



LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI RAGUSA

già Provincia Regionale di Ragusa

6° Settore Ambiente e Geologia

Progetto di Adeguamento sismico dell'Istituto Professionale
Statale per l'Industria e l'Artigianato di Vittoria

RELAZIONE GEOLOGICA

DATA EMISSIONE: MARZO 2017

i Geologi

(dott. G. Alessandro)

(dott. G. Biondi)

(dott. E. P. Quaranta)

V. Il Dirigente 6° Settore

(dott. geol. S. Buonmestieri)



PREMESSA

Nell'ambito degli interventi di competenza dell'Amministrazione Provinciale è stato eseguito uno studio geologico del sito dell'Istituto Professionale Statale per l'Industria e l'Artigianato di Vittoria che sarà interessato dal Progetto di "Adeguamento sismico dell'I.P.S.I.A. di Vittoria"

Lo studio è stato condotto nel rispetto del D.M. 11/03/1988, del D.M. 28/01/2008 (NTC 2008), della circolare esplicativa n. 617 del 02/02/2009 alle "Norme tecniche ..." (D.M. 11/03/'88, D.M. 9/01/'96 e successive modificazioni ed integrazioni) ed esamina gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici dell'area urbana su cui ricade l'immobile scolastico.

Per accertare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni del substrato di fondazione, sono stati effettuati nel mese di Giugno 2007, lungo il perimetro esterno del complesso scolastico, n° 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti a profondità comprese tra 11,5 metri (S1) e 13,0 metri (S3) dal piano campagna, con esecuzione di n° 10 prove penetrometriche dinamiche standard (SPT) e prelievo contestuale di n° 5 campioni di terre, di cui n. 1 indisturbato (S1), e n. 4 disturbati.

I campioni prelevati sono stati sottoposti ad analisi e prove geotecniche (caratterizzazione litologica, analisi granulometrica, peso di volume, contenuto in acqua, calcimetria, prova di taglio diretto, prova edometrica) presso il Laboratorio Terre e Rocce di questo Settore Geologia.

Queste indagini integrano quelle effettuate nel 2004, in occasione di altri progetti, nei cortili interni del plesso scolastico. Le indagini pregresse, espletate sempre da questo 13° Settore della Provincia Regionale, sono consistite complessivamente in n. 5 perforazioni a carotaggio continuo spinte fino a profondità medie di 30 metri, comprendenti n. 17 prove penetrometriche dinamiche SPT, spinte a profondità comprese tra 1,45 metri e 9,20 metri dal piano campagna, e prelievo campioni di terre per prove ed analisi di laboratorio geotecnico. Inoltre, dei cinque fori, n. 4 fori furono attrezzati per eseguire n. 4 misure sismiche in foro tipo Down Hole, mentre n. 1 (S5) fu predisposto a tubo piezometrico per misure del livello di falda idrica.

Ulteriori indagini geognostiche, n. 3 prove SDMT (dilatometro sismico *Marchetti*), sono state effettuate nel settembre 2011 da altra ditta incaricata dal Settore Edilizia di questa Amministrazione ai fini della *Valutazione del Rischio di Liquefazione* dei terreni di fondazione.

Le indagini sismiche, Down Hole e SDTM, hanno consentito anche la valutazione delle velocità sismica delle onde di taglio dei terreni fino a 30 metri di profondità.

Sotto si riporta l'ubicazione complessiva delle indagini effettuate nelle varie campagne geognostiche.



Ubicazione perforazioni Sx e misure sismiche in foro DHSx



Ubicazione prove dilatometriche SDMTx

LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI, GEOLOGICI, TETTONICO-STRUTTURALI

Lineamenti Geomorfolologici

L'area in esame rientra nel Foglio 276 della Carta d'Italia I.G.M., tavoletta "Vittoria IV N.O.", in destra del Fiume Ippari, ed è ubicata nell'abitato di Vittoria ad una quota di 160 metri circa s.l.m..

Ricade su una vasta area a morfologia piatta, d'altipiano sub-pianeggiante (Piana di Vittoria), che riflette la giacitura sub-orizzontale degli affioramenti del complesso di sedimenti quaternari, marini di facies litorale (sabbie e calcareniti) e continentali di facies limnica (sabbioso-siltoso-argillosi, calcarenitico-marno-travertinosi). Nel tratto orientale, la piana è incisa dal Fiume Ippari che scorre incassato tra gli abitati di Comiso e di Vittoria.

Stanti queste caratteristiche geomorfologiche, si escludono la presenza di fenomeni connessi ad eventuali acque di ruscellamento superficiale, e forme di dissesto gravitativo potenziali od in atto. In quanto di fatto il sito è completamente impermeabilizzato da coperture antropiche.

Lineamenti Geologici

L'area in esame ricade nella piana di Vittoria dove affiora un complesso di sedimenti quaternari di ambienti di deposizione che vanno dal marino (Calcareniti organogene, Sabbie) al continentale (Calcari e marne, sabbie-silts-argille lacustri, limi palustri). Localmente affiorano anche lembi di sedimenti marnoso-calcarei pliocenici.

Nell'insieme il complesso di sedimenti plio-quaternari, il cui spessore in zona può superare le decine di metri, forma la copertura del substrato carbonatico oligo-miocenico (Altipiano calcareo) affiorante ad occidente nell'alto strutturale di Serra San Bartolo ed ad oriente lungo il bordo occidentale degli Iblei, lungo la Scarpata di Comiso-Chiaramonte Gulfi.

In particolare, gli affioramenti relativi all'Altipiano calcareo constano di formazioni marine lapidee terziarie, oligo-mioceniche, afferenti alla successione calcareo-calcarenitico-marnosa della Formazione Ragusa (Membro Leonardo e Membro Irminio) ed alla successione marnosa della Formazione Tellaro.

Lineamenti Tettonico-Strutturali

Nell'ottica della geologia regionale, nella struttura della Sicilia si possono distinguere tre principali elementi: la Catena settentrionale Appennino-Maghrebide, l'Avanfossa Gela-Catania e l'Avampaese Ibleo (Lentini & Vezzani, 1978).

Secondo questo schema, l'area in esame ricade nella zona occidentale dell'Avampaese Ibleo, detta Zona di Transizione, che rappresenta la zona di passaggio tra l'Altopiano calcareo, che è il

marginem emerso della placca africana, e la Fossa e la Catania.

A grandi linee, l'Altopiano calcareo ha la struttura elevata di un Horst, allungato in senso NE-SO, i cui margini orientale ed occidentale sono delimitati ad Est dal sistema di faglie Pozzallo - Ispica - Rosolini e ad Ovest dal sistema di faglie Comiso-Chiaramonte. Lembi di Altopiano carbonatico affiorano ad occidente di Vittoria nelle strutture ad Horst di Serra San Bartolo e Serra Beretta.

In tale quadro, quindi, l'abitato di Vittoria ricade in un'area che si configura come una depressione strutturale, estesa da NE a SO, colmata da sedimenti plio-quadernari e delimitata ad oriente del bordo occidentale dell'altipiano carbonatico ibleo ed ad occidente da quello degli alti strutturali di Serra Beretta e Serra S. Bartolo.

Nell'area i sistemi predominanti di faglie hanno direzione NE-SO e NO-SE. Sistemi che hanno prodotto un motivo strutturale a gradinata con il quale, da un lato, l'altipiano ragusano si raccorda alla piana di Vittoria, e dall'altro, le formazioni carbonatiche iblee che lo costituiscono sprofondano progressivamente, sempre più verso Ovest, al di sotto dei sedimenti plio-quadernari della pianura stessa. Sedimenti che nell'area di Gela raggiungono spessori di alcune migliaia di metri.

CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE ED IDROGEOLOGICHE

L'analisi delle colonne litostratigrafiche relative ai sondaggi geognostici diretti effettuati in loco ed approfonditi da 12 a 30 metri dal piano campagna, evidenzia, al disotto di uno strato di materiali di riporto, la presenza di sedimenti pleistocenici di facies continentale e di transizione (continentale-marino, fluvio-limnico) costituiti in superficie da un sottile livello di sabbie limose rossastre, residuali, passanti in profondità a termini calcarenitici marnosi biancastri e sabbioso limosi giallastri o biancastri, con intercalati livelli arenacei o marnosi o detritici calcarei. A circa 9 - 11 metri di profondità e talora fino a fondo foro, questi termini passano o intercalano un livello di argilla marnoso-limosa grigia avente spessore compreso tra 6 e 23 metri circa.

In particolare in sito si evince la seguente litostratigrafia:

Terreno di riporto

Misto granulometrico con breccia calcarea. Spessore fino a 1,0 m.

Sabbia limosa rossa

Spessore fino a 0,6 m.

Calcarenite marnosa biancastra

Calcarenite marnosa biancastra, detritico-organogena. Spessore variabile tra 2,0 e 7,0 metri circa

Sabbia bianco-giallastra

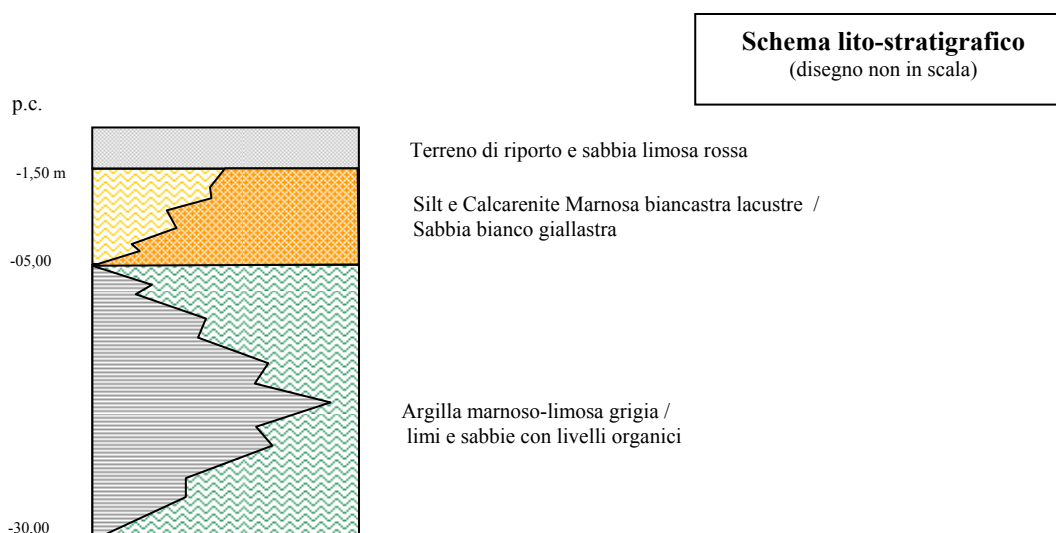
Sabbia bianco-giallastra, talora limoso-argillosa, con intercalazioni di livelli detritici e/o arenaci. Spessore variabile tra 2,5 e 7,5 metri circa

Argilla marnoso-limosa grigia

Spessore complessivo da 6,3 fino a 23 metri circa.

Sabbia limosa – Limo sabbioso

Sono termini sabbioso limosi o limoso sabbiosi color nocciola. Spessore fino a 14 metri circa.



Sotto il profilo idrogeologico, i riscontri avuti durante le perforazioni ed il successivo monitoraggio del piezometro S5 collocato in loco hanno consentito di evidenziare la presenza di una falda idrica superficiale allocata ad una profondità di 2,50 metri dal piano campagna, con oscillazioni evidenziate tra il 2004 ed il 2007 comprese: min: 1,8 metri – max: 2,5 metri.

CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

L'elaborazione delle misure sismiche in foro ha permesso di ricostruire, nell'ambito delle profondità esplorate, n. 4 profili verticali di velocità medie V_s che nell'insieme, dal punto di vista sismostratigrafico, mettono in evidenza variazioni verticali e laterali di velocità delle onde di taglio V_s che risultano comprese tra 190 e 467 m/s.

Infatti ad un primo sismostrato caratterizzato da V_s 193 – 339 m/s e spessore compreso tra 3,1 e 4,6 metri, seguono altri 2 o 3 sismostrati con V_s comprese tra 190 e 467 m/s, localmente riscontrabili a profondità comprese tra 6,1 ed 11,6 m in DHS1; tra 6,4 e 9,3 m in DHS2; tra 4,6 e 19,9 in DHS3; tra 9,6 e 30 metri in DHS4.

Sismostrato	DHS1		DHS2		DHS3		DHS4		Sismostrato
	Prof.	V_s	Prof.	V_s	Prof.	V_s	Prof.	V_s	
	m	m/s	m	m/s	mm	m/s	m	m/s	
1	3.5	339	3.1	209	4.6	193	4.2	303	1
2	6.1	272	6.4	248	19.9	431	9.6	190	2
3	11.6	467	9.3	416	30.0	249	30.0	401	3
	Cat.	V_{s30}	Cat.	V_{s30}	Cat.	V_{s30}	Cat.	V_{s30}	
	C	345	C	323	C	301	C	322	

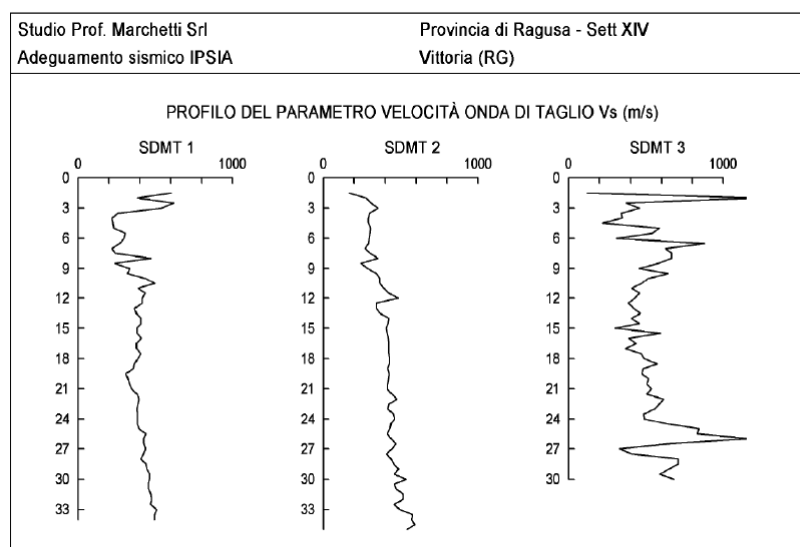


Figura 12 - Prove Dilatometriche : Profilo del Parametro Velocità Onde di Taglio.

Le velocità delle onde di taglio V_s dedotte dalle prove sismiche dilatometriche SDTM hanno esibito valori compresi tra 200 e 500 m/s.

In linea generale i valori misurati con le prove dilatometriche appaiono comunque comparabili con quelli dedotti mediante misure sismiche in foro.

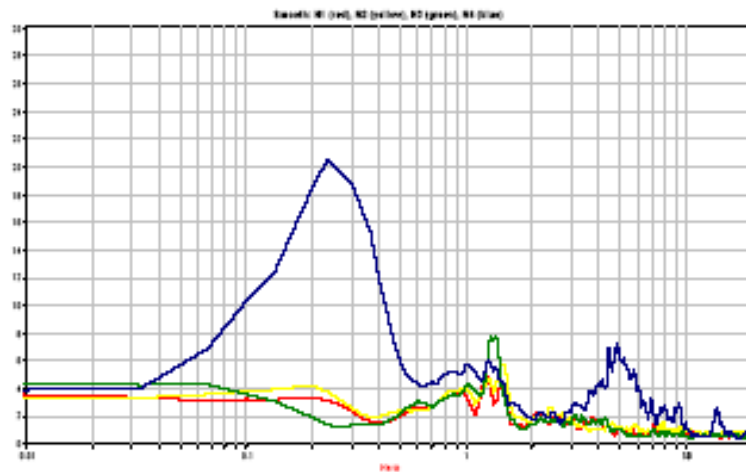
Nel complesso, espressa in termini di strato equivalente, la velocità relativa ai primi 30 metri di profondità V_{s30} varia tra 301 e 345 m/sec.

Pertanto, il profilo del suolo di fondazione ricade tra quelli di categoria C ($180 \text{ m/s} < V_{s30} < 360 \text{ m/s}$).

MISURE DI MICROTREMORE SISMICO

Oltre alle misure sismiche in foro, nel sito furono effettuate 4 misure di microtremore sismico, sia alla base della struttura che in elevazione, allo scopo di evidenziare le frequenze dominanti del sito e della struttura.

Il risultato delle elaborazioni e delle analisi spettrali dei microtremori sismici, registrati e campionati con le procedure esposte nelle “Risultanze Prospezioni Geosismiche: Misure di microtremore sismico”, è sintetizzato graficamente dalle Funzioni di Amplificazione dedotte per ciascuno dei quattro punti di misura ubicati alla base (N1, N2, N3) e sul terrazzo (N4) dell’edificio.



Funzioni di Amplificazione N1, N2, N3, N4 (Blu)

In condizioni ottimali ambientali al contorno ed al sito, le misure effettuate alla base degli edifici mettono in risalto le frequenze dominanti del substrato di fondazione, mentre le misure in elevazione quelle legate ai modi di vibrare della struttura.

L’analisi spettrale delle Funzioni di Amplificazione relative alle misure di microtremore sismico effettuate evidenzia nell’intervallo di frequenze comprese tra 0,1 Hz e 20 Hz:

- alla base dell’edificio (N1, N2, N3), picchi di amplificazione a frequenze comprese tra 0,5 Hz e 2,0 Hz circa, con massimi assoluti di amplificazione tra 1,0 Hz ed 1,4 Hz circa (probabilmente dovuti ad un substrato rigido profondo);
- sulla struttura in elevazione (N4), un massimo assoluto di amplificazione tra 0,1 Hz e 0,25 Hz circa seguito da picchi relativi di amplificazione tra 4÷5 Hz circa, oltre a quello tra 1,0 ÷ 1,5 Hz circa.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le tabelle riportate sintetizzano i dati delle caratteristiche fisiche, granulometriche e di taglio dei terreni di fondazione. Per l'insieme dei dati puntuali si rimanda comunque agli elaborati "Prove di laboratorio" e "Risultanze di laboratorio" allegati.

Anno	Sond.	Campione	Profondità	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico	Densità secca	Indice dei vuoti	Porosità	Grado di saturazione	CaCO ₃	Frazione Argillosa	D50	Coeff. di Uniformità	Coesione	Angolo di attrito
			m	%	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³		%	%	%	%	mm	Uc	kN/m ²	°
2004	S1	S1C1	6.00 - 6.10									24.85	0.0350	136.6		
2004	S1	S1F1	8.50 - 9.20	38.97	17.23	25.54	12.36	1.059	51	95.81	74.38	21.33	0.0066	53.7	38.54	37.2
2004	S1	S1F2	12.8 - 13.8	47.18	16.88	25.34	11.47	1.209	55	100	51.97	25.93	0.0075	15.1	9.72	32.7
2004	S2	S2C1	3.10 - 3.30									19.24	0.1000	950.0		
2004	S2	S2C2	5.50 - 5.70									4.46	0.2200	4.6		
2004	S2	S2F1	8.40 - 9.10	37.14	17.65	25.99	12.85	1.020	50	96.55	71.66	12.99	0.0220	15.1	37.90	39.7
2004	S2	S2F2	10.2 - 10.9	49.39	16.82	26.44	11.28	1.349	57	98.72	79.39	7.35	0.0250	16.9	68.32	33.9
2004	S2	S2F3	16.2 - 16.9	28.14	17.30	26.42	13.53	0.957	49	79.22	32.85	15.09	0.1750	388.8		
2004	S3	S3C2	2.00 - 2.45									0.0	0.2100	1.5		
2004	S3	S3C1	2.60 - 2.80									3.13	0.2050	16.6		
2004	S3	S3F1	5.50 - 6.35	22.50	18.66	26.38	15.20	0.731	42	82.71	3.66	0.0	0.2100	1.5	6.03	37.5
2004	S3	S3F2	7.10 - 7.90	40.50	17.36	25.38	12.36	1.047	51	99.78	79.24	19.44	0.0110	22.5	78.20	31.0
2004	S3	S3F3	9.7 - 10.5	56.44	15.80	24.72	10.10	1.448	59	98.27	55.28	13.13	0.0100	12.1		
2004	S4	S4C1	3.20 - 3.40									0.0	0.2500	1.9		
2004	S4	S4C2	7.00 - 7.20									0.0	0.2200	1.5		
2004	S4	S4F1	9.1 - 10.0	18.90	17.75	26.01	14.91	0.742	43	67.6	2.28	6.23	0.1900	2.6		
2004	S4	S4F2	11.3 - 12.1	38.41		25.92					82.59	10.01	0.0350	27.7		
2004	S5	S5C1	3.00 - 3.20									13.59	0.1800	438.0		
2004	S5	S5C2	4.50 - 4.70									0.0	0.2150	1.6		
2007	S1	S1C1	1.65 - 2.40	11.86	22.22	26.28	19.80	0.3274	25	97.09	29.00	19.38	0.1600	197.0	19.86	35.80
2007	S2	S2C4	7.00 - 7.45								84.00	13.66	0.0400	65.6		
2007	S3	S3C2	3.00 - 3.45								15.00	10.05	0.1950	111.0		
2007	S3	S3C3	5.60 - 6.05								82.00	13.38	2.1500	6256.2		
2007	S4	S4C1	2.00 - 2.45								81.00	22.67	0.0270	99.0		

S1C1_2007		Prova compressione edometrica			
intervallo di pressione					
da kN/m ²	a kN/m ²	coefficiente di consolidazione	C _v	0,00877	cm ² /s
98,0665	196,133	coefficiente di permeabilità	K	1,45×10 ⁻⁷	cm/s
da kN/m ²	a kN/m ²	coefficiente di consolidazione	C _v	0,00849	cm ² /s
196,133	392,266	coefficiente di permeabilità	K	7,83×10 ⁻⁸	cm/s
da kN/m ²	a kN/m ²	coefficiente di consolidazione	C _v	0,00817	cm ² /s
392,266	784,532	coefficiente di permeabilità	K	4,17×10 ⁻⁸	cm/s

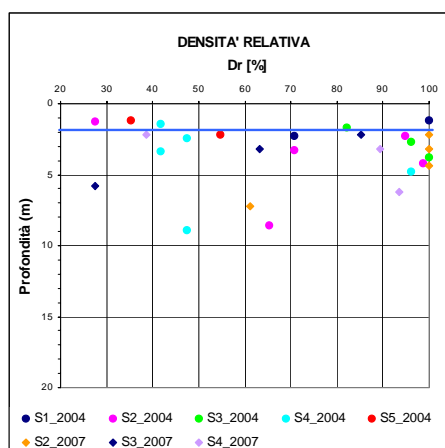
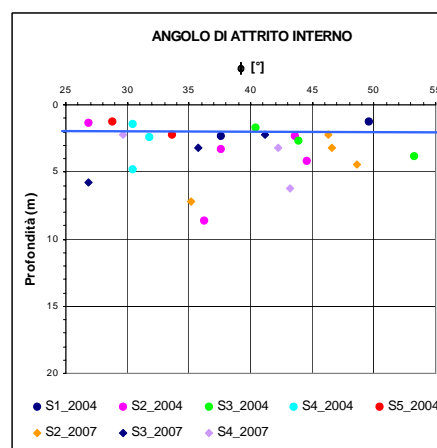
La successiva tabella ed i successivi grafici riportano i valori della densità relativa Dr e dell'angolo di attrito interno ϕ dedotti dalle prove di resistenza alla penetrazione in sito con le seguenti relazioni:

$$Dr = [(N_1)_{60} / 40]^{.5}$$

$$\phi = 20 + [15.4 (N_1)_{60}]^{.5}$$

Sondaggio	Prova	Prof.	N_{STP}	N_{60}	$(N_1)_{60}$	Dr [%]	ϕ [°]
		m					
S1 2004	SPT1	1,00 - 1,45	60	31	57	100	49.6
S1 2004	SPT2	2,10 - 2,55	25	13	20	71	37.5
S2 2004	SPT1	1,00 - 1,45	4	2	3	27	26.8
S2 2004	SPT2	2,00 - 2,45	61	23	36	95	43.5
S2 2004	SPT3	3,00 - 3,45	26	14	20	71	37.5
S2 2004	SPT4	4,00 - 4,45	78	29	39	99	44.5
S2 2004	SPT5	8,40 - 8,85	27	17	17	65	36.2
S3 2004	SPT1	1,50 - 1,95	32	16	27	82	40.4
S3 2004	SPT2	2,50 - 2,95	46	24	37	96	43.9
S3 2004	SPT3	3,50 - 3,95	92	51	72	100	53.3
S3 2004	SPT4	4,50 - 4,95	43	28	37	96	43.9
S4 2004	SPT1	1,20 - 1,65	8	4	7	42	30.4
S4 2004	SPT2	2,20 - 2,65	13	6	9	47	31.8
S4 2004	SPT3	3,20 - 3,65	9	5	7	42	30.4
S4 2004	SPT4	8,70 - 9,15	14	9	9	47	31.8
S5 2004	SPT1	1,00 - 1,45	7	3	5	35	28.8
S5 2004	SPT2	2,00 - 2,45	17	8	12	55	33.6

S2 2007	SPT1	2.00 - 2.45	54	28	45	100	46.3
S2 2007	SPT2	3.00 - 3.45	57	31	46	100	46.6
S2 2007	SPT3	4.20 - 4.65	60	39	53	100	48.6
S2 2007	SPT4	7.00 - 7.45	22	14	15	61	35.2
S3 2007	SPT1	2.00 - 2.45	36	18	29	85	41.1
S3 2007	SPT2	3.00 - 3.45	21	11	16	63	35.7
S3 2007	SPT3	5.60 - 6.05	5	3	3	27	26.8
S4 2007	SPT1	2.00 - 2.45	9	4	6	39	29.6
S4 2007	SPT2	3.00 - 3.45	41	22	32	89	42.2
S4 2007	SPT3	6.00 - 6.45	40	26	35	94	43.2

variazione della Densità relativa Dr [%]variazione della angolo di attrito interno ϕ

Ulteriori parametri ai fini della caratterizzazione geotecnica del sottosuolo è stata ottenuta dalla prove dilatometriche relativamente ai seguenti parametri ricavati in sito:

Indice del materiale **Id**, Modulo edometrico **M**, Resistenza al taglio non drenata **Cu**, Modulo di taglio massimo **Go**, Velocità onde di taglio **Vs**.

I risultati complessivi alle varie profondità sono sintetizzati nella sottostante figura.

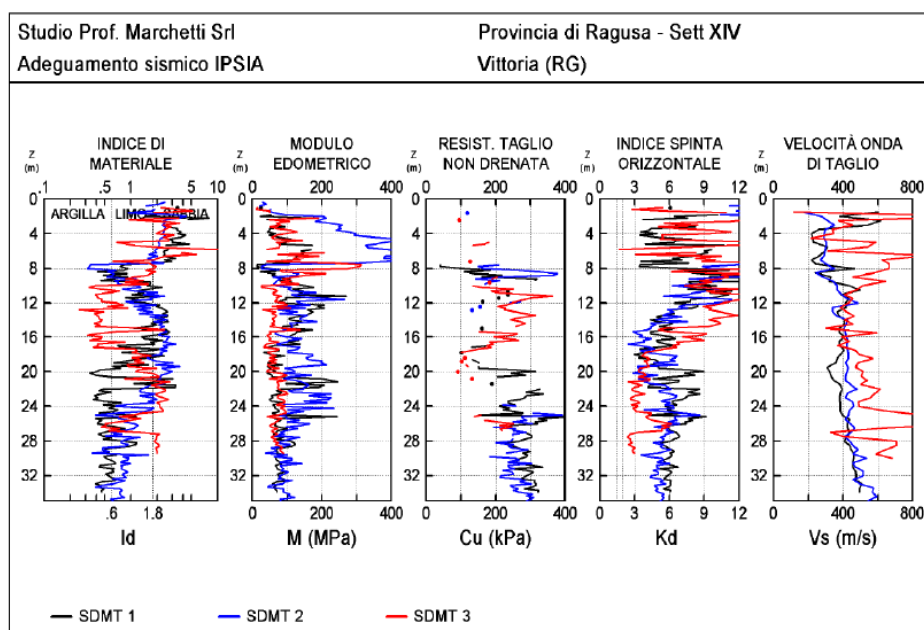


Figura 14 - Sintesi dei Risultati delle Prove Dilatometriche.

MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

Le successive tabelle sintetizzano i risultati delle prove e delle analisi effettuate.

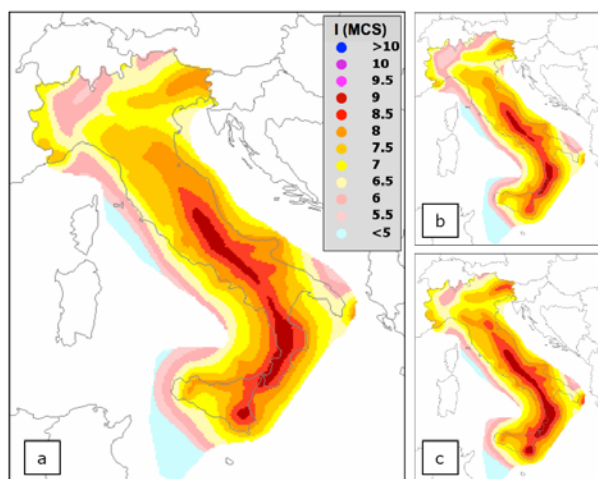
MONITORAGGIO TUBO PIEZOMETRICO S5 IPSIA - VITTORIA							
RILIEVI DEI LIVELLI D'ACQUA							
n.	data	giorni	ore	Z da p.c.	δH		Hw
1	15/10/04	0	0	-2.520		0.000	
2	09/11/04	25	600	-2.520	0.000	0.000	-0.320
3	20/12/04	66	1584	-1.800	-0.720	0.720	0.400
4	25/02/05	133	3192	-2.050	0.250	0.470	0.150
5	22/03/05	158	3792	-2.200	0.150	0.320	0.000
6	09/05/05	206	4944	-2.300	0.100	0.220	-0.100
7	24/05/05	221	5304	-2.300	0.000	0.220	-0.100
8	10/08/05	299	7176	-2.400	0.100	0.120	-0.200
9	26/06/07	984	23616	-2.300	-0.100	0.220	-0.100
10	10/07/07	998	23952	-2.480	0.180	0.040	-0.280

variazioni del livello di falda idrica

Dai dati del monitoraggio del piezometro S5 si può notare come la falda idrica, nell'arco di tre anni, oscilla tra 1,80 e 2,50 metri circa dal piano campagna, quindi ben al di sopra dei 15 metri dal piano campagna.

CARATTERISTICHE SISMICHE DEL PLATEAU IBLEO

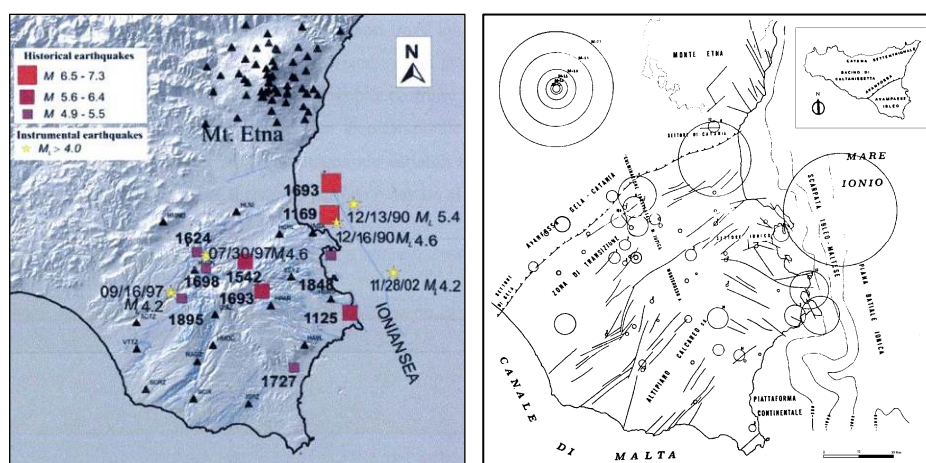
L'analisi e l'elaborazione statistica dei dati sismici desunti dai terremoti di massima intensità, avvenuti in Italia negli ultimi mille anni, hanno avuto come risultato la pubblicazione, nel corso di due decenni, da parte di ENEL, CNR, GNDT, INGV, di una serie di mappe di zonazione del rischio sismico nazionale, ai fini della protezione civile e dei criteri di progettazione tecnica in zona sismica, che vedono la Sicilia come una delle regioni d'Italia in cui si ha la maggiore probabilità di terremoti di elevata intensità macrosismica e magnitudo, specialmente per periodi di ritorno maggiori di 100 anni.



Mappe di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica (I_{max}), con probabilità di superamento del 10% (PR=475 anni) in 50 anni, per l'Italia continentale e Sicilia. a) mediana; b) 16mo percentile; c) 84mo percentile. (D7, INGV, 2007)

In particolare, è il settore ibleo quello dove sono state stimate le massime intensità macrosismiche, per i terremoti del 1169, 1693, 1818, tra il IX e l'XI grado MCS.

La causa della sismicità degli Iblei è da ricercare nel suo assetto geologico-strutturale, configurandosi l'altopiano come area di Avampaese, in cui la distribuzione degli epicentri dei terremoti ricade lungo i principali sistemi di faglie che lo interessano, quindi lungo la Scarpata Ibleo-Maltese nel margine ionico, la Linea di Scicli e le strutture tettoniche della Zona di Transizione e dell'Avanfossa Gela-Catania nel margine settentrionale e nord occidentale ibleo.

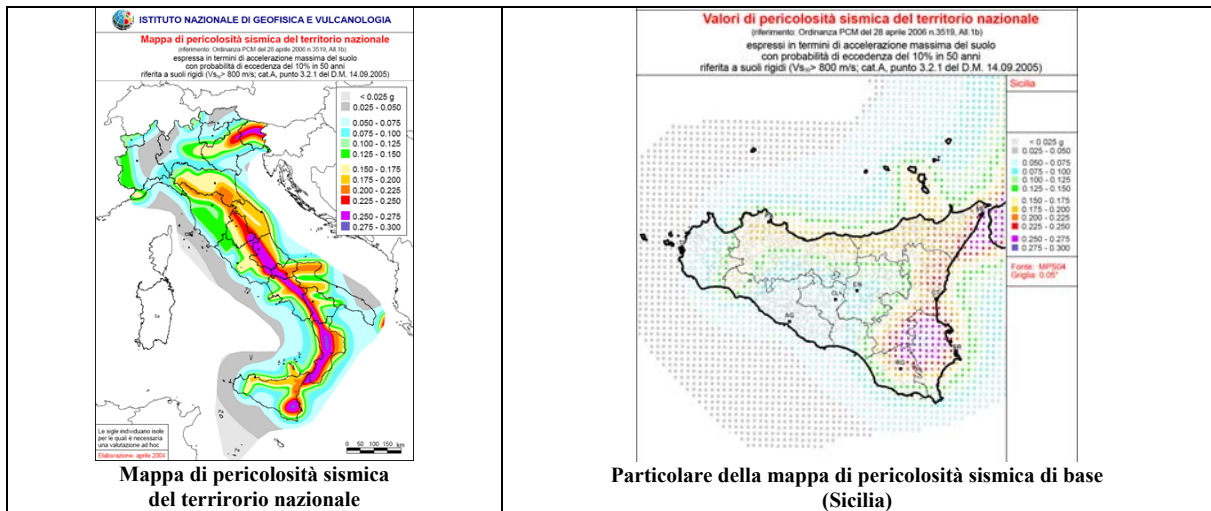


Nel dettaglio, la distribuzione degli epicentri dei terremoti a magnitudo $M_{max} = 4,9 \div 5,5$ è più addensata verso il margine occidentale del plateau ibleo ed è contrapposta a quella degli epicentri dei terremoti di massima intensità che ricadono nel settore ionico tra Catania ed Augusta, dove la magnitudo stimata è $M_{max} = 6,5 \div 7,3$ (1169, 1693, 1818).

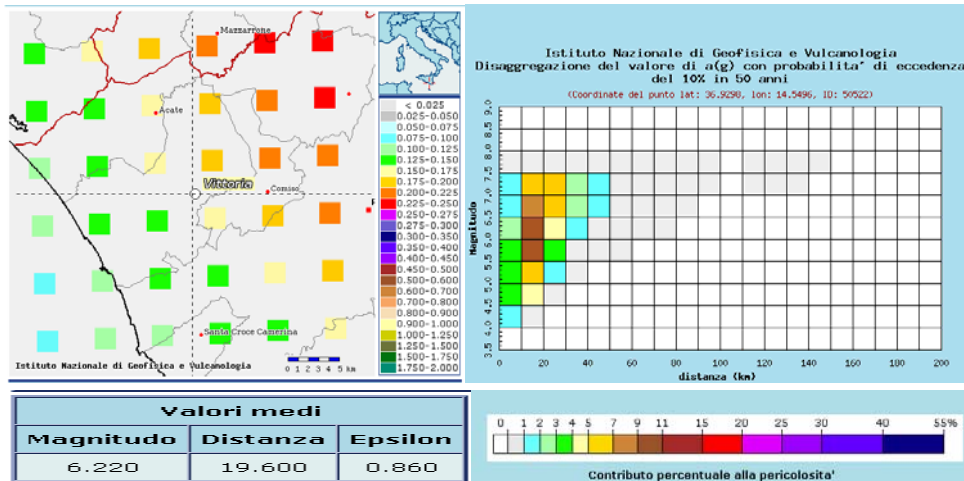
MODELLO SISMICO DEL SITO

Con l'entrata in vigore delle NTC 2008 (D.M. 14 gennaio 2008) la stima della pericolosità sismica è definita non più tramite un criterio “zona dipendente” ma mediante un approccio “sito dipendente”, partendo dalla “pericolosità sismica di base del territorio nazionale”. Un valore di pericolosità di base definito, per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica di base su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento (PR = 475 anni) è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.



Mappe interattive di pericolosità sismica



In ragione dei dati di disaggregazione sopra riportati e relativi al reticolo di riferimento prossimo al sito, la magnitudo di progetto attesa nell'intervallo di riferimento ha valore medio pari a $M = 6,22$ e distanza epicentrale pari a 19,60 km.

Per ogni opera, ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento “propria”, individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Questa accelerazione di riferimento verrà rimodulata in funzione delle caratteristiche sismo-stratigrafiche e morfologiche del sito di costruzione.

Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica in un sito è descritta sia in termini geografici che in termini temporali:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale (di Cat. A nelle NTC);
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi (10751 punti) sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'elemento essenziale per la determinazione dell'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione è la stima della "pericolosità sismica di base" dei siti di costruzione, i cui procedimenti sono descritti nel presente studio.

Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento

La vita nominale V_N di un'opera è intesa come il numero di anni nel corso dei quali la struttura, soggetta a manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In ragione della tipologia dell'edificio ai fini degli usi della Protezione Civile, la **vita nominale** della struttura in esame è di anni $V_N \geq 75$ (tabella 2.4.I delle NTC 2008).

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, la **classe d'uso** della struttura è la IV, cui corrisponde un **coefficiente d'uso** $C_U = 2$ (tabella 2.4.II delle NTC 2008). Inoltre, tali azioni sismiche sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R ottenuto moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Pertanto, per l'opera in esame, il **periodo di riferimento** è $V_R = 150$ anni.

Categoria di sottosuolo

Condizione necessaria per la definizione dell'azione sismica di progetto è l'identificazione della categoria di sottosuolo (Tabella 3.2.II) che si basa principalmente sui valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Da quanto in precedenza già riportato, i terreni di fondazione rientrano nella **categoria di sottosuolo C**.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	DESCRIZIONE	V_{s30}
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s	180 ÷ 360 m/s

Condizioni topografiche

Per valutare le condizioni topografiche, si fa riferimento ai dati riportati nelle tabelle 3.2.IV e 3.2.VI delle NTC 2008.

L'opera in esame rientra all'interno della categoria T1, con **coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,0$** .

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Tabella 3.2.VI - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0

Valutazione dell'azione sismica

Nei riguardi dell'azione sismica, l'obiettivo delle NTC è il controllo del livello di danneggiamento della opere, a fronte dei terremoti che potrebbero verificarsi.

L'azione sismica sulle opere è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A di tabella 3.2.II) ed è definita in termini di accelerazione orizzontale massima a_g , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$.

Per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, riportati in tabella 3.2.I delle NTC 2008, le forme spettrali sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,

riportati nella Tabella 1 allegata alle stesse NTC 2008, in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km), per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

Per le diverse categorie di sottosuolo di fondazione, di cui alle tabelle 3.2.II e 3.2.III delle NTC 2008, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_S , il coefficiente topografico S_T (che consentono di ricavare $a_{max} = a_g \times S_S \times S_T$) e il coefficiente C_C che modifica il valore del periodo T^*_C .

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_S e C_C valgono 1. Per le categorie di

sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T^*C relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella 3.2.V delle NTC 2008, nelle quali “g” è l’accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi. Analogamente, lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito da apposite espressioni.

Come già detto, per il sito in esame, i parametri sismici sono stati calcolati in ragione dei risultati ottenuti dalle velocità delle onde di taglio V_{S30} dello strato equivalente. La metodologia di calcolo prevede la media pesata dei valori nei quattro vertici del reticolo di cui agli allegati A e B ed alla tabella 1 delle NTC 2008.

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Fondazioni

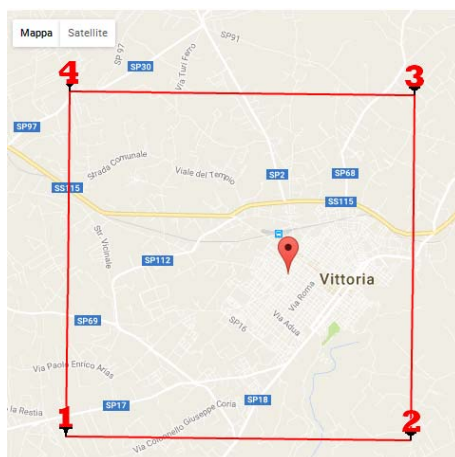
Sito in esame:

Coordinate WGS84	(°)
latitudine:	36.952755
longitudine:	14.526734

Coordinate ED50	(°)
latitudine:	36,953827
longitudine:	14,527554

Classe: IV

Vita nominale: 75



Siti di riferimento

Sito 1 ID: 50521	Lat: 36,9304Lon: 14,4873	Distanza: 4425,186
Sito 2 ID: 50522	Lat: 36,9298Lon: 14,5496	Distanza: 3315,266
Sito 3 ID: 50300	Lat: 36,9798Lon: 14,5504	Distanza: 3525,813
Sito 4 ID: 50299	Lat: 36,9804Lon: 14,4881	Distanza: 4582,941

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	150 anni
Coefficiente c_u :	2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	90	[anni]
ag:	0,059	g
Fo:	2,529	
Tc*:	0,284	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 151 [anni]
 ag: 0,081 g
 Fo: 2,449
 Tc*: 0,323 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 1424 [anni]
 ag: 0,286 g
 Fo: 2,385
 Tc*: 0,482 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 2475 [anni]
 ag: 0,372 g
 Fo: 2,415
 Tc*: 0,524 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,500	Ss: 1,500	Ss: 1,290	Ss: 1,160
Cc: 1,590	Cc: 1,530	Cc: 1,340	Cc: 1,300
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,018	Kh: 0,024	Kh: 0,103	Kh: 0,121
Kv: 0,009	Kv: 0,012	Kv: 0,052	Kv: 0,060
Amax: 0,866	Amax: 1,196	Amax: 3,620	Amax: 4,229
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,280	Beta: 0,280

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In base alle considerazioni tecniche fatte precedentemente si rileva quanto segue:

- I terreni del sito indagato mostrano litologie e granulometrie di sedimenti sabbioso-limosi debolmente argillosi.
 - La zona ha morfologia tabulare e non sono stati rilevati fenomeni, in atto o potenziali, di dissesto gravitativi o di ruscellamento superficiale. Pertanto, può essere considerata geomorfologicamente stabile.
 - Il livello piezometrico della falda idrica, nel periodo 2004-2007, è risultato oscillante e compreso tra 1,80 m e 2,50 m circa di profondità dal p.c..
 - Nel complesso, in termini di strato equivalente, la velocità relativa ai primi 30 metri di profondità V_{s30} varia tra 301 e 345 m/sec. Pertanto, il profilo del suolo di fondazione ricade tra quelli di categoria C con velocità $V_{S30} \ 180 \text{ m/s} < V_{S30} < 360 \text{ m/s}$.
 - Si prende atto della **Valutazione del Rischio di Liquefazione** effettuata dal gruppo di progettazione, con specifica relazione a firma del prof. ing. F. Castelli. La relazione elabora le *indagini e prove dilatometriche SDTM Marchetti*, sintetizzando i risultati sia in termini di Potenziale di liquefazione P_L , risultato nelle verifiche inferiore al valore di 5 (in un *range* di valori tra 0 e 100), sia in termini di Rischio di Liquefazione, valutato *basso*, e conclude **“In conseguenza di ciò non è necessario adottare soluzioni per ridurre drasticamente il pericolo di liquefazione, come per esempio il ricorso a metodi di consolidamento dei terreni, fondazioni indirette o sottofondazioni, bensì è possibile mantenere la tipologia strutturale esistente.”**
- Per le verifiche che andranno eseguite, nelle pagine precedenti sono stati riportati i principali parametri delle unità litotecniche individuate, nonché la loro caratterizzazione sismica, effettuata ai sensi delle NTC 2008 e sulla scorta dei seguenti dati di base:

Vita nominale (V_N)	75 anni
Classe d'uso	IV
Periodo di riferimento (V_R)	150 anni
Categoria di sottosuolo	C
Categoria topografica	T1

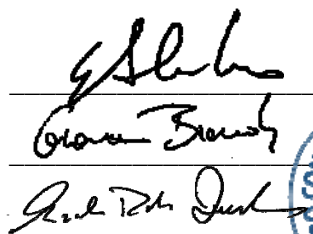
Ragusa, marzo 2017

I Geologi

(Dott. G. Alessandro)

(Dott. G. Biondi)

(Dott. E. P. Quaranta)



V. Il Dirigente 6° Settore
(geol. S. Buonmestieri)



