

COMUNE DI URGNANO



COMPONENTE SISMICA
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

INDICE

1. Premessa	2
2. Terremoto di riferimento (imput sismico)	3
3. Analisi di primo livello	7
3.1. Metodologia analisi di primo livello	7
3.2. Risultati analisi di primo livello	8
4. Analisi di secondo livello	12
4.1. Metodologia analisi di secondo livello	12
4.2. Risultati analisi di secondo livello	17
4.2.1. Verifica di secondo livello - effetti litologici	17
5. Prescrizioni	20

Proprietà degli elaborati

Gli elaborati dello studio resteranno di proprietà piena ed assoluta dell'Amministrazione comunale, fatti salvi i diritti d'autore (proprietà intellettuale – D.P.R. 184 del 12/04/2006) del Professionista.

18 Giugno 2008

Dott. Geol. Carlo Pedrali
O.G.L. 860

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Urganò (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

1. PREMESSA

La D.G.R. n. 8/1566 del 22 dicembre 2005 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 comma 1 della l.r. dell’11/03/2005 n.12”, e la più recente D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 stabiliscono l’indispensabilità, per i Comuni di dotarsi di uno studio geologico che affronti tutti gli aspetti legati al territorio.

Per i comuni già dotati di studio geologico ai sensi della ex-l.r. 41/97, come per il caso in questione, la delibera regionale sopra citata, prevede l’esclusiva valutazione della pericolosità sismica locale ad integrazione dello studio esistente.

La metodologia proposta nell’Allegato 5 delle delibere regionali sopracitate consente di affrontare una prima valutazione degli effetti di sito e della amplificazione sismica locale.

Sono previsti tre livelli di studio a crescente grado di approfondimento, si passa rispettivamente dal 1° livello, dove ci si limita all’individuazione delle aree potenzialmente sensibili dal punto di vista dell’aspetto sismico, al 2° e 3° livello, dove viene effettuata una valutazione dell’effetto di amplificazione sismica sulle aree sensibili individuate nella prima fase d’indagine (risposta sismica locale) rispettivamente di tipo semi-quantitativo per il secondo livello e di tipo quantitativo per il terzo.

Per effettuare l’analisi di **primo** livello si è partiti dalle informazioni raccolte nello studio geologico esistente opportunamente integrate con i dati bibliografici più recenti.

Le successive analisi di **secondo** livello hanno riguardato le **aree edificate o di prossima edificazione** del territorio comunale identificate come aree potenzialmente instabili per effetto di un input sismico oppure stabili, ma soggette a possibili fenomeni di amplificazione topografica e morfologica tali da indurre danni agli edifici esistenti.

La componente sismica redatta ai sensi della normativa regionale costituisce, nel suo complesso, una parte importante del Piano di Governo del Territorio, in particolare:

- l’intero studio dovrà essere inserito, assieme alla Componente geologica redatta ai sensi della L.R. 41/97, nel “**Documento di Piano**” che ha lo scopo di contenere tutti gli elementi conoscitivi del territorio comunale;
- la parte di studio che contiene le fasi di sintesi/valutazione e quella di proposta, dovrà essere inserita, assieme alle prescrizioni contenute nella Componente Geologica redatta ai sensi della L.R. 41/97, nel “**Piano delle Regole**” che ha il compito, una volta individuate le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, d’individuare le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate.

Lo studio in questione rappresenta quindi il punto di partenza per gli eventuali e successivi aggiornamenti che sarà necessario attuare ogni qual volta saranno individuate nuove aree di espansione urbanistica residenziali e non. Esso rappresenta una prima valutazione della **pericolosità sismica locale** che è uno dei tre fattori indispensabili per la valutazione del **rischio sismico**.

$$\text{Rischio} = \text{esposizione} * (\text{pericolosità} * \text{vulnerabilità})$$

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell’Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Urganò (Bergamo)

Analisi della pericolosità sismica locale

ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

2. TERREMOTO DI RIFERIMENTO (INPUT SISMICO)

Per effettuare valutazioni relativamente agli effetti indotti da un sisma in un'area, occorre ipotizzare il verificarsi di un evento sismico con caratteristiche tali da essere statisticamente rappresentativo di quanto si è verificato in passato nell'area e nell'immediato intorno, occorre pertanto individuare il cosiddetto "terremoto di riferimento".

Di seguito si allega un estratto dal Catalogo dei principali eventi sismici verificatisi in bergamasca e nelle vicinanze (fino a 100 km di distanza da Urgnano,) a partire dal 217 a.C. fino al 2002 d.C.

Estratto dal Catalogo degli eventi sismici CPT104, maggio 2004 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani; <http://emidius.mi.ingv.it/CPT104/>)

Legenda

Codice CPT104	descrizione	contenuto	Codice CPT199	descrizione
N	numero d'ordine del record		N	numero d'ordine del record
Tr	tipo di record	DI: parametri calcolati da dati di base macrosismici; CP: parametri adottati da cataloghi parametrici	Tr	tipo di record
Anno	tempo origine: anno		Anno	tempo origine: anno
Me	tempo origine: mese		Me	tempo origine: mese
Gi	tempo origine: giorno		Gi	tempo origine: giorno
Or	tempo origine: ora		Or	tempo origine: ora
Mi	tempo origine: minuto		Mi	tempo origine: minuto
Se	tempo origine: secondo		Se	tempo origine: secondo
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti		AE	denominazione dell'area dei massimi effetti
Rt	codice dell'elaborato di riferimento	vedi tabella 1	Rt	codice dell'elaborato di riferimento
Np	numero dei dati puntuali di intensità disponibili		Np	numero dei dati puntuali di intensità disponibili
Imx	intensità massima x 10 (scala MCS)		Imx	intensità massima x 10 (scala MCS)
Io	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)		Io	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)
TI	codice di determinazione di Io	M: valore assegnato manualmente	TI	codice di determinazione di Io
Lat	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali		Lat	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali
Lon	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali		Lon	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali
TL	codice di localizzazione	A: localizzazione macrosismica automatica M: localizzazione macrosismica manuale S: localizzazione strumentale	TL	codice di localizzazione
--			Me	Magnitudo equivalente
--			De	Errore associato alla stima di Me
--			Mm	Magnitudo macrosismica (calibrata a Ms)
--			Dm	Errore associato alla stima di Mm
--			Tm	Codice di determinazione di Mm
--			Ms	magnitudo calcolata sulle onde di superficie
--			Ds	errore associato alla stima di Ms
--			Ts	codice di determinazione di Ms
Maw	Magnitudo momento		--	
Daw	Errore associato alla stima di Maw		--	
TW	codice di determinazione di Maw	O: valore osservato	--	
Mas	Magnitudo calcolata sulle onde di superficie	fino al 1980 coincide con Ma di CPT199	Ma	Magnitudo media (calibrata a Ms)
Das	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPT199	Da	Errore associato alla stima di Ma
TS	Codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea	En: valore per il calcolo del quale è stata usata la relazione Io/Mm di Azzaro e Barbano (1997)	--	
Msp	Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)	per Ms>5.5: Msp=Ms per Ms≤5.5: Msp=(Ms+0.584)/1.079	--	
Dsp	Errore associato alla stima di Msp		--	
ZS9	Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato		--	
TZ	Codice di assegnazione alla zona sorgente	G: assegnazione geografica A: assegnazione ponderata cautelativa	--	
Ncft	Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2		Ncft	Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2
Nnt	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1		Nnt	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1
Ncpt	Numero d'ordine dei record nel catalogo CPT199		--	

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
27	DI	1065	3	27	6			Brescia	CFTI	6	80	70	M	45,55	10,22	A	5,17	0,3		4,8	0,45		4,99	0,42	907	G	90	248	27
43	DI	1197						Brescia	CFTI	8	65	65		45,55	10,22	A	5,03	0,33		4,6	0,49		4,8	0,45	907	G	107		43
47	DI	1222	12	25	11			Basso bresciano	CFTI	40	90	85	M	45,48	10,68	A	6,05	0,13		6,05	0,13		6,05	0,13	906	G	109	249	47
59	DI	1276	7	28	18	30		Italia settent.	CFTI	10	55	60	M	45,08	9,55	A	5,11	0,12		4,71	0,18		4,91	0,17	911	G	119	516	59
74	DI	1303	3	22	23			PIACENZA	DOM	1	55	55		45,052	9,993	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19	911	G		517	74
113	DI	1383	7	24	20			PARMA	DOM	7	55	55		45,058	9,915	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19	911	A		597	113
121	DI	1396	11	26				Monza	CFTI	2	75	75		45,58	9,27	A	5,37	0,3		5,1	0,45		5,27	0,42	907	A	168	281	121
144	DI	1438	6	11	20			Parmense	CFTI	12	80	80		44,85	10,23	A	5,62	0,17		5,47	0,26		5,61	0,26	913	G	181	599	144
159	DI	1465	4	6	21	30		VERONA	DOM	11	55	55		45,12	10,661	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19			238	159	
165	DI	1471						BRESCIA	DOM	1	55	55		45,544	10,214	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19	907	G		250	165
212	CP	1512	2	8				CHIAVENNA	VGL91		60	60		46,3	9,367	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36			2008	212	
219	DI	1521	1	26	10	30		BRESCIANO	DOM	1	60	60		45,55	10,217	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	907	G		251	219
221	DI	1522	10	5	8			CREMONA	DOM	7	55	55		45,136	10,024	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19			2011	221	
235	CP	1540	9	1				BRESCIA	POS85		60	60		45,533	10,217	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	907	G		252	235
271	CP	1576	9	26	6			BERGAMO	POS85		60	60		45,667	9,667	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	907	G		282	271
284	DI	1593	3	8				BERGAMO	DOM	1	65	65		45,694	9,67	A	5,03	0,33		4,6	0,49		4,8	0,45	907	G		283	284
302	DI	1606	8	22				BERGAMO	DOM	1	65	65		45,694	9,67	A	5,03	0,33		4,6	0,49		4,8	0,45	907	G		284	302
322	CP	1623	2	20				CHIESA	VGL91		60	60		46,3	9,767	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	903	G		2014	322
346	DI	1642	6	13	22			BERGAMO	DOM	1	65	65		45,694	9,67	A	5,03	0,33		4,6	0,49		4,8	0,45	907	G		285	346
365	DI	1661	3	12				Montecchio	CFTI	8	75	70		45,73	10,07	A	5,17	0,3		4,8	0,45		4,99	0,42	907	G	261	286	365
411	DI	1693	7	6	9	15		GOITO	DOM	13	70	70		45,28	10,644	A	5,27	0,14		4,95	0,21		5,13	0,19	906	G		254	411
511	DI	1738	11	5	30			PARMA	DOM	10	70	70		44,906	10,028	A	5,4	0,2		5,15	0,3		5,31	0,28	913	G		612	511
583	CP	1771	8	15				SARNICO	POS85		60	60		45,667	10	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	907	G		287	583
620	DI	1781	9	10				CARAVAGGIO	DOM	1	65	65		45,497	9,644	A	5,03	0,33		4,6	0,49		4,8	0,45	907	G		288	620
631	DI	1783	7	28				VAL DI LEDRO	DOM	4	65	65		45,878	10,808	A	5,03	0,33		4,6	0,49		4,8	0,45	906	G		255	631
647	DI	1786	4	7				PIACENZA	DOM	8	70	65		45,298	9,595	A	5,31	0,16		5,01	0,24		5,18	0,22	911	A		522	647
686	DI	1799	5	29	19			CASTENEOLO	DOM	12	65	65		45,403	10,271	A	5,06	0,18		4,64	0,27		4,84	0,25	906	G		256	686
694	DI	1802	5	12	9	30		Valle dell'Oglio	CFTI	66	85	80		45,42	9,85	A	5,67	0,09		5,54	0,13		5,54	0,13	907	G	355	289	694
714	DI	1810	5	1				MALCESINE	DOM	1	60	60		45,764	10,809	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	906	G		257	714
761	DI	1826	6	24	12	15		SALO'	DOM	19	55	55		45,6	10,517	M	4,74	0,11		4,16	0,17		4,4	0,16	906	G		258	761
780	DI	1829	9	6	19	30		CREMONA	DOM	2	65	65		45,136	10,024	A	5,03	0,33		4,6	0,49		4,8	0,45			2034	780	
827	CP	1839	8	9	8	45		BAGNOLO MELLA	POS85		60	60		45,5	10,167	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	907	G		259	827
877	DI	1851	8	3				GIUDICARIE	DOM	15	60	60		45,938	10,561	A	4,96	0,17		4,49	0,26		4,7	0,24			260	877	
882	CP	1852	7	29	12	40		PIZ BERNINA	VGL91		60	60		46,417	9,85	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	903	G		360	882
950	DI	1866	8	11	23			MONT BALDO	DOM	33	70	70		45,727	10,783	A	5,17	0,3		4,8	0,45		4,99	0,42	906	G		261	950
956	DI	1868	2	20	20			GARDA OR.	DOM	3	65	60		45,709	10,774	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	906	G		262	956
957	DI	1868	5	22	21			ROVERETO	DOM	8	55	55		45,888	10,869	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19			241	957	
1005	DI	1876	4	29	10	49		Monte Baldo	CFTI	25	75	70		45,75	10,78	A	4,99	0,13		4,53	0,19		4,74	0,18	906	G	424	263	1005
1021	DI	1877	10	1	7	27		MALCESINE	DOM	4	70	65		45,764	10,809	A	5,03	0,33		4,6	0,49		4,8	0,45	906	G		264	1021
1040	DI	1879	2	14				GARGNANO	DOM	6	55	55		45,607	10,536	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19	906	G		265	1040
1076	DI	1882	2	27	6	30		ROVETTA	DOM	37	65	65		45,878	9,926	A	4,96	0,13		4,49	0,2		4,7	0,19	907	A		290	1076
1082	DI	1882	9	18	19	25		Monte Baldo	CFTI	7	70	70		45,72	10,77	A	5,17	0,3		4,8	0,45		4,99	0,42	906	G	433	1082	
1099	DI	1884	9	12				PONTOGLIO	DOM	24	60	60		45,57	9,856	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	907	G		291	1099
1103	DI	1885	2	26	20	48		SCANDIANO	DOM	78	60	60		45,208	10,169	A	5,22	0,1		4,88	0,15		5,06	0,14			622	1103	
1131	CP	1887	5	20	4	12		OGGIONO	POS85		55	55		45,833	9,4	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19			301	1131	
1171	DI	1891	6	15				PESCHIERA	DOM	35	60	60		45,43	10,767	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	906	G		266	1171
1180	DI	1891	12	22				SONDRIO	DOM	7	55	55		46,139	9,829	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19	903	A		2050	1180
1181	DI	1892	1	5				GARDA OCC.	DOM	100	75	65		45,591	10,482	A	4,96	0,12		4,49	0,18		4,7	0,17	906	G		267	1181
1217	DI	1894	11	27				FRANCIACORTA	DOM	168	65	65		45,568	10,192	A	4,95	0,08		4,48	0,12		4,69	0,11	907	G		292	1217
1241	CP	1895	10	12	1	45		M. ALTISSIMO NAGO	POS85		60	60		45,767	10,833	A	4,83	0,26		4,3	0,39		4,53	0,36	906	G		268	1241
1245	CP	1895	11	2	6	30		SOLMA LOMBARDO	POS85		55	55		45,667	8,75	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19			2057	1245	
1305	DI	1898	11	16				SALO'	DOM	23	60	55		45,636	10,458	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19	906	G		269	1305
1353	DI	1901	10	30	14	49	58	Salò	CFTI	191	80	80		45,58	10,5	A	5,67	0,07		5,55	0,11		5,55	0,11	906	G	457	270	1353
1523	CP	1910	1	23	1	50		PONTE DELL'OLIO	POS85		55	55		44,9	9,633	A	4,63	0,13		4	0,2		4,25	0,19	911	G		525	1523
1664	CP	1918	1	13	12			LODI	POS85		45	45		45,333	9,5	A	4,86	0,14		4,34	0,21		4,56	0,19	911	A		2086	1664
1672	DI	1918	4	24	14	21		LECCESE	DOM	34	60	60		45,778	9,631	A	5,07	0,07		4,66	0,11		4,66	0,11	907	A		293	1672
1674	DI	1918																											

Fisicamente un evento sismico, viene rappresentato mediante grafici che prendono il nome di spettro di risposta o di accelerogramma, essi rappresentano l'oscillazione del suolo in ampiezza, frequenza e durata dell'evento sismico riferito al substrato roccioso.

L'individuazione del **terremoto di riferimento** è già stata effettuata dal Politecnico di Milano (p.c. della Regione Lombardia) per tutti i comuni della Lombardia. Per il territorio di Urganano si può fare riferimento alla banca dati regionale per acquisire gli accelerogrammi relativi all'evento significativo per il territorio comunale in questione e con vari tempi di ritorno.

Nella banca dati regionale sono disponibili rispettivamente:

- 6 accelerogrammi sintetici relativi ad eventi caratterizzati da un periodo di ritorno di 475 anni e riferiti alla categoria di suolo tipo A (bedrock o bedrock-like). Essi sono compatibili con il valore di a_{max} atteso nell'area. Si tratta di eventi di magnitudo compresa tra 5,5 e 6,5 localizzati a diversa distanza;
- 6 accelerogrammi sintetici relativi ad eventi caratterizzati da un periodo di ritorno di 975 anni, riferiti alla categoria di suolo tipo A e compatibili con il valore di a_{max} atteso nell'area. Si tratta di eventi di ma magnitudo compresa tra 5,5 e 6,5 localizzati a diversa distanza;
- i valori di soglia (**S**) relativi ad ogni comune lombardo valutati, rispetto allo spettro di norma, per i due intervalli di periodo fondamentale rappresentativi delle tipologie costruttive più diffuse nella regione (0,1-0,5sec e 0,5-1,5sec) e per ogni categoria di sottosuolo. Essi sono contenuti nel file **soglie_lomb.xls**. Tali valori di soglia devono essere confrontati con il valore del Fattore di Amplificazione (FA) determinato effettuando l'analisi di secondo livello o di terzo livello;
- i valori (vedi il file: curve_lomb.xls) tratti dalla bibliografia disponibile per vari tipi di terreno, del modulo di taglio normalizzato (G/G_0) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione dell'entità della deformazione (γ);

Un evento sismico può indurre effetti collaterali (**fenomeni cosismici**) quali: frane, crolli, liquefazioni e fenomeni di amplificazione sismica locale.

I **fenomeni di amplificazione sismica (effetti di sito – definizione risposta sismica locale)** sono generati dall'interazione delle onde sismiche con la situazione morfologico-litologico-stratigrafica locale. Durante la propagazione della sollecitazione dinamica dal "bedrock" verso la superficie, si verificano una serie di modifiche del moto sismico originario (terremoto di riferimento – input sismico in corrispondenza del bedrock), in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza. Tali modificazioni inducono talora effetti di superficie tali da risultare inaspettatamente più elevati rispetto all'energia rilasciata alla sorgente (ipocentro). Tale fenomeno prende il nome di amplificazione sismica.

I fenomeni di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese in condizione di "far field".

E' possibile riconoscere **due tipologie** di amplificazione sismica, una legata alla conformazione topografica superficiale, l'altra alla sequenza litostratigrafia del sottosuolo:

- fenomeni di amplificazione sismica locale legati alla topografia: si verificano in terreni stabili

quando sono presenti morfologie superficiali più o meno articolate (in presenza di rilievi) e/o irregolarità topografiche in generale. Queste particolari condizioni geometriche favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in corrispondenza della superficie topografica a causa di fenomeni di riflessione in corrispondenza della superficie libera e dell'interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; il tutto determina la conseguente amplificazione degli effetti. Tali condizioni si verificano in corrispondenza di: creste, crinali o scarpate morfologiche;

- fenomeni di amplificazione sismica locale legati alla litologia: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia, etc..) oppure particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con forti contrasti di impedenza ($\rho \cdot V_s$) e marcate differenze di proprietà meccaniche tra bedrock e terreni soprastanti.

Si possono generare fenomeni d'intrappolamento delle onde all'interno del deposito con esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse in superficie (**amplificazione**); oltre a questo fenomeno si possono verificare anche fenomeni di **doppia risonanza** a causa della similitudine tra il periodo del moto sismico incidente ed il periodo fondamentale di vibrazione del terreno e delle strutture presenti in superficie.

3. ANALISI DI PRIMO LIVELLO

3.1. Metodologia analisi di primo livello

La verifica di **1° livello** consiste nell'esaminare dal punto di vista geo-litologico, geomorfologico e geotecnico il territorio comunale, consultando la cartografia e la documentazione bibliografica esistente.

La scopo è quello accertare l'esistenza o meno di scenari quali quelli riassunti nella sottostante tabella (tabella n.2) allegata alla normativa ed attribuire alle zone così individuate, sia che si tratti di zone potenzialmente soggette a fenomeni d'instabilità oppure che si tratti di zone soggette a fenomeni di amplificazione sismica locale, individuando così il relativo scenario di pericolosità sismica.

<i>Sigla</i>	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella n.2 Scenari di pericolosità sismica locale

Per ogni scenario di pericolosità sismica locale così individuato (tabella n.2) la normativa regionale prevede la sua ubicazione e delimitazione sulla carta di pericolosità sismica locale (PSL, vedi tavola 1, estesa a tutto il territorio comunale), e il confronto con la Carta di Fattibilità per le Azioni di Piano esistente (vedi tavola 9 della Componente geologica ai sensi della ex-L.R.41/97).

La carta della pericolosità sismica locale così redatta, rappresenta il punto di partenza attuale e futuro per le analisi di livello superiore.

L'identificazione degli scenari consente di definire per ogni area identificata, la relativa classe di pericolosità (vedi tabella n.3) e l'effettuazione del successivo livello d'indagine da effettuare nel caso di nuova edificazione.

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Classe H2
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	Classe H2- livello 3 di approfondimento
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Classe H2- livello 3 di approfondimento
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Classe H2- livello 2 di approfondimento
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Classe H2- livello 2 di approfondimento
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Classe H2- livello 3 di approfondimento

Tabella n.3 Classi di pericolosità relative agli scenari di pericolosità sismica locale.

3.2. Risultati analisi di primo livello

La carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL) del comune di Urganò, prodotta in scala 1:5000 (tavola n.1), individua e delimita le aree che possono essere sede di fenomeni d'instabilità sotto l'effetto dinamico di una scossa sismica oppure soggette ad effetti di amplificazione sismica per le quali si rende necessaria la verifica di secondo e/o di terzo livello.

Nell'ambito del territorio comunale sono stati individuati i seguenti scenari:

- **Zone Z2:** corrispondono alle aree dove sono presenti consistenti riporti di terreno che possono essere suscettibili di cedimenti-assessamenti in seguito ad un evento sismico. In corrispondenza del territorio di Urganò non sono state segnalate né individuate aree dove in passato sono state effettuate attività di scavo e di riporto di terreni.

In questo scenario sono comprese anche le zone potenzialmente soggette a fenomeni di liquefazione. Per tale fenomeno si riprende quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni D.M. 14/01/2008 al "Capitolo 7.11.3.4.2 *Esclusione della verifica a liquefazione*".

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (**condizioni di campo libero**) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 7.11.1.a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in figura 7.11.1.b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Quando le condizioni n.1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

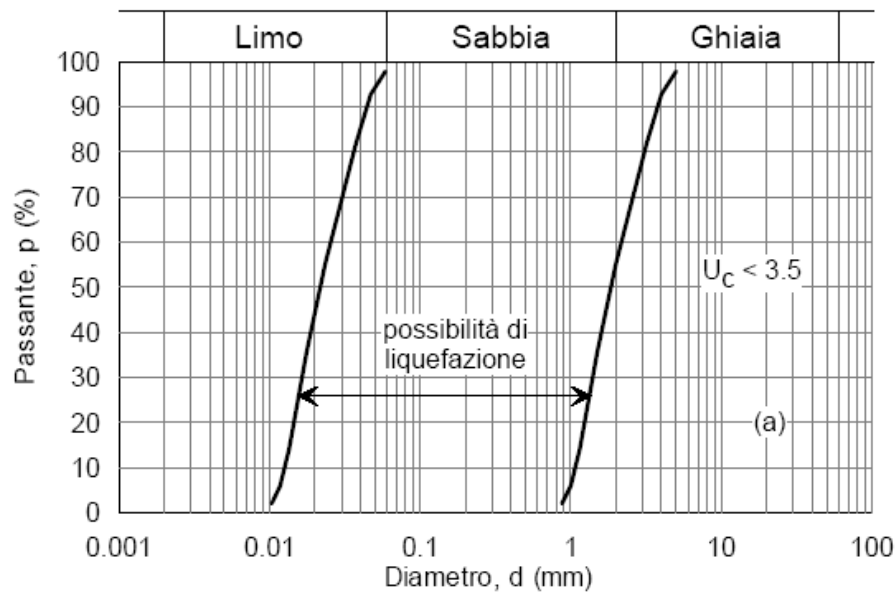


Figura n.1 (7.11.1.a)

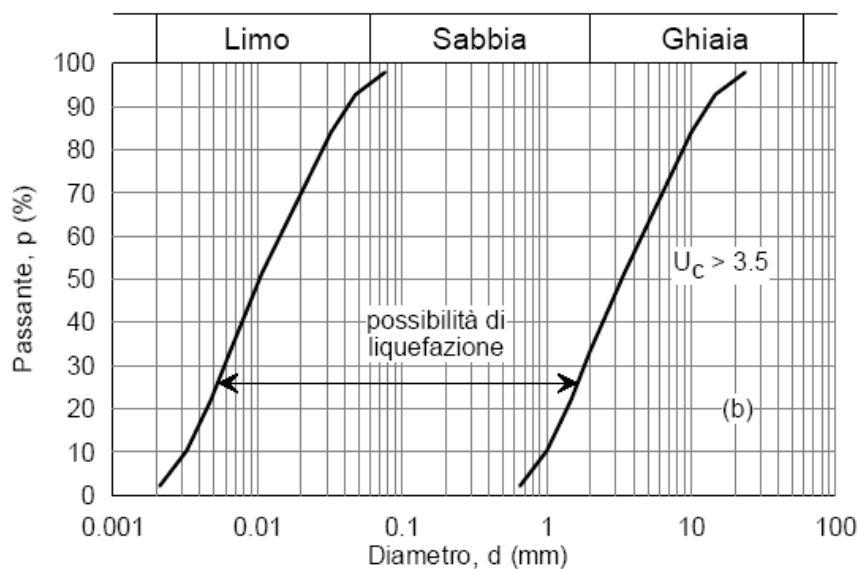


Figura n.2 (7.11.1.b)

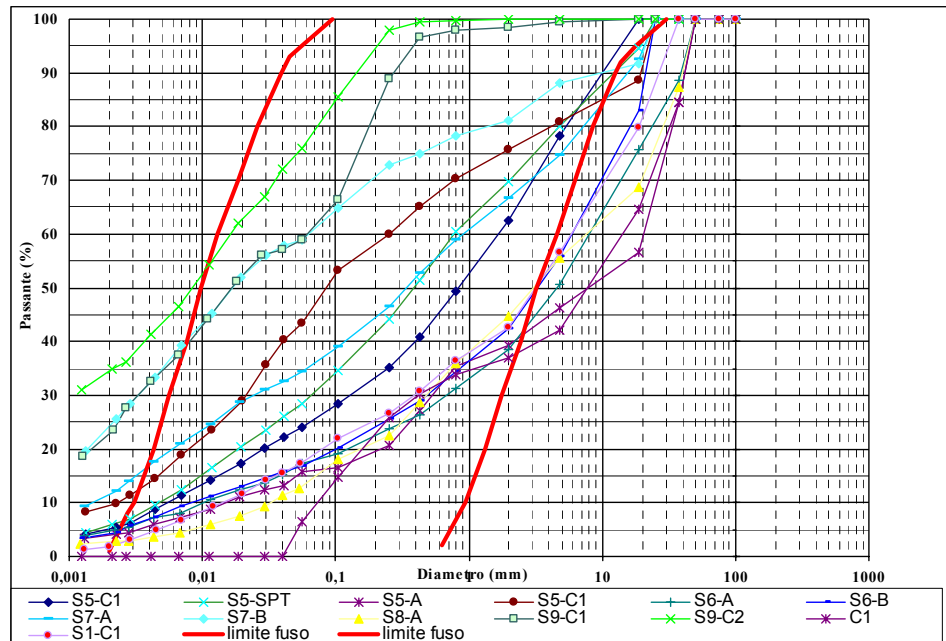


Figura n.3

Nel grafico sopra (figura n. 3) sono state riportate alcune curve granulometriche relative a campioni di terreno prelevati a diversa profondità in corrispondenza del territorio di Urgnano.

Quando nessuna delle condizioni sopra espone risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità alle quali sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista.

Per quanto riguarda il comune di Urgnano, se si esclude il fattore legato alle caratteristiche di magnitudo e di durata del sisma, da una prima analisi delle stratigrafie dei pozzi e dei sondaggi effettuati, le caratteristiche granulometriche dei terreni naturali presenti in sito sono tali da poter escludere su gran parte del territorio comunale, la possibilità dell'insorgenza del **fenomeno di liquefazione** indotto da una sollecitazione sismica (sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie). Infatti, in relazione a quanto disponibile dal punto di vista stratigrafico, nei terreni più superficiali indagati (entro i primi 15 metri), risultano pressoché assenti livelli di sabbie pulite di spessore superiore al metro, inoltre la superficie della falda appare, per gran parte del territorio comunale, situata ad una profondità media superiore ai 15 metri.

A partire dalla superficie, fino a raggiungere il limite di profondità sopra indicato, sono nettamente prevalenti: sabbie e ghiaie limose, sabbie con ghiaie, ghiaie con sabbie debol. limose con locali intercalazioni di limi sabbioso ghiaiosi.

Verifiche più accurate potrebbero risultare necessarie esclusivamente nella porzione meridionale del territorio comunale (a partire dal nucleo storico comunale verso sud) laddove la superficie della falda freatica è situata a meno di 15 metri e dove i terreni granulari superficiali saturi presentano spesso un ridotto grado di addensamento.

A titolo indicativo si allega di seguito la seguente tabella n. 4 riguardante la probabilità dell'instaurarsi di fenomeni di liquefazione:

Tipo deposito	Età del deposito			
	<500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Depositi Continentali				
Canali fluviali	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianure di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazzi marini	-----	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Molto bassa
Glaciali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tuff	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tephra	Alta	Alta	?	?
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Sebkha	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Zone costiere				
Deltaici	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Di estuario	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Di spiaggia con elevata energia delle onde	Moderata	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Di spiaggia con bassa energia delle onde	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lagunari	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Litorali	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Riempimenti artificiali				
Non compattati	Molto alta	-----	-----	-----
Compattati	Bassa	-----	-----	-----

Tabella n.4 Tratto da Formula Geo – Program Geo 2005 (Criterio di Youd e Perkins, 1978)

- **Zone Z4a:** tutto il territorio comunale appare ricadere in questo scenario per la costante presenza di depositi di origine alluvionale prevalentemente granulari corrispondenti al colmamento fluvio-glaciale e fluviale della pianura bergamasca;

Per le aree a pericolosità sismica locale (PSL) di tipo Z4 interferenti con l'urbanizzato e/o con aree di prevista espansione urbanistica, si è proceduto quindi, come indicato dalla normativa regionale (vedi Allegato 5), con il necessario approfondimento, effettuando analisi di secondo livello.

4. ANALISI DI SECONDO LIVELLO

4.1. Metodologia analisi di secondo livello

La procedura messa a punto dalla Regione Lombardia che verrà in seguito utilizzata, fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Occorre premettere che gli approfondimenti di 2° e 3° livello **non devono essere effettuati** in quelle aree che per situazione geologica, geomorfologica ed ambientale, o perché sottoposte a particolare vincolo normativo, siano già state considerate inedificabili (ricadono in **classe di fattibilità 4**).

Inoltre per le aree classificate a pericolosità sismica locale (PSL) Z1, Z2 e Z5 non è prevista l'analisi di 2° livello ma si passa direttamente all'analisi di 3° livello da attuarsi in fase progettuale.

Per quanto riguarda quindi le zone Z4a individuate, si è proceduto ad effettuare l'analisi di secondo livello.

I fattori di amplificazione (Fa) relativi agli effetti morfologici e litologici, sono stati determinati, per il territorio comunale di Urganò, attraverso l'impiego delle seguenti schede tipo opportunamente predisposte dal Politecnico di Milano (vedi allegato 5 alla normativa regionale) per conto della Regione Lombardia e di seguito allegate:

- scheda effetti litologici – Scenario Z4a - Litologia Ghiaiosa;
- scheda effetti litologici – Scenario Z4a - Litologia Limoso-Sabbiosa Tipo 2;
- scheda effetti litologici – Scenario Z4a - Litologia Limoso-Argillosa Tipo 2.

Per quanto riguarda l'appartenenza o meno a una scheda litologia piuttosto che ad un'altra, la scelta è stata effettuata in primo luogo sulla base della rispondenza della curva dei valori di Vs con la profondità riportata all'interno **campo di validità** del grafico presente sulla scheda, con l'andamento del valore della Vs (m/s) con la profondità determinato sperimentalmente e secondariamente, visto la carenza di dati bibliografici, confrontando le caratteristiche granulometriche dei campioni sottoposti ad analisi con quelle indicate dal fuso granulometrico della scheda.

Per quanto è stato possibile verificare, le curve granulometriche dei terreni presenti (entro i primi 10 -15 metri di profondità) nel territorio comunale ricadono prevalentemente all'interno del "fuso" della Litologia Ghiaiosa tipo.

La verifica di secondo livello consente, attraverso l'utilizzo delle schede sopracitate, una valutazione semiquantitativa del valore di amplificazione sismica atteso in corrispondenza del sito sottoposto a verifica (Z3 e Z4).

Il valore del fattore di amplificazione (F.A.), determinato mediante l'uso delle schede citate e approssimato alla prima cifra decimale (+0,1), viene confrontato in termini di contenuto energetico, con il **Valore di Soglia (S)** fornito dalla Regione Lombardia e calcolato dal Politecnico di Milano per ogni comune; ciò consente di poter valutare il grado di protezione che viene ottenuto utilizzando i parametri di progetto forniti dalla normativa nazionale per la zona sismica in questione (classificato in zona 3). L'approssimazione della valutazione dell'F.A.+0,1 è legata ad un certo grado di incertezza insito nella procedura di tipo semplificato adottata.

12

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Urganò (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

Il valore di soglia, fornito per tutte le “**categorie di sottosuolo**” identificate dalla normativa nazionale e relativamente ai due intervalli di vibrazione che sono tipici dei periodi di oscillazione delle tipologie edilizie più diffuse presenti in Lombardia ($0,1 \leq T \leq 0,5$ sec e $0,5 \leq T \leq 1,5$ sec) è riportato nelle sottostanti tabelle.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Urgnano	3	1,7	2,4	4,3	3,1

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Urgnano	3	1,5	1,9	2,3	2,0

Tabelle n.5. Valori di Soglia (2008) forniti dalla Regione Lombardia per il comune di Urgnano.

Tale **valore di soglia (S)** rappresenta quindi il numero limite oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficientemente cautelativo nei riguardi dell'amplificazione sismica realmente presente nel sito di studio.

Si possono presentare due situazioni:

- laddove il valore di F_a determinato tramite scheda, risulta **inferiore** al valore di soglia corrispondente, la spettro di normativa è da considerarsi sufficientemente cautelativo e tale da poter comprendere gli effetti di amplificazione sismica locale. Si applica quindi lo spettro previsto dalle norme sulle costruzioni per la categoria di sottosuolo individuato e si attribuisce all'area **classe di pericolosità sismica H1** ;
- laddove il valore di F_a determinato risulta **superiore** al valore di soglia corrispondente, lo spettro di normativa è da considerarsi insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale, quindi in fase di progettazione edilizia è necessario effettuare o analisi più approfondite di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro della norma (normativa nazionale) caratteristico della categoria di sottosuolo più scadente.).

Alla zona viene quindi attribuita la classe di pericolosità sismica H2 .

Lo spettro di norma più scadente da attribuire deve essere individuato scegliendo tra le diverse possibilità di seguito elencate:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente rispetto al fattore di amplificazione determinato, si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Al termine della fasi di analisi di secondo livello, in relazione ai risultati ottenuti dalle verifiche, ai siti campione scelti fra quelli individuati sulla carta di pericolosità sismica locale (tavola n.1), viene attribuito un grado di pericolosità sismica (tabella n.3) e la zona indagata viene individuata sulla Carta del grado di pericolosità (tavola n.2).

Per intervalli di periodo diversi da quelli considerati, sono necessarie indagini più specifiche.

13

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

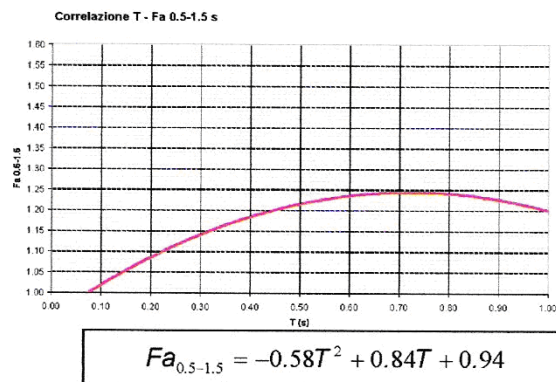
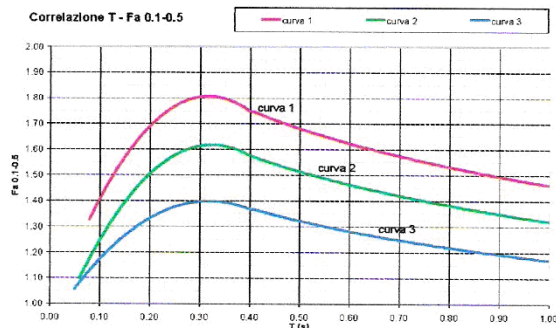
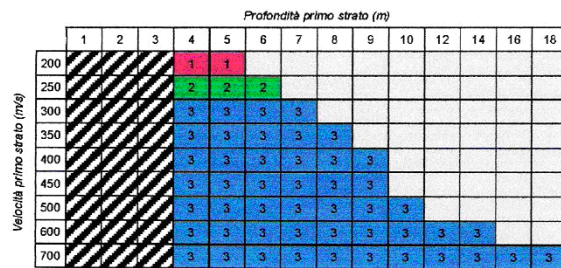
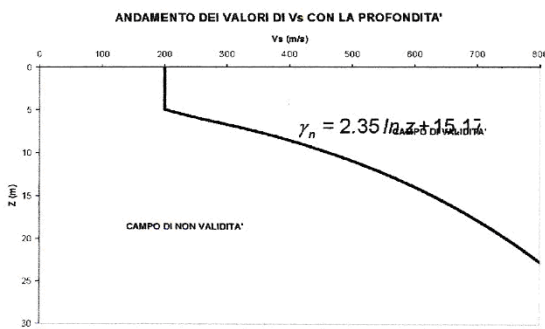
Comune di Urgnano (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

SCHEDA EFFETTI LITOLOGICI – SCENARIO Z4a – LITOLOGIA GHIAIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

NOTE:
Comportamento granulare
Struttura granulo-sostenuta
Frazione ghiaiosa superiore al 35%
Frequenti clasti con $D_{max} > 20$ cm
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
Presenza di eventuali trovanti con $D > 50$ cm



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

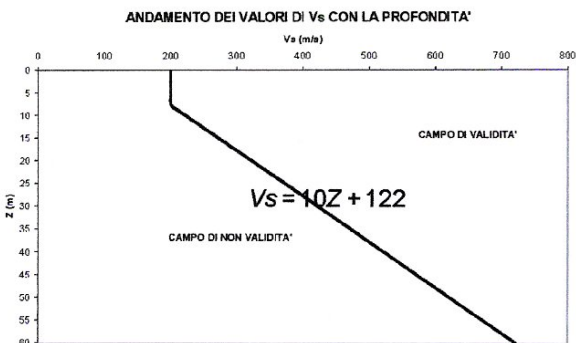
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:
Comportamento coesivo
Frazione limosa ad un massimo del 95%
Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

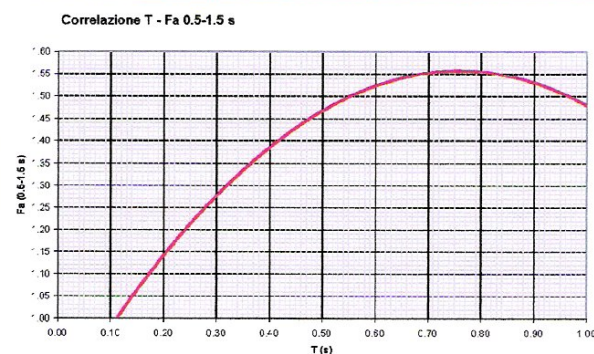
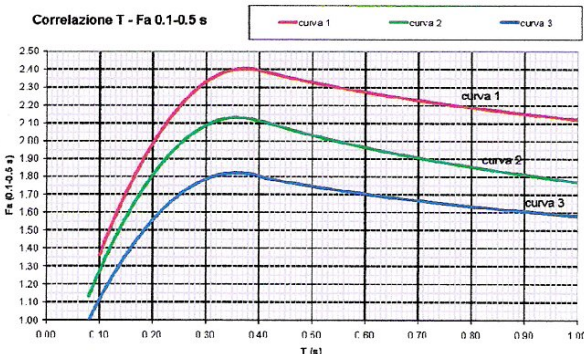
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

PARAMETRO		INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ [kN/m ³]	18.5-19.5
Peso specifico particelle solide	γ_s [kN/m ³]	26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale	w [%]	25-30
Limite di liquidità	w _L [%]	25-35
Limite di plasticità	w _p [%]	15-20
Indice di plasticità	I _p [%]	5-15
Indice dei vuoti	e	0.6-0.9
Grado di saturazione	S _v [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K ₀	0.4-0.5
Indice di compressione	C _c	0.10-0.30
Indice di rigonfiamento	C _s	0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondaria	C _α	0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N _{spt}	0-20



Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60	
200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
250	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
300	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
350	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 2

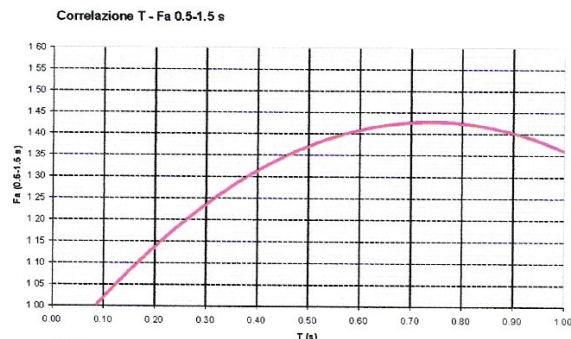
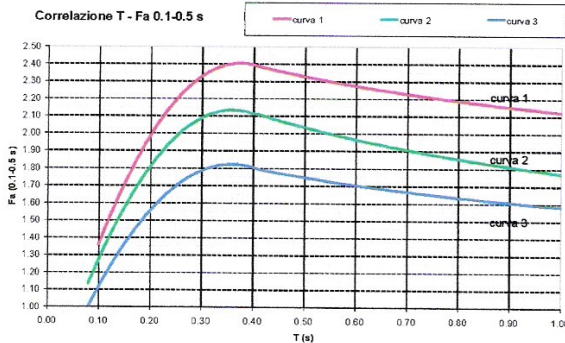
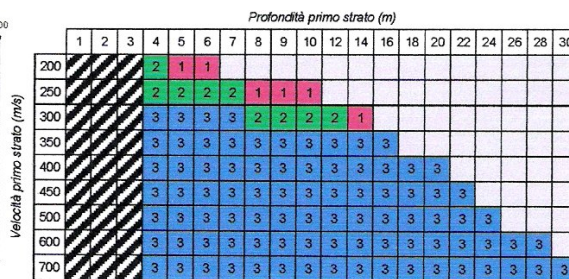
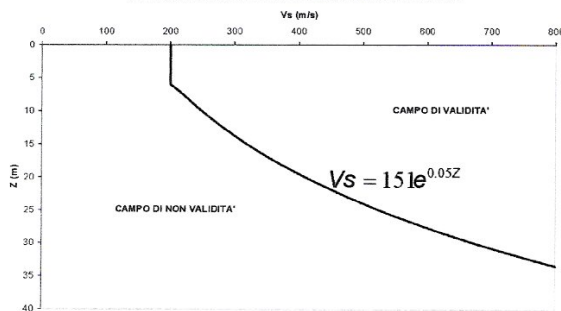
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA e NOTE: come per la litologia limoso - argillosa TIPO 1, a cui in aggiunta è possibile associare i seguenti range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per argille con limi ghiaiosi debolmente sabbiosi:

PARAMETRO		INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ [kN/m ³]	19.5-20.0
Peso specifico particelle solide	γ_s [kN/m ³]	25.7-26.7
Contenuto d'acqua naturale	w [%]	20-25
Limite di liquidità	w _L [%]	30-50
Limite di plasticità	w _P [%]	15-20
Indice di plasticità	I _P [%]	15-30
Indice dei vuoti	e	0.5-0.7
Grado di saturazione	S _r [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K ₀	0.5-0.6
Indice di compressione	C _c	0.15-0.30
Indice di rigonfiamento	C _s	0.02-0.06
Coefficiente di consolidazione secondaria	C _α	0.001-0.005
Grado di consolidazione	OCR	1-3
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N _{spt}	15-30



ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'



$$Fa_{0.5-1.5} = -T^2 + 1.48T + 0.88$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

4.2. Risultati analisi di secondo livello

4.2.1. Verifica di secondo livello - effetti litologici

Per poter procedere alla verifica di secondo livello, relativamente agli aspetti legati alla litologia, in relazione a quanto indicato nella procedura regionale di tipo semplificato, si è proceduto:

- ad acquisire tutte le informazioni disponibili di carattere stratigrafico disponibili, quali stratigrafie di sondaggi e pozzi della zona;
- ad acquisire i risultati delle indagini geognostiche effettuate in zona;
- a recuperare le analisi di laboratorio effettuate su campioni di terreno prelevate in zona;
- ad effettuare in **3 siti campione** indagini sismiche di tipo indiretto sia di tipo attivo (MASW) che di tipo passivo (Microtremori) ubicate in corrispondenza dell'area edificata o di possibile futura espansione urbanistica.

In corrispondenza del territorio comunale di Urganò non sono risultate disponibili indagini sismiche di tipo tradizionale a rifrazione o di tipo diretto-invasivo come Down Hole e Cross Hole.

Per quanto riguarda l'ubicazione dei siti campione occorre premettere che la loro localizzazione sul territorio comunale è stata puntualizzata, in accordo con l'amministrazione comunale, sulla base dell'analisi delle diverse situazioni geologico-stratigrafico riconosciute come rappresentative della situazione locale (cfr. Componente geologica ai sensi della D.G.R.41/97 a cura dello scrivente) e in relazione all'ubicazione delle future aree di possibile espansione urbanistica.

In corrispondenza del territorio comunale, si distinguono infatti:

- un **settore Settentrionale** ed uno **Orientale**, simili tra loro, caratterizzati entrambi dalla presenza di un sottosuolo costituito prevalentemente da terreni incoerenti ghiaioso-sabbiosi prima addensati, poi cementati (Ceppo) che si estendono almeno sino ad una profondità di circa 50-80 metri dal p.c.. Più in profondità i litotipi cementati vengono progressivamente sostituiti da limi argillosi di colore da giallo ad azzurro, con livelli di torba che oltre i 100-140 metri diventano prevalenti in termini di spessore, sino alla profondità massime indagate (250 metri);
- un **settore Meridionale a partire dal capoluogo** caratterizzato dalla presenza di un sottosuolo costituito, anche in questo caso, da terreni incoerenti ghiaioso-sabbiosi poco addensati in superficie, cementati in profondità (Ceppo) che si estendono al massimo sino ad una profondità complessiva di circa 25-45 metri dal p.c.. Più in profondità compaiono limi argillosi di colore da giallo ad azzurro, con livelli di torba che appaiono subito prevalere, in termini di spessore, sui livelli conglomeratici sino alla profondità massima indagata (245 metri);

La Carta Geologica della Provincia di Bergamo classifica i depositi naturali superficiali ivi presenti come: depositi fluvioglaciali e postglaciali di origine alluvionale (Unità di Cologno e Unità Postglaciali legate al fiume Serio).

I dati acquisiti nel territorio di Urganò hanno consentito inoltre di completare le informazioni richieste anche dalla normativa nazionale e poter affermare che i terreni presenti nei primi 30 metri, (V_{S30}) sono inquadrabili, dal punto di vista della **classificazione del sottosuolo**, come:

- Sito A, categoria sottosuolo di **tipo B**;

- Sito B, categoria sottosuolo di **tipo B**;
- Sito C, categoria sottosuolo di **tipo B**.

Correlando le informazioni bibliografiche di tipo geotecnico acquisite è stato possibile ricostruire **3 schemi geotecnico-stratigrafici semplificati** e mediati del sottosuolo in corrispondenza dei siti d'indagine geofisica.

Successivamente ad ogni schema stratigrafico interpretativo è stato associato, in relazione ai risultati ottenuti con le indagini sismiche, un modello geofisico (velocità onde di taglio/profondità) di cui gli elementi salienti sono riportati in allegato.

Settore Settentrionale – Sito A

UNITA'	profondità m	litologia prevalente Sito A	Nspt	Peso volume t/mc	Dr%	ϕ °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Eed kg/cmq	Vs m/s
1	0 - 20/35	ghiaie e sabbie, sabbie con ghiaie limose oltre i 16 metri sottili intercalazioni di limi sabbiosi debil. argillosi	15-70/4-15	1,8 - 2,1	30-90/15-30	32-43/25-31	0/0,15-0,8	150-350/20-70	25-80	300-700
2	20/35 - 50/80	ghiaie cementate con rare intercalazioni metriche di limi sabbiosi argillosi	50 - rifiuto	2,1	>60	>35		>400		700-1000
3	oltre 50/80	limi con argilla sabbioso, limi argilloso ghiaiosi con intercalati livelli di ghiaie cementate/ghiaie in rapporto di spessore 3:1								?

Settore Meridionale e Capoluogo – Sito B

UNITA'	profondità m	litologia prevalente Sito B	Nspt	Peso volume t/mc	Dr%	ϕ °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Eed kg/cmq	Vs m/s
1	0 - 8/20	ghiaie e sabbie, sabbie con ghiaie limose con sottili intercalazioni di limi sabbiosi debil. argillosi	10-40/2-10	1,8	30-60/20-29	31-36/25-30	0/0,1-0,7	150-250/20-130	20-60	200-600
2	8/20- 25/45	ghiaie cementate con intercalazioni metriche di limi sabbiosi argillosi	50 - rifiuto /	2,1	>60	>35		>400		600-880
3	oltre 25/45	limi con argilla sabbioso, limi argilloso ghiaiosi con intercalati livelli di ghiaie cementate/ghiaie in rapporto di spessore 2:1 e graduale incremento a favore dei limi								?

Settore Orientale – Sito C

UNITA'	profondità m	litologia prevalente Sito C	Nspt	Peso volume t/mc	Dr%	ϕ °	Cu kg/cmq	E' kg/cmq	Eed kg/cmq	Vs m/s
1	0 - 20/35	ghiaie e sabbie, sabbie con ghiaie limose oltre i 16 metri sottili intercalazioni di limi sabbiosi debil. argillosi	25-35 (rifiuto) / 4-15	1,8-2,1	50-70/15-30	30-43/25-31	0 - 2,5/0,15-0,8	170-400/20-70	25-80	250-600
2	20/35 - 50/80	ghiaie cementate con rare intercalazioni metriche di limi sabbiosi argillosi	50 - rifiuto /	2,1	>60	>35		>400		600-1000
3	oltre 50/80	limi con argilla sabbioso, limi argilloso ghiaiosi con intercalati livelli di ghiaie cementate/ghiaie in rapporto di spessore 3:1								?

Tabelle n.6 Proprietà meccaniche dei terreni individuati.

Per ogni sito è stato calcolato il valore del periodo fondamentale di risonanza del terreno (**To**) in funzione del valore delle velocità delle onde di taglio e dello spessore di ciascun strato individuato.

Punto di verifica	Periodo fondamentale (To)
Zona A	0,1703 sec
Zona B	0,208 sec
Zona C	0,343 sec

Tabella n. 7 Valori del periodo di vibrazione fondamentale (To) calcolato per i siti campione.

In relazione ai dati bibliografici resisi disponibili tra cui: le caratteristiche stratigrafiche dei terreni nei siti di indagine, delle loro caratteristiche granulometriche e proprietà indice, dell'andamento della velocità delle onde di taglio con la profondità e dello spessore del primo strato significativo a partire dalla superficie, è stato possibile valutare mediante le “schede effetti litologici” il valore di Fa che caratterizza tali sequenze.

I valori di F.a. così ottenuti e riportati nella tabella sottostante, sono stati confrontati con il valore di soglia fornito per il comune e per la relativa categoria di sottosuolo:

Punto di verifica	0,1-0,5 sec		0,5-1,5 sec	
	Fa abaco	Valore di Soglia	Fa abaco	Valore di Soglia
Zona A	1,29	1,5±0,1	1,07	1,7 ± 0,1
Zona B	1,58	1,5±0,1	1,15	1,7 ± 0,1
Zona C	1,82	1,5±0,1	1,33	1,7 ± 0,1

Tabella n. 8 Confronto tra i valori di Soglia, riferiti ad un terreno di categoria di sottosuolo B (Regione Lombardia -vedi tabelle n.5) e quelli ottenuti attraverso l'uso delle “schede effetti litologici”. **5,1**

E' quindi possibile valutare l'effettivo grado di protezione offerto dall'applicazione dei parametri stabiliti dalla normativa nazionale per un suolo di tipo B attraverso la verifica della condizione $FA < (S+0,1)$ come indicato nel paragrafo precedente.

I risultati ottenuti dimostrano che in due delle tre zone d'indagine campione i valori di F.a. stimati con la metodologia regionale risultano inferiori al valore di soglia o se superiori appaiono all'interno del valore di soglia (S) con l'approssimazione del **+0,1**; di conseguenza queste aree individuate ricadono in **classe di pericolosità sismica H1** sia per il periodo compreso tra 0,1 e 0,5 sec che per quello compreso tra 0,5 e 1,5 sec; conseguentemente in questi casi è stata “**verificata**” l'adeguatezza del grado di protezione offerto dall'applicazione dello spettro di normativa per la tipologia di sottosuolo B.

Per la zona C, relativamente al solo intervallo di periodi compreso tra 0,1 e 0,5 sec, il valore di F.a. stimato (**1,82**) risulta superiore a quello offerto dalla normativa (**1,5**) per la categoria di sottosuolo B e quindi in fase edificatoria occorrerà effettuare analisi di 3° livello oppure in alternativa adottare i parametri di spettro di normativa relativi alla tipologia di sottosuolo C. Tale area, per l'intervallo di periodi in questione ricade in **classe di pericolosità sismica H2**.

5. PRESCRIZIONI

Le indicazioni contenute nel presente paragrafo sono da considerarsi a tutti gli effetti integrative di quelle già contenute nel “**Capitolo 16 - Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano**” del precedente studio geologico redatto ai sensi della L.R. 41/97 (dicembre 2003).

Il presente documento assieme alla Componente Geologica comunale sopraccitata, deve essere inserito integralmente nel **Documento di Piano** del Piano di Governo del Territorio.

Nel **Piano delle Regole** devono essere contenute invece: le prescrizioni del capitolo 16 dello studio geologico sopraccitato, la carta dei vincoli; la carta di sintesi e la carta di fattibilità geologica; le “**Prescrizioni**” della componente sismica unitamente alla **Carta di Pericolosità Sismica Locale** (tavola n.1).

La carta di P.S.L. deve essere utilizzata congiuntamente con la Carta di fattibilità delle azioni di Piano (tavole n.9a; 9b;9c; 9d; 9e dello studio geologico 2003).

Per il comune di Urganano (**zona sismica 3**) sono state prodotte due cartografie: la “Carta della Pericolosità Sismica Locale” (tavola n.1 in scala 1:5000- verifica di 1° livello) che individua le zone omogenee soggette a verifica di 2° e o di 3° livello, e la “Carta della Classe di pericolosità sismica” (tavola n.2 in scala 1:5000) con individuate le aree dove è stato effettuato l’approfondimento di 2° livello.

Le **prescrizioni** relative alle zone individuate sono ricollegabili allo scenario di pericolosità sismica locale individuato e più precisamente:

1. in generale i progetti relativi a future edificazioni dovranno tenere attentamente in considerazione oltre alle caratteristiche geologiche dell’area di edificazione, anche la situazione geologico-geomorfologico-idrogeologica circostante
2. per le zone omogenee **Z4a**, in fase di pianificazione, devono essere effettuate verifiche di 2° livello mediante l’impiego delle schede e degli abachi allegati alla normativa regionale, prendendo in esame gli effetti di amplificazione legati essenzialmente a fattori litologici.
Per quanto riguarda i terreni presenti nei 3 siti d’indagine (zona A, zona B, zona C), la categoria del sottosuolo è risultata per tutte e tre la **B**.
L’utilizzo della metodologia regionale per la stima del valore di Fa da confrontare con il valore di Soglia fornito per il comune in questione, **limitatamente alle aree sottoposte all’approfondimento di 2° livello**, ha fornito i risultati riportati nelle tabelle n. 7 e 8 e negli allegati n.1 e 2; in relazione a ciò si forniscono ulteriori precisazioni:

✚ nelle zone **Z4a** dove sono state effettuate verifiche di tipo litologico di 2° livello (3 siti campione rappresentativi di gran parte delle situazioni litologico-stratigrafiche presenti in corrispondenza del territorio comunale), il valore di F.a. ottenuto, limitatamente alle aree oggetto di approfondimento, è risultato per quasi tutti i casi, inferiore al valore di soglia indicato per il comune di studio relativamente alla categoria di sottosuolo individuata (**Fa<S+0,1**) **vedi tabelle n.5.**

Pertanto, per essi la classe di pericolosità attribuita è la H1 e l’adozione dei parametri relativi allo spettro di normativa fornito per la categoria di

sottosuolo B risulta essere sufficientemente cautelativa; in tali zone non sono pertanto necessarie analisi di 3° livello.

Per la zona C, relativamente all'intervallo di periodi compreso tra 0,1 e 0,5 sec, il valore di F.a. stimato (1,82) risulta superiore a quello offerto dalla normativa (1,5+0,1) per la categoria di sottosuolo B e quindi in fase di progettazione edilizia occorrerà effettuare analisi di 3° livello oppure, in alternativa, adottare i parametri di spettro di normativa relativi alla tipologia di sottosuolo C. Tale area, per l'intervallo di periodi in questione, risulta in classe di pericolosità sismica H2;

inoltre, in generale, per tutto il territorio comunale:

✚ per le zone a PSL **Z4a (settore Settentrionale e Orientale)**, ove è stata documentata la presenza di terreni di fondazione prevalentemente ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi non saturi, occorrerà assolvere a quanto richiesto dalla normativa regionale oltre che a quanto previsto dalla normativa nazionale (NTC) in fase di progettazione edilizia. Pertanto le analisi di secondo livello previste dalla normativa regionale, in fase di pianificazione/progettazione, consentiranno di determinare la classe di pericolosità ivi presente.

Solamente nel caso in cui, in fase pianificatoria, si verifichi che il Fa è superiore al valore di soglia (tabelle n.5) fornito per il comune in questione (**classe di pericolosità H2**), in fase progettuale si dovranno effettuare analisi di 3° livello.

✚ per le zone a PSL **Z4a (settore Meridionale e Capoluogo)** ove è stata documentata la presenza, nei primi 15 metri a partire dal piano campagna, di terreni di fondazione granulari incoerenti (sabbioso-ghiaiosi) poco addensati che appaiono saturi sino a qualche metro dal piano campagna, si ritengono necessarie, oltre alle verifiche di secondo livello previste dalla normativa regionale in fase pianificatoria e a quanto previsto dalla normativa nazionale (NTC) in fase edificatoria, valutazioni circa l'instaurarsi di possibili fenomeni di addensamento e/o di liquefazione.

Anche in questa zona, solamente nel caso in cui, in fase pianificatoria, si verifichi che il Fa risulta superiore al valore di soglia (tabelle n.5) fornito per il comune in questione (**classe di pericolosità H2**), nella successiva fase progettuale si dovranno effettuare analisi di 3° livello;

Nel caso di interventi edificatori di minor entità, al di fuori delle 3 aree d'indagine campione, in fase di progettazione esecutiva, sarà necessario effettuare verifiche di secondo/terzo livello o in alternativa, si potranno adottare cautelativamente i parametri relativi alla categoria di sottosuolo più scadente (ad esempio dalla categoria di sottosuolo B si passa alla C altrimenti, se non si conosce la categoria di appartenenza, si dovrà adottare quella più scadente: la categoria D).

18 Giugno 2008

Dott. Geol. Pedrali Carlo
O.G.L. 860

21

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Urganò (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

Allegato n. 1
Indagini geofisiche

1. Cenni introduttivi

In accordo con l'Ufficio Tecnico comunale sono stati individuati in corrispondenza del territorio comunale **tre** siti ove effettuare indagini geofisiche di tipo indiretto. Lo scopo delle indagini era quello di poter effettuare verifiche di secondo livello secondo quanto previsto dalla normativa regionale. La normativa richiede la conoscenza dell'andamento del valore della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo (V_s) sino al raggiungimento, per quanto possibile, del bedrock sismico (terreni/rocce con $V_s \geq 800$ m/s).

L'ubicazione dei siti d'indagine è stata condizionata dall'attuale sviluppo dell'edificato e tenendo in considerazione le aree di prossima possibile espansione urbanistica.

I siti d'indagine sono stati localizzati e identificati sulla carta di tavola 1.

Per ognuna delle aree investigate sono state effettuate indagini indirette sia di tipo passivo (metodo dei Microtremori) che di tipo attivo (metodo MASW- Multi Channel Analysis Surface Waves).

I due metodi si basano sulla registrazione e l'analisi della propagazione delle onde di superficie (onde di Rayleigh) e l'analisi del fenomeno della dispersione delle stesse nei primi strati di terreno.

Il metodo dei Microtremori sfrutta il rumore "naturale" di fondo registrabile da una catena di geofoni, viceversa, il metodo MASW registra le vibrazioni indotte artificialmente da una sorgente "attiva" rappresentata da una massa battente o da un fucile sismico posti in corrispondenza delle estremità della catena di geofoni verticali.

I due metodi, grazie all'impiego di un software dedicato, vengono utilizzati congiuntamente incrementando così l'affidabilità del modello interpretativo finale del sottosuolo.

Le registrazioni in campo consentono di calcolare l'andamento delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza ($V(\text{fase})/\text{frequenza}$) e quindi della profondità (spessore); successivamente, attraverso diverse fasi di elaborazione, si ricava l'andamento delle velocità delle onde di taglio con la profondità a partire dalla superficie.

Il modello d'interpretazione si basa sul presupposto teorico ideale della presenza nel sottosuolo di strati orizzontali continui e sovrapposti di spessore costante.

Il risultato al quale si giunge è rappresentato da un profilo verticale dell'andamento medio del valore della velocità delle onde di taglio in funzione della profondità; il profilo è localizzabile

all'incirca nella zona centrale della linea sismica.

Il modello teorico che si può ottenere non è univoco, è quindi necessario confrontarlo e tararlo con le conoscenze geologiche del sito (ad esempio: sondaggi meccanici o prove penetrometriche, stratigrafie di pozzi, indagini a rifrazione) onde poter passare all'identificazione di un modello reale definitivo.

2. Modalità esecutive indagini e risultati

La registrazione delle onde di superficie avviene con l'impiego di una classica strumentazione per l'effettuazione di indagini sismiche a rifrazione; viene utilizzato preferibilmente un sismografo ad elevata dinamica, con geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz).

Nella fattispecie per le misure è stato utilizzato un sismografo GEODE a 24 bits e 24 canali.

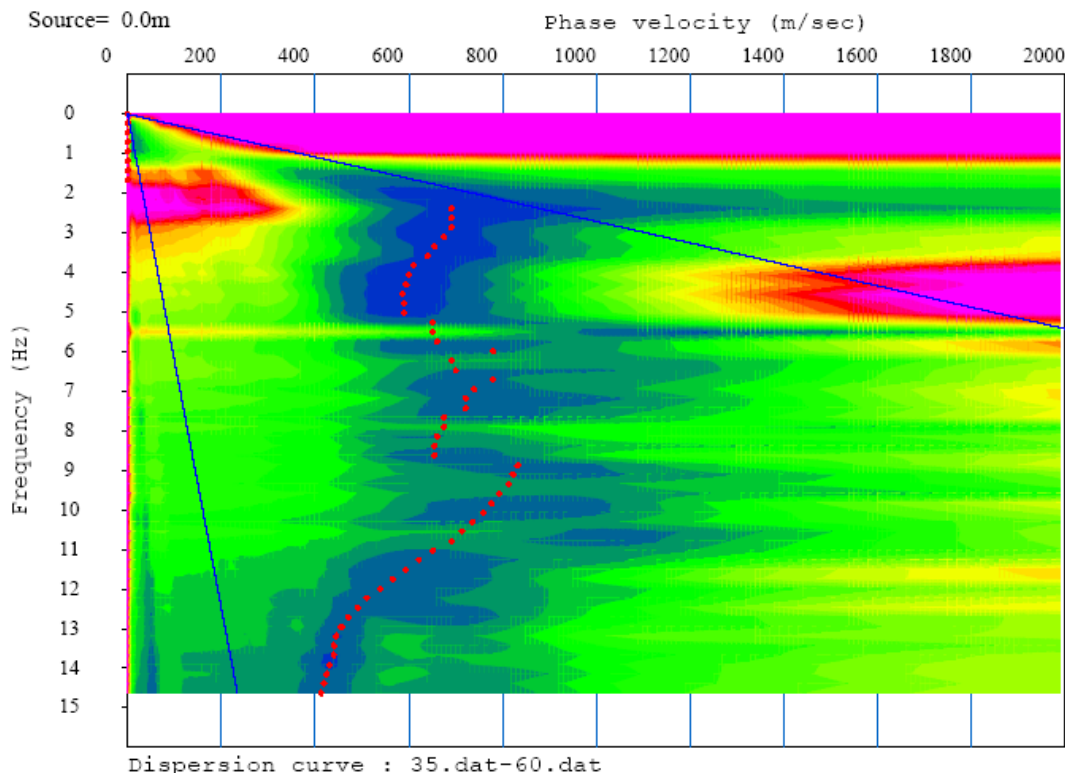
Per quanto concerne la configurazione geometrica delle linee sismiche, laddove era disponibile spazio sufficiente, sono state realizzate due catene geofoniche lineari intersecatesi tra loro all'incirca a 90°; per ognuna di esse sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 4 o 5 metri.

Per quanto riguarda il metodo dei Microtremori, per ogni stendimento, sono state effettuate 20 registrazioni, mentre per il metodo MASW sono state effettuate 2-3 registrazioni per ognuno dei punti di scoppio situati esternamente alle due estremità della linea.

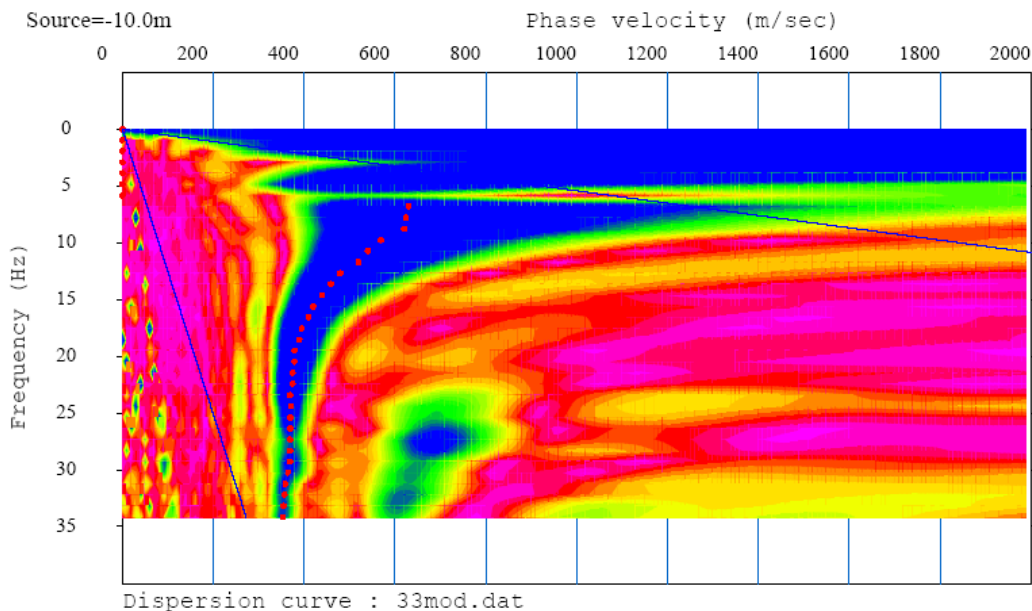
I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati con un software dedicato che ha reso possibile la ricostruzione, per ogni sito, di un profilo di Vs/profondità sufficientemente attendibile.

Di seguito vengono illustrati i risultati sperimentali relativi ai siti d'indagine che hanno consentito di condurre le verifiche di 2° livello descritte in relazione.

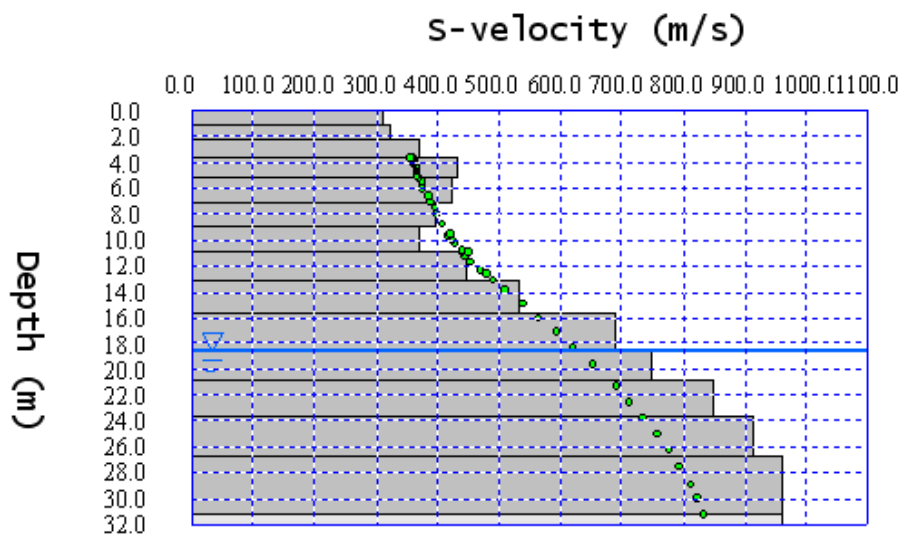
SITO A (Campus Scolastico)



Curva di dispersione REMI



Curva di dispersione MASW

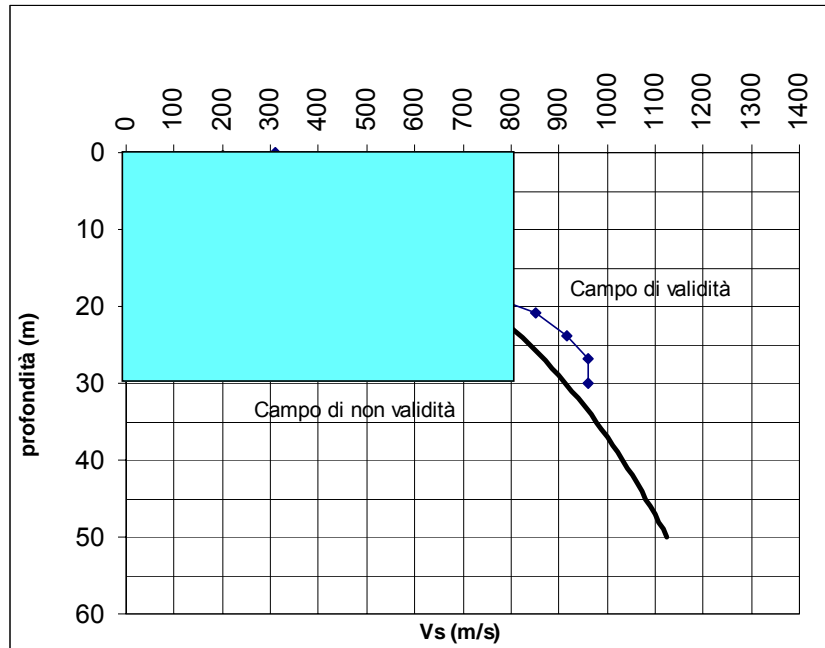


S-velocity model :

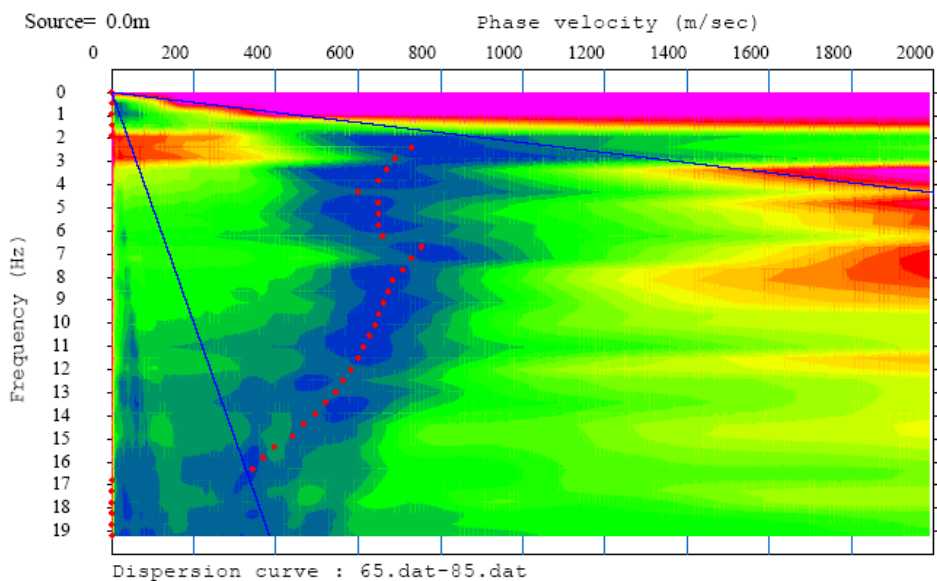
Profilo interpretativo più rappresentativo

Prof.tà Vs
(m) (m/s)

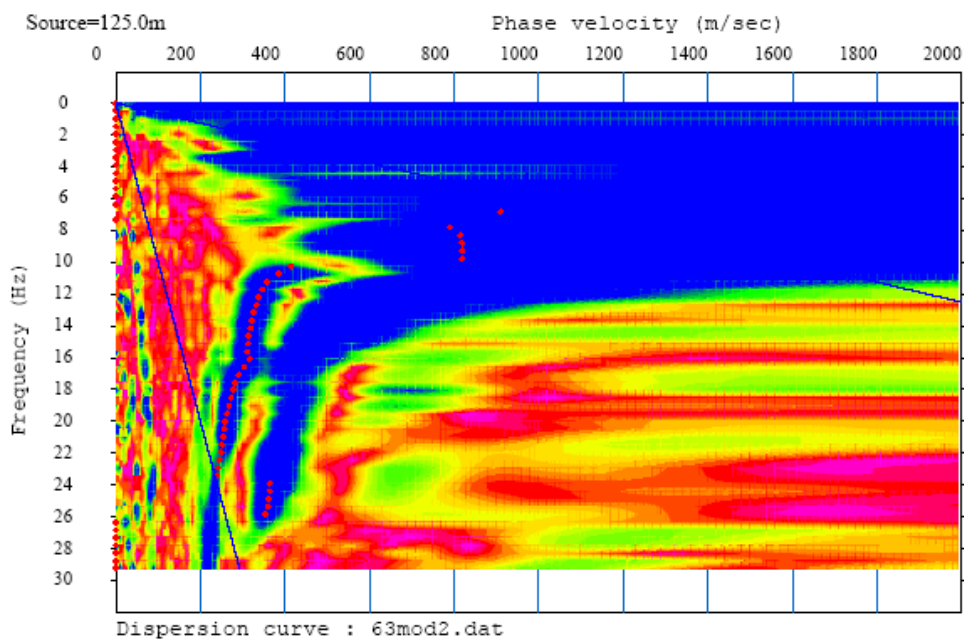
Profondità sommità strato (m)	Velocità onde di taglio (m/s)
0,00	310,17
1,07	323,66
2,31	370,11
3,71	430,15
5,27	422,28
7,01	394,17
8,90	369,96
10,96	447,60
13,19	533,48
15,58	690,76
18,50	748,21
20,85	850,07
23,74	915,57
26,78	961,70



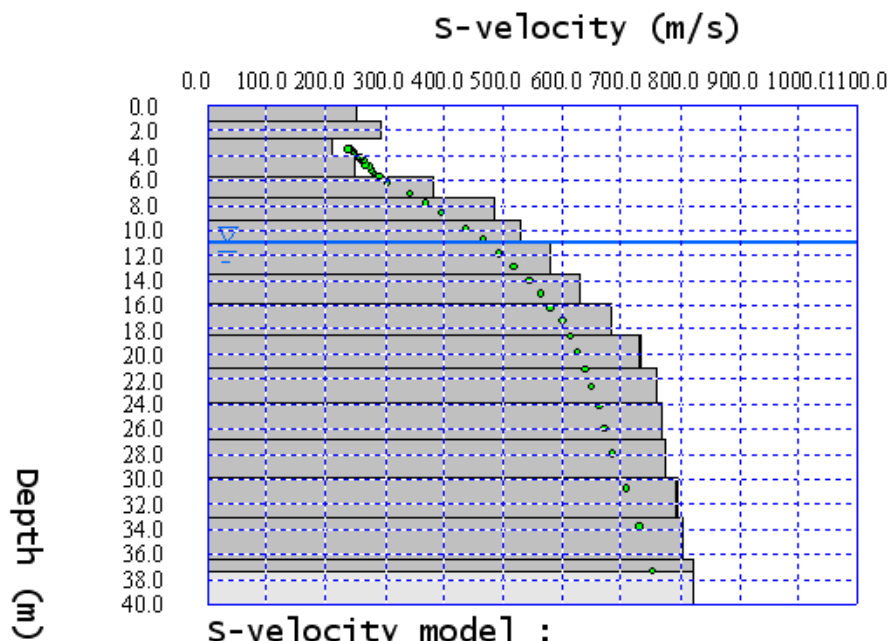
SITO B (area industriale a sud dell'abitato)



Curva di dispersione REMI



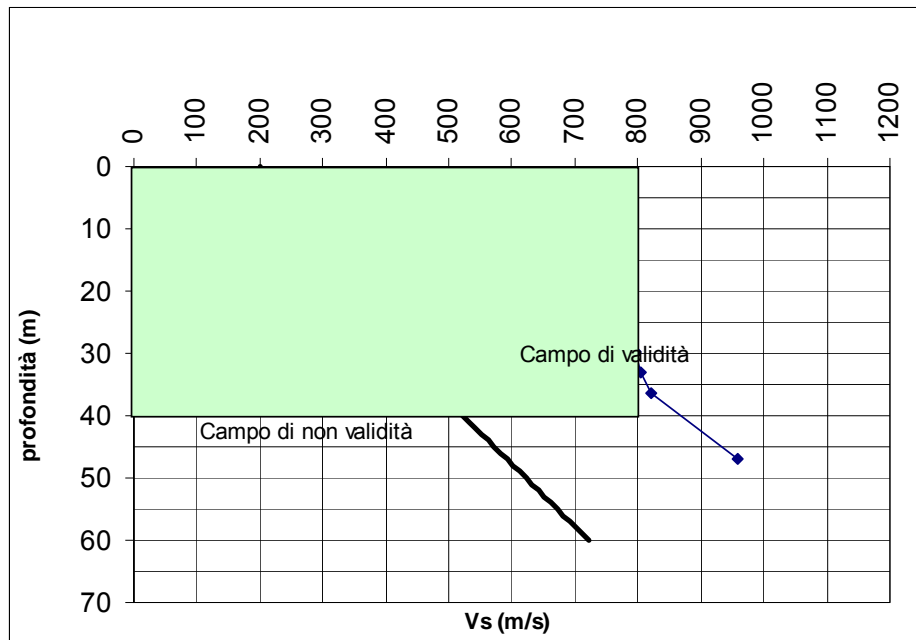
Curva di dispersione MASW



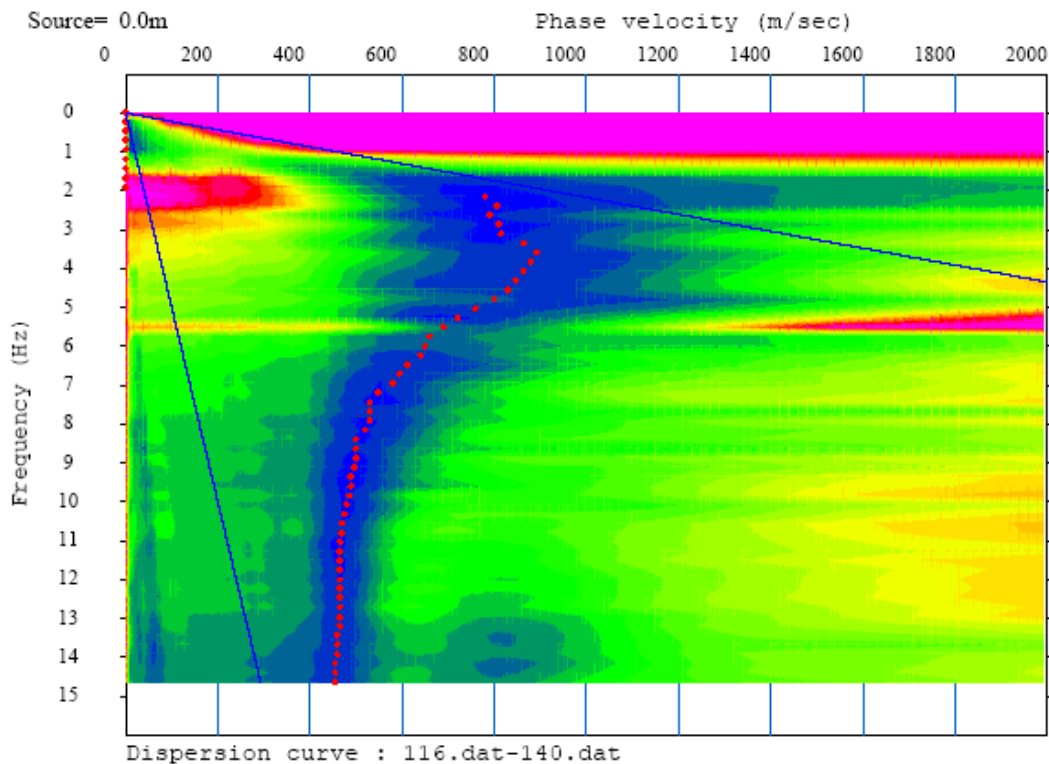
Profilo interpretativo più rappresentativo

Prof.tà Vs
(m) (m/s)

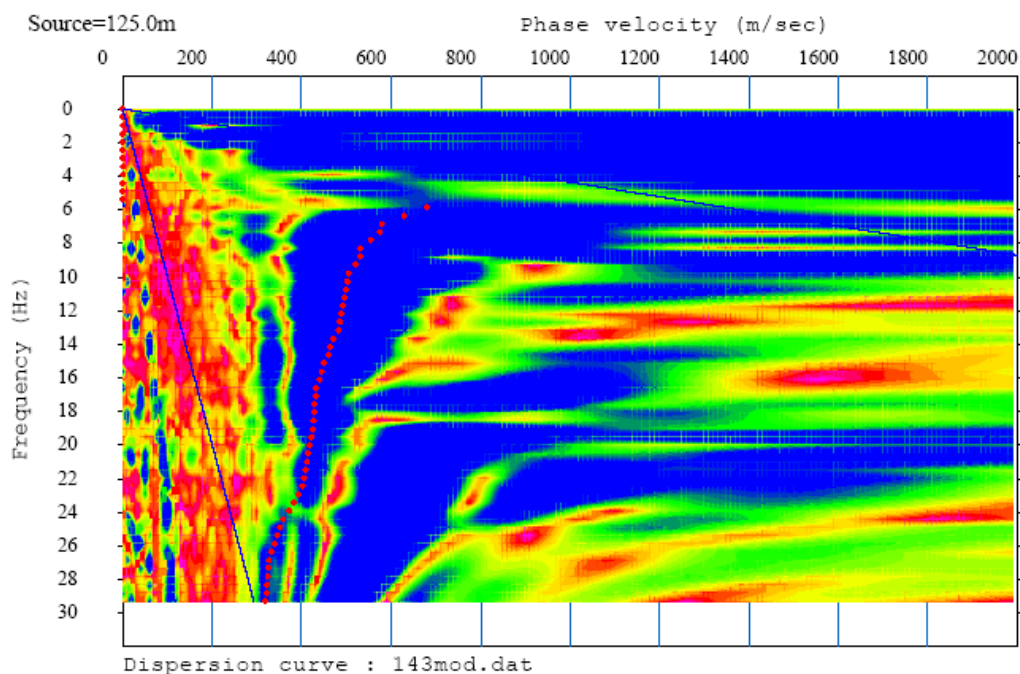
Profondità sommità strato (m)	Velocità onde di taglio (m/s)
1,18	294,76
2,50	209,58
3,97	249,51
5,59	381,07
7,35	485,18
9,27	531,54
11,00	576,46
13,53	631,73
15,88	684,13
18,38	731,24
21,03	760,55
23,82	767,83
26,76	775,11
29,85	795,49
30,00	795,49
33,09	804,22
36,47	820,96
47,06	957,74



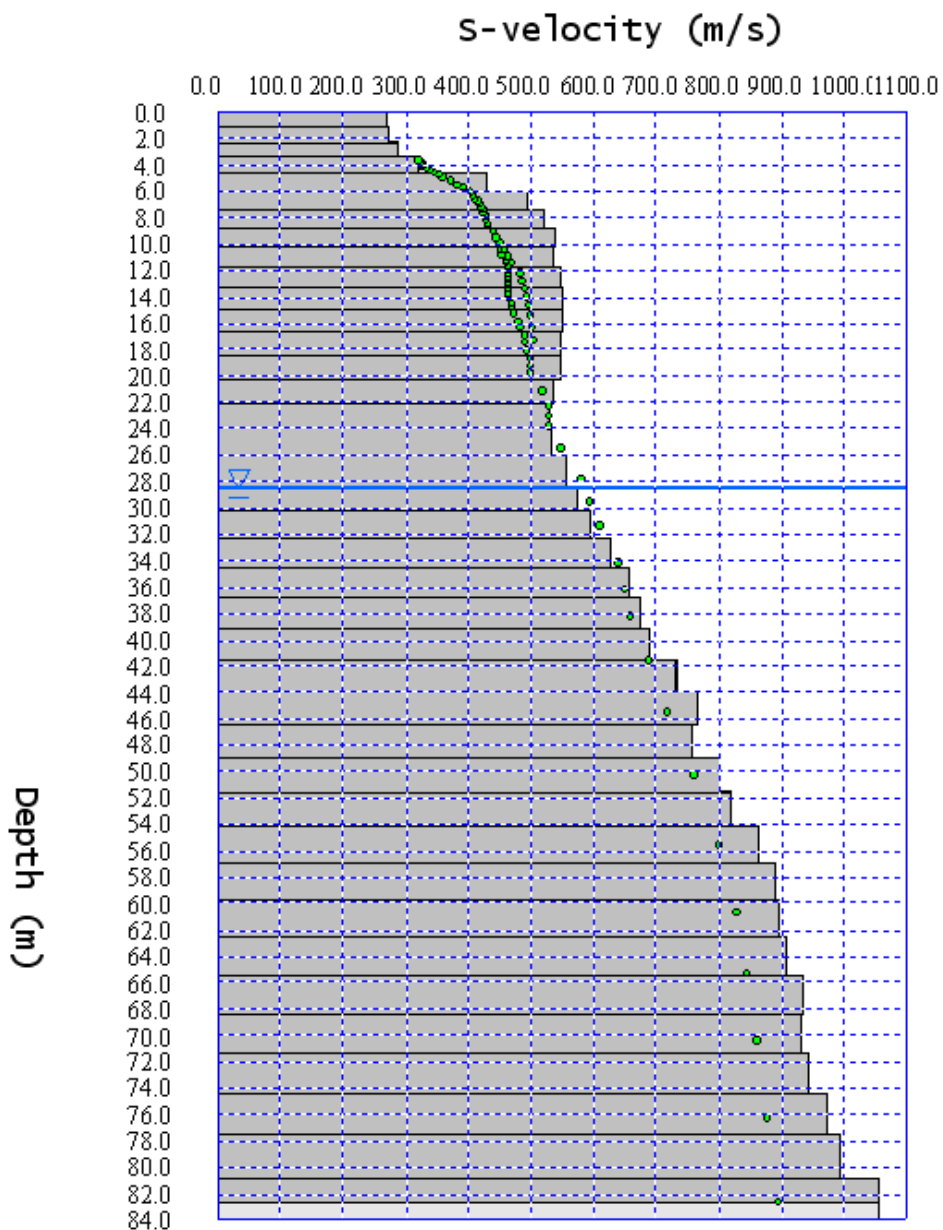
SITO C (frazione Basella Convento Frati Passionisti)



Curva di dispersione REMI



Curva di dispersione MASW



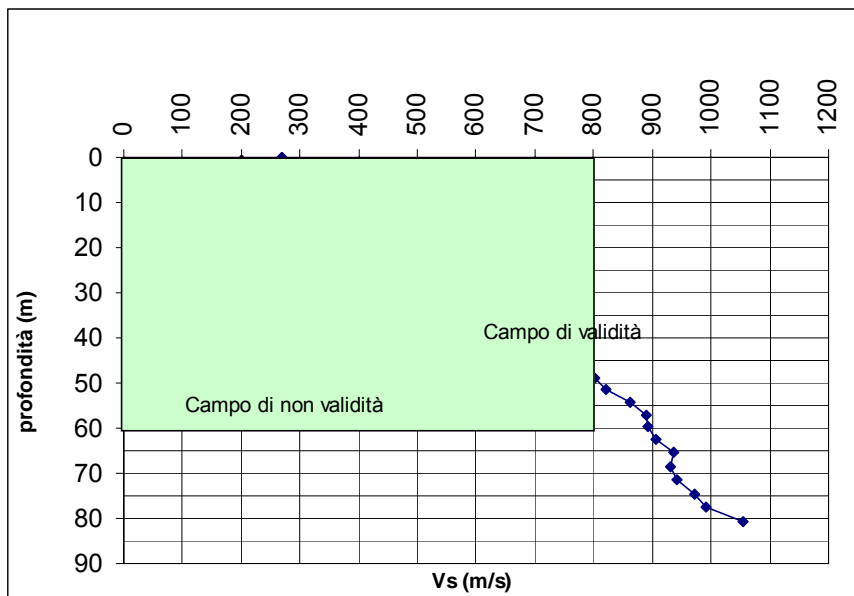
S-velocity model :

Profilo interpretativo più rappresentativo

Prof.tà **Vs**
(m) **(m/s)**

Profondità sommità strato (m)	Velocità onde di taglio (m/s)
0,00	268,93
1,08	271,24

2,21	289,09
3,40	320,68
4,65	427,69
5,95	494,78
7,31	518,58
8,73	540,05
10,20	535,97
11,73	544,78
13,32	548,97
14,96	548,44
16,66	544,72
18,42	546,46
20,24	536,08
22,11	529,77
24,03	534,82
26,02	554,22
28,50	574,61
30,00	574,61
30,15	594,73
32,31	628,49
34,52	655,63
36,79	674,16
39,11	690,15
41,49	731,50
43,93	764,55
46,42	758,38
48,97	801,29
51,58	819,87
54,24	861,79
56,97	889,71
59,74	893,64
62,58	907,49
65,47	935,48
68,41	931,73
71,42	942,52
74,48	973,41
77,60	992,36
80,77	1053,53



Allegato n.2

Definizione della categoria sismica del sottosuolo di fondazione

Per il comune di Urgnano (cod. ISTAT: 03016222), la cartografia della pericolosità di base (vedi Albarello et alii, 2001; CD-ROM Rischio Sismico 2001 con aggiornamento classificazione sismica al 2003) indica i seguenti parametri di accelerazione convenzionale massima (Pga atteso) rispettivamente per tempi di ritorno di T=475 anni e T=975 anni.

PGA_475S	PGA_975S
0,11861	0,15530

Tali valori sono stati quindi ripresi ed aggiornati dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008 – tabella n.1) che forniscono accelerazioni e relative forme spettrali per la valutazione delle azioni di progetto, per vari tempi di ritorno dell'azione sismica in funzione della longitudine e della latitudine di un sito. Tali valori sono riportati sulle schede di classificazione del sito relative ai 3 siti d'indagine e di seguito allegate.

Per la valutazione della categoria sismica del sottosuolo di fondazione è necessario il calcolo del valore di $V_{s_{30}}$ che è stato ottenuto mediante la seguente espressione:

$$V_{s_{30}} = \frac{30}{\sum_{(i=1, N)} h_i / V_{si}} \quad [1]$$

Il valore del periodo fondamentale T_0 di vibrazione del terreno è stato calcolato mediante la seguente espressione:

$$T_0 = \frac{4 * \sum_{(i=1, N)} h_i}{\sum_{(i=1, N)} (V_{si} * h_i) / (\sum_{(i=1, N)} h_i)} \quad [2]$$

dove: h_i e V_{si} indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$ %,) dello strato i-esimo per il totale degli N strati riconosciuti nei primi 30 metri di sottosuolo a partire dalla superficie per la prima formula e considerando tutta la successione stratigrafica sino al raggiungimento del bedrock-like, per la seconda formula.

Le schede di “classificazione del sito” sottostanti indicano la categoria sismica del sottosuolo di fondazione, i parametri di accelerazione e dello spettro di risposta elastico di normativa (secondo D.M.14/01/2008) in corrispondenza dei tre siti d'indagine. Come è possibile constatare, in base ai valori di V_s desunti dalle indagini geofisiche effettuate, il terreno rientra nella categoria B per tutti e tre i siti di indagine.

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)	
Località:	Urgnano - Sito A
Metodo di indagine:	RE.MI.+ MASW
Strumentazione utilizzata:	Sismografo Geode, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione:	Rumore naturale + mazza da 5 kg
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni - interasse 5 m

VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)	535,1
Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alla categoria di suolo di tipo: (si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di ag e del coeff. S _s)	B

Classificazione sismica della zona	3
------------------------------------	---

Vita nominale (V _N)	50	
Classe d'uso / (C _U)	2	1
Periodo di riferimento (V _R)	(V _R =C _U •V _N)	50

Probabilità di superamento (P _{VR})	allo	SLC	0,05
Periodo di ritorno (T _{VR}), valori 30 T _{VR} 2475ann		T _{VR} =-V _R /(ln(1-P _{VR}))	975

vedi tabella n.1 (allegato b) - Tr (anni)	30	50	101	475	975	2475
accel. orizz.le max di norma per il sito in questione ag (in frazioni di g (m/sq)/ 9,	0,032	0,041	0,060	0,120	0,156	0,211
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F _o (-)	2,426	2,448	2,417	2,418	2,472	2,515
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T _c * (sec)	0,199	0,218	0,246	0,269	0,274	0,288

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S _s	C _c
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{s30} > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1	1
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N _{spt30} >50 o Cu ₃₀ >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F _o •(a _g /g)≤1,2	1,1•(T _c *) ^{-0,2}
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N _{spt30} <50 o 70<Cu ₃₀ <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F _o •(a _g /g)≤1,5	1,05•(T _c *) ^{-0,33}
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} <180 m/s oppure di N _{spt30} <15 o Cu ₃₀ <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F _o •(a _g /g)≤1,8	1,25•(T _c *) ^{-0,5}
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F _o •(a _g /g)≤1,6	1,15•(T _c *) ^{-0,4}
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{s30} <100 m/s (oppure con 10<Cu ₃₀ <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	necessarie specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche	
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.		

con S_s = coefficiente che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione in direzione orizzontale

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Urgnano (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
 ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

CLASSIFICAZIONE DEL SITO secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)	
Località:	Urgnano - Sito B
Metodo di indagine:	RE.MI.+ MASW
Strumentazione utilizzata:	Sismografo Geode, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione:	Rumore naturale + mazza da 5 kg
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni - interasse 5 m

VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)	493,6
Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alla categoria di suolo di tipo: (si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di ag e del coeff. S _s)	B

Classificazione sismica della zona	3
------------------------------------	---

Vita nominale (V _N)	50	
Classe d'uso / (C _U)	2	1
Periodo di riferimento (V _R)	(V _R =C _U •V _N)	50

Probabilità di superamento (P _{VR})	allo	SLC	0,05
Periodo di ritorno (T _{VR}), valori 30 T _{VR} 2475ann	T _{VR} =-V _R /(ln(1-P _{VR}))		975

vedi tabella n.1 (allegato b) - Tr (anni)	30	50	101	475	975	2475
accel. orizz.le max di norma per il sito in questione ag (in frazioni di g (m/sq)/ 9,	0,032	0,041	0,060	0,120	0,156	0,211
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F _o (-)	2,427	2,449	2,417	2,418	2,472	2,515
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T _c * (sec)	0,200	0,218	0,246	0,269	0,275	0,288

Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	
		S _s	C _c
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{s30} > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1	1
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N _{spt30} >50 o C _{u30} >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F _o •(a _g /g)≤1,2	1,1•(T _c *) ^{-0,2}
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N _{spt30} <50 o 70<C _{u30} <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F _o •(a _g /g)≤1,5	1,05•(T _c *) ^{-0,33}
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} <180 m/s oppure di N _{spt30} <15 o C _{u30} <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F _o •(a _g /g)≤1,8	1,25•(T _c *) ^{-0,5}
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F _o •(a _g /g)≤1,6	1,15•(T _c *) ^{-0,4}
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{s30} <100 m/s (oppure con 10<C _{u30} <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	necessarie specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche	
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.		

con S_s = coefficiente che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione in direzione orizzontale

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Urgnano (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

CLASSIFICAZIONE DEL SITO		secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. M. 14/01/2008)					
Località:	Urgnano - Sito C						
Metodo di indagine:	RE.MI.+ MASW						
Strumentazione utilizzata:	Sismografo Geode, 24 canali, 24 bits						
Metodo di energizzazione:	Rumore naturale + mazza da 5 kg						
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni - interasse 5 m						
VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO Vs30 (m/s)						468,4	
Dati i risultati, il sito in esame risulta rispondere alla categoria di suolo di tipo: (si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori di ag e del coeff. S _s)						B	
Classificazione sismica della zona						3	
Vita nominale (V _N)	50						
Classe d'uso / (C _U)	2	1					
Periodo di riferimento (V _R)	(V _R =C _U •V _N)	50					
Probabilità di superamento (P _{VR})	allo	SLC	0,05				
Periodo di ritorno (T _{VR}), valori 30	T _{VR} 2475ann	T _{VR} =-V _R /(ln(1-P _{VR}))	975				
vedi tabella n.1 (allegato b) - Tr (anni)							
	30	50	101	475	975	2475	
accel. orizz.le max di norma per il sito in questione ag (in frazioni di g (m/sq)/ 9,	0,033	0,043	0,063	0,124	0,161	0,218	
val. max del fattore ampl.ne spettro in accel.ne orizz.le F _o (-)	2,421	2,425	2,406	2,423	2,476	2,518	
periodo di inizio tratto a vel.tà costante spettro in accel.ne orizz.le T _c * (sec)	0,201	0,222	0,248	0,269	0,275	0,289	
Categorie di sottosuolo		coefficienti spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali					
		S _s		C _c			
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{s30} > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1		1			
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s oppure di N _{spt30} >50 o Cu ₃₀ >250 kPa	1,0≤1,4-0,4•F _o •(a _g /g)≤1,2		1,1•(T _c *) ^{-0,2}			
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s oppure di 15<N _{spt30} <50 o 70<Cu ₃₀ <250 kPa.	1,0≤1,7-0,6•F _o •(a _g /g)≤1,5		1,05•(T _c *) ^{-0,33}			
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} <180 m/s oppure di N _{spt30} <15 o Cu ₃₀ <70 kPa.	0,9≤2,4-1,5•F _o •(a _g /g)≤1,8		1,25•(T _c *) ^{-0,5}			
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30>800 m/s)	1,0≤2,0-1,1•F _o •(a _g /g)≤1,6		1,15•(T _c *) ^{-0,4}			
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{s30} <100 m/s (oppure con 10<Cu ₃₀ <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	necessarie specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche					
S2	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.						

con S_s = coefficiente che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione in direzione orizzontale

Figura n. 1 Schede riassuntive classificazione del terreno secondo normativa nazionale.

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Urgnano (Bergamo)
Analisi della pericolosità sismica locale
 ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008

COMPONENTE SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

in attuazione dell'Art. 57 L.R. 11 marzo 2005, n.12

Comune di Urganò (Bergamo)

Analisi della pericolosità sismica locale

ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008