulo di Poisson's = 0,20

Sulla base delle stratigrafie ottenute e delle indagini sismiche è stato redatto il modello geotecnico di seguito riportato

MODELLO GEOTECNICO

SCALA 1:500



Legenda

A

suolo prevalentemente granulare

C

limo sabbioso moderatamente addensato
con ghiaia dispersa

$\phi' = 28^\circ$
 $c_u = 65,00 \text{ kPa}$
 $Dr = 0,40$
 $\gamma = 19,50 \text{ kN/mc}$
 $E = 10,00 \text{ MPa}$

$\phi = 0$
 $v = 0,30$

E

ghiaia grossolana da addensata a molto
addensata. L'addensamento cresce con
l'aumento della profondità

$\phi = \text{da } 35^\circ \text{ a } > 45^\circ$
 $c_u = 0 \text{ kPa}$
 $Dr = \text{da } 0,8 \text{ a } > 0,8$
 $\gamma = \text{da } 18,50 \text{ a } 19,50 \text{ kN/mc}$
 $E = \text{da } 80,00 \text{ a } 150,00 \text{ MPa}$

B

ghiaia fine moderatamente addensata in
abbondante matrice limoso sabbiosa

$\phi = 35^\circ$
 $c_u = 0 \text{ kPa}$
 $Dr > 0,65$
 $\gamma > 18,00 \text{ kN/mc}$
 $E = 70,00 \text{ MPa}$

D

argilla limoso-sabbiosa moderatamente
consistente

$\phi' = 28^\circ$
 $c_u = 32,00 \text{ kPa}$
 $I_p = 0,30$
 $\gamma = 18,50 \text{ kN/mc}$
 $E = 2,00 \text{ MPa}$

$\phi = 0$

$\gamma_s = 21,50 \text{ kN/mc}$
 $v = 0,20$

PROBLEMATICHE DI CARATTERE GEOLOGICO E GEOTECNICO

I progettisti, in relazione alla situazione litostratigrafica e geotecnica riscontrata nel sito in cui si prevede di realizzare l'intervento, potranno valutare le opere fondali più idonee tenendo conto delle considerazioni di seguito svolte:

OPERE FONDALI

Lo studio esecutivo ha confermato la presenza di eteropie laterali nella zona di presumibile imposta di eventuali opere fondali di tipo diretto.

Tale situazione espone alla possibilità di cedimenti differenziali tra le diverse zone dell'intervento, per cui si consiglia di valutare l'opportunità di utilizzare fondazioni indirette tramite pali attestate nelle ghiaie addensate.

In alternativa si potrà valutare la possibilità di separare le diverse porzioni di fabbricato tramite giunti tecnici.

RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

Per quanto attiene il rischio di liquefazione in fase sismica, una prima indicativa analisi è possibile utilizzare il criterio empirico qualitativo o semi-quantitativo di *Youd e Perkins* che fornisce un'indicazione del grado di vulnerabilità del deposito.

Tale metodo si basa sulla *tipologia del deposito sedimentario, profondità della falda ed età del deposito* in esame.

Ad ognuno di queste caratteristiche viene fornito un valore diagrammato in tabelle, il prodotto dei valori ricavati dalle tabelle fornisce un numero corrispondente alla suscettibilità a liquefazione per il deposito in esame.

TAB. A

<u>Tipologia deposito sedimentario</u>	<u>punteggio</u>
Canale fluviale	100
Piana di esondazione	80
Piana e conoide alluvionale	50
Delta emerso	80
Lacustre	80
Terreno residuale	20
Riporto compattato	20

Nel nostro caso, trattandosi di depositi fluvio-lacustri si possono considerare come depositi di piana alluvionale e quindi si avrà un valore della tabella A pari a **50**.

TAB. B

<u>Profondità della falda</u>	<u>punteggio</u>
< 9m	1.00
Tra 9 e 15m	0.40
>15m	0.10

In questa tabella il valore da utilizzare è pari a **0,40** dato che la stessa si pone ad una profondità media di circa 11,00 m con possibili abbassamenti fino ai 18,00 m.

TAB. C

<u>Età</u>	<u>Punteggio</u>
<500 anni	1.00
Olocenica	0.60
Pleistocenica	0.40
Pre-Pleistocenica	0.10

L'età dei sedimenti superficiali è olocenica e quindi si può attribuire un valore della tabella C di **0,60**.

Ricapitolando si avrà:

$$(\text{Tab A}) 50 \times (\text{Tab B}) 0,40 \times (\text{Tab C}) 0,60 = 12$$

Questo valore consente di entrare nella successiva tabella:

TAB. D

Punteggio totale	Probabilità di liquefazione
< 10	Molto bassa
10 – 20	Bassa
20 – 50	Moderata
50 – 80	Alta
> 80	Molto alta

Ne consegue che per il deposito in esame risulta una probabilità alla liquefazione **bassa prossima a molto bassa**.

In relazione al fatto che la metodologia utilizzata , di tipo speditivo, non tiene conto della granulometria dei depositi, in questo caso molto grossolani, si ritiene di poter escludere il rischio liquefazione in fase sismica.

CONCLUSIONI

Sulla base delle considerazioni precedentemente esposte si ritiene che l'area in oggetto presenti condizioni geologiche e geomorfologiche sufficientemente favorevoli per la realizzazione di quanto in progetto.

I progettisti in relazione alla situazione litostratigrafica e geotecnica riscontrata nel sito in cui si prevede di realizzare l'intervento potranno valutare le opere fondali più idonee all'intervento tenendo conto che lo studio esecutivo ha confermato la presenza di eteropie laterali nella zona di presumibile imposta di eventuali opere fondali si tipo diretto.

Tale situazione espone alla possibilità di cedimenti differenziali tra le diverse zone dell'intervento, per cui si consiglia di valutare l'opportunità di utilizzare fondazioni indirette tramite pali attestare nelle ghiaie addensate.

In alternativa si potrà valutare la possibilità di separare le diverse sezioni del fabbricato.

Per quanto attiene il rischio di liquefazione in fase sismica, una prima indicativa analisi ha mostrato per il deposito in esame una probabilità alla liquefazione **bassa prossima a molto bassa**.

In relazione al fatto che la metodologia utilizzata, di tipo speditivo, non tiene conto della granulometria dei depositi, in questo caso molto grossolani, si ritiene di poter escludere il rischio liquefazione in fase sismica.

Dall'analisi del quadro morfologico le caratteristiche dell'area permettono di inserirla, per l'analisi della risposta sismica locale ai sensi del D.M. 14.01.2008, nella **categoria topografica T1**.

Ai fini della determinazione della categoria di suolo di fondazione si fa riferimento all'indagine sismica che ha permesso di ricavare il parametro Vs30 che associabile ad un suolo di categoria B.

Dal confronto tra lo spettro di risposta "normalizzato" ottenuto dalla modellazione e lo spettro di normativa associato alla categoria di sottosuolo tipo B, risulta che, per periodi superiori a 0.28 secondi (per altezze di edifici da circa 5 m in poi), lo spettro di risposta sismica di modellazione risulta "più cautelativo" rispetto ad uno spettro B di normativa.

Per periodi della struttura compresi tra 0 e 0.28 secondi (corrispondenti ad edifici di altezza inferiore ai 5 m circa), il valore della pseudo accelerazione (asse delle ordinate) si colloca sopra lo spettro B di normativa.

Si resta a disposizione per ulteriori chiarimenti.

Dott. Geol. Filippo GUIDOBALDI

