



00	31 Luglio 2012	PRIMA EMISSIONE / FIRST ISSUE	S.J.S. Engineering s.r.l.
REVISIONE REVISION	DATA DATE	MOTIVAZIONE REASON	PROPONENTE PROPOSER
MATRICE DELLA REVISIONE REVISION MATRIX			
Stazione appaltante <i>Awarding body</i> <h2 style="text-align: center;">AUTORITA' PORTUALE DI TARANTO</h2> <h3 style="text-align: center;">PORT AUTHORITY OF TARANTO</h3>			
Incarico <i>Job</i> <h2 style="text-align: center;">RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE</h2> <h3 style="text-align: center;">AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO</h3> <h4 style="text-align: center;">REDEVELOPMENT OF THE MOLO POLISETTORIALE</h4> <h4 style="text-align: center;">QUAY DECK EXTENSION</h4>			
Livello progettuale <i>Project level</i> <h2 style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO</h2> <h3 style="text-align: center;">DETAILED DESIGN</h3>			
Soggetto attuatore <i>Under authorization</i>  Taranto Container Terminal s.p.a. per l'Autorità Portuale di Taranto <i>Taranto Container Terminal Ltd. for Port Authority of Taranto</i>		Titolo <i>Title</i> <h2 style="text-align: center;">RELAZIONE SISMICA</h2> <h3 style="text-align: center;">SEISMIC REPORT</h3>	
		Area code <h2 style="text-align: center;">0130 TAR</h2>	
		Title code <h2 style="text-align: center;">01009-00</h2>	
		Check <h2 style="text-align: center;">R03</h2>	Job code <h2 style="text-align: center;">C-01</h2>
Design by S.J.S. Engineering s.r.l.  *Roma (00187) Via Collina, n. 36 Taranto (74123) P.zza Castel S. Angelo, n.11 Mosca (123242) Krasnaya Presnaya st. 22 - Ufficio 3 Certified office* COMPANY WITH QUALITY MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV = ISO 9001:2008 =		Progettista responsabile/Head designer Dott. Ing. Michelangelo Lentini Progettisti/Designers Dott. Ing. Alessandro Porretti Dott. Ing. Davide Mancarella Dott. Geol. Noemi La Sorsa	
Edited Di Giuseppe		Checked ML	Date July 2012
		Filename 0130TAR01009-00-R03.doc	

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	1 Di <i>of</i> 66

INDICE

1.	PREMESSA	5
	1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
	1.2 QUADRO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	7
2.	INDAGINI DISPONIBILI E MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO	8
	2.1 CAMPAGNE DI INDAGINI ESPERITE E DATI DISPONIBILI	8
	2.2 MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	10
	2.3 INDAGINI DI TIPO INDIRECTO	13
	2.3.1 Risultanze prospezioni sismiche in foro di tipo Down-Hole.....	13
	2.3.2 Risultanze stendimenti sismici.....	16
	2.3.3 Alcune considerazioni sulle indagini geofisiche	19
	2.4 Prove SPT (Campagna 2008).....	20
	2.5 MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	22
3.	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	25
	3.1 UBICAZIONE DEL SITO DI COSTRUZIONE.....	25
	3.2 DEFINIZIONE DELLO SPETTRO ELASTICO IN ACCELERAZIONE ED AZIONI DI PROGETTO	28
	3.2.1 Spettri elastici e di progetto (VN = 100 anni, Cu = 1,5)	30
	3.2.2 Spettri elastici e di progetto (VN = 50 anni, Cu = 1,5).....	37
4.	SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	44
	4.1 VERIFICA DI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	54
	4.1.1 Carico ciclico dovuto al sisma	55
	4.1.2 Resistenza CRR per le prove - SPT	55
	4.1.3 Seed & Idriss (1982) – SPT	56
	4.1.4 Resistenza CRR per le prove sismiche	60
	4.1.5 Andrus & Stokoe (1997) - VS	60
	4.1.6 Juang Et Al. (2001) – VS	62
5.	CONCLUSIONI	64
6.	BIBLIOGRAFIA.....	66

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	2	Di <i>of</i>	66

INDICE TABELLE

Tabella 1 Tabella di sintesi ultima delle risultanze due campagne 2008 e 2012, lato mare e lato banchina – valori dei parametri caratteristici geotecnici per il deposito di riempimento antropico e per il deposito alluvionale e di spiaggia recente.....	11
Tabella 2 - Tabella di sintesi ultima delle risultanze due campagne 2008 e 2012, lato mare e lato banchina – valori dei parametri caratteristici geotecnici per il substrato argilloso portante dei pali di fondazione	12
Tabella 3 Tabella di sintesi delle velocità rilevate nel corso della prova MASW sugli dieci stendimenti SS1-SS10 eseguiti nel corso della campagna 2012.	18
Tabella 4 Risultati delle Prove SPT eseguite nei depositi di riempimento antropico durante la campagna BH2012.....	21
Tabella 5 Categorie di suolo di fondazione di cui all'O.P.C.M. 3274/2003 e DM 14-1-2008.....	22
Tabella 6 Quadro riassuntivo risultanze campagne di indagini ottobre 2008 e giugno 2012 ai fini della attribuzione della categoria di suolo di fondazione.....	23
Tabella 7 Classificazione sismica del sito secondo l'ordinanza di cui all'O.P.C.M. 3274/2003.....	25
Tabella 8 Coordinate baricentriche della banchina oggetto di ampliamento	26
Tabella 9 Coordinate dei punti di riferimento del reticolo di zonizzazione di dettaglio del territorio INGV .	27
Tabella 10 Parametri di riferimento assunti per la determinazione dello spettro elastico	30
Tabella 11 Parametri dello spettro elastico per differenti Stati Limite	30
Tabella 12 Coefficienti sismici differenti Stati Limite	30
Tabella 13 Parametri di riferimento assunti per la determinazione dello spettro elastico	37
Tabella 14 Parametri dello spettro elastico per differenti Stati Limite	37
Tabella 15 Coefficienti sismici per differenti Stati Limite.....	37
Tabella 16 Potenziale di liquefazione	54
Tabella 17: Valori per la magnitudo.....	57
Tabella 18: Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio BH12 (campagna 2008)	58
Tabella 19 Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio BH9 (campagna 2008).....	58
Tabella 20: Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio BH12 (Campagna 2008).....	59
Tabella 21 Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio RS1 (campagna 2012).....	61
Tabella 22: Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio RS2 (campagna 2012).....	61
Tabella 23 Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio RS1 (campagna 2012).....	62
Tabella 24: Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio RS1 (campagna 2012).....	63

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	3 Di <i>of</i> 66

INDICE FIGURE

Figura 1 Diagrammi della velocità delle onde s e p con la profondità per le prove sismiche down-hole.....	15
Figura 2 Ubicazione degli stendimenti sismici effettuati nel mese di giugno 2012.....	16
Figura 3 Modello di distribuzione delle velocità Vp e Vs a varie profondità – Indagini MASW campagna 2012	19
Figura 4 Mappa della pericolosità sismica per il sito in esame - fonte Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanica	26
Figura 5 – Maglia dei siti di riferimento nel reticolo INGV in cui ricade il sito di progetto	27
Figura 6 Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite	31
Figura 7 Valori di progetto del parametro a_g in funzione del periodo di ritorno T_R	31
Figura 8 Valori di progetto del parametro F0 in funzione del periodo di ritorno T_R	32
Figura 9 Valori di progetto del parametro T^*c in funzione del periodo di ritorno T_R	32
Figura 10 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=1$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$	33
Figura 11 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=1.5$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$	34
Figura 12 – Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=2$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$	35
Figura 13 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=3$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$	36
Figura 14 Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite.....	38
Figura 15 Valori di progetto del parametro a_g in funzione del periodo di ritorno T_R	38
Figura 16 Valori di progetto del parametro F0 in funzione del periodo di ritorno T_R	39
Figura 17 Valori di progetto del parametro T^*c in funzione del periodo di ritorno T_R	39
Figura 18 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=1$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$	40
Figura 19 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=1.5$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$	41
Figura 20 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=2$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$	42
Figura 21 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=3$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$	43
Figura 22 Sondaggio RS1 – 1) campione da -4,5 a -10 metri.....	44
Figura 23 Sondaggio RS2 – 1) da -8 a -10 metri; 2) MIX da -5 a -6 metri e da -10 a -12 metri.....	45

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04				
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012			
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">Di <i>of</i></td> <td style="text-align: center;">66</td> </tr> </table>	4	Di <i>of</i>	66
4	Di <i>of</i>	66				

Figura 24 Sondaggio RS3: 1) Mix da -1 a -3 metri e da -4.5 a -6 metri.....	46
Figura 25 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" – Campione RS1 – MIX 1 (da -4,5 a -10 metri)	47
Figura 26 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" – Campione RS2 – MIX 1 (da -8 a -10 metri).....	48
Figura 27 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" Campione RS2 – MIX 2 (da -5 a -6 metri e da -10 a -12 metri).....	49
Figura 28 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" Campione RS3 – MIX 1 (da -1 a -3 metri e da -4.5 a -6 metri)	50
Figura 29 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" Campione RS3 – MIX 2 (da -6 a -13.5 metri). Coefficiente di uniformità della curva: 2.7.....	51
Figura 30 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" sondaggio BH 9	52
Figura 31 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" sondaggio BH 12.....	52
Figura 32 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" sondaggio BH 3	53

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	5	Di <i>of</i>	66

1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di definire la pericolosità sismica di base del sito su cui verranno realizzate le opere in progetto.

La definizione della pericolosità sismica si articola, nel caso di specie, nella definizione della categoria di sottosuolo sulla base delle determinazioni sperimentali in sito, della definizione dello spettro di risposta elastica in accelerazione nonché per gli spettri di progetto per le opere da realizzare. Infine, alcune verifiche sono state svolte per valutare la suscettibilità alla liquefazione dei depositi di origine antropica che costituiscono il riempimento di banchina.

1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'intervento di riqualificazione della banchina del Molo Polisetoriale interesserà un tratto di estensione pari a 1.200m a partire dalla testata ed è orientato a consentire l'approfondimento dei fondali antistanti la banchina esistente in condizioni di sicurezza. L'attuale banchina ha un funzionamento a gravità, ed è costituita da cassoni cellulari in cemento armato imbasati ad un fondale di - 14 m s.l.m.m. Le nuove strutture di banchina saranno contigue ai cassoni e realizzate mediante un impalcato su pali di estensione trasversale pari a 10,10 m. Quest'ultimo consentirà una estensione del molo e si potrà pertanto procedere ad un approfondimento del fondale senza scalzare il piede del cassone. L'impalcato poggia su due file di pali parallele allo sviluppo della banchina. La distanza tra le due file di pali è pari a 4,10 m mentre l'interasse tra i pali della stessa fila è pari a 5,40 m.

L'impalcato su pali ospiterà la nuova via di corsa della gru di banchina lato mare. L'asse della rotaia correrà lungo la congiungente gli assi dei pali della fila esterna. Per mantenere lo scartamento attuale tra le vie di corsa della gru di banchina, si è previsto di realizzare una nuova trave portarotaia lato terra, anch'essa con struttura poggiate su pali. Le due strutture sono reciprocamente connesse mediante delle travi di ancoraggio che hanno lo scopo di limitare gli spostamenti orizzontali dell'impalcato e garantire che siano contenuti entro le tolleranze accettabili per le gru stesse.

Altre azioni orizzontali significative derivano all'impalcato dai fender e dalle bitte installate lungo la nuova banchina che avranno il compito di assorbire le spinte di accosto delle navi ed assicurarne l'ormeggio in condizioni di progetto.

L'impalcato su pali ha un carattere modulare, poiché sono previsti giunti strutturali sia longitudinalmente, tra di esso ed i cassoni della banchina esistente, sia trasversalmente ad un interasse di 46,60 m. La trave di corsa lato terra è anch'essa dotata di giunti, con interasse analogo a quello dell'impalcato di banchina.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	6 Di <i>of</i> 66

La forma del modulo strutturale complessivo costituito dall'impalcato di banchina, dalla trave portarotaia lato terra e dalle travi di collegamento è simmetrico rispetto al suo asse trasversale.

Vi è una concentrazione di masse significative alla quota di banchina dovuta alla presenza di un impalcato di spessore complessivo prossimo ai 3 m. I pali lato terra sono completamente immersi nel suolo e trovano pertanto condizioni di vincolo alle traslazioni orizzontali maggiori rispetto di supporto dell'impalcato a mare.

Ai sensi della Normativa Regionale (DGR n. 1214 del 31/5/2011 - Individuazione degli "Edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di prot.ne civile"), l'opera è inclusa nel punto B4 a) ossia "Vie di comunicazione (strade, ferrovie, banchine portuali, piste aeroportuali, funivie, ecc.) ed opere d'arte annesse, il collasso delle quali può determinare gravi conseguenze in termini di perdite di vite umane, ovvero interruzioni prolungate del traffico". A tali opere, la Normativa Regionale associa la classe d'uso III, ai sensi del par. 2.4.2 del DM 14-1-2008. Le opere principali è opportuno che vengano dimensionate rispetto alle sollecitazioni sismiche, per una vita utile di 100 anni ed un coefficiente d'uso pari ad 1.5. Per le opere annesse minori si potrà fare ricorso ad una vita utile di 50 anni ed un coefficienti d'uso di 1.50.

Le indagini di tipo geognostico e geotecnico hanno riguardato un volume di suolo più ampio rispetto a quello direttamente coinvolto dalle opere geotecniche. I sondaggi sono stati spinti ad 1.3 volte la lunghezza massima del palo ad una profondità maggiore rispetto alla larghezza dell'impalcato stesso.

Ai fini della definizione della velocità delle onde di taglio $v_{s,30}$, la Norma stabilisce, nel caso di fondazioni profonde, la profondità di 30 metri è riferita alla testa dei pali. Indagini di tipo geofisico sono state eseguite ben oltre i 30 m di profondità del piano di banchina.

Le considerazioni sulla categoria di sottosuolo vanno ad ogni modo temperate alla luce del fatto che i primi 30 m davvero significativi per la portanza della fondazione indiretta sono quelli che si misurano a partire dall'ingresso dei pali nel substrato portante argilloso.

Va infatti considerato che i pali di fondazione della trave portarotaia lato terra sono incamiciati con lamierino in acciaio fino all'ingresso nel substrato argilloso. Questa scelta è legata sia alla franosità già riscontrata nel corso dei sondaggi, delle pareti del foro, nel materiale di riempimento antropico, sia alla volontà di evitare l'insorgere di possibili fenomeni di attrito negativo in un deposito mediamente addensato ma potenzialmente soggetto ad ulteriori assestamenti.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	7 Di <i>of</i> 66

1.2 QUADRO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

L'area del molo polisettoriale è collocata alle propaggini meridionali dell'avanfossa Appenninica, ovvero la Fossa Bradanica, caratterizzata da un assetto stratigrafico ben noto e caratteristico.

La successione stratigrafica tipica della costa ionica è rappresentata, dal basso verso l'alto, dai Calcari di Altamura, dalle Calcareniti di Gravina (discontinui), dalle argille del Bradano, da depositi marini terrazzati discontinui ed infine da depositi alluvionali e di spiaggia recenti.

Il Calcare di Altamura, rappresenta una formazione potentissima di epoca cretacea, costituita da calcari micritici e dolomie, formante il basamento strutturale della regione. Su di essi poggiano, localmente ed in trasgressione, le calcareniti di gravina, la cui potenza è variabile e si riduce procedendo verso la costa. Si tratta di calcareniti organogene mediamente consistenti, che costituiscono la testimonianza deposizionale del ciclo di ingressione delle acque marine in epoca plio-pleistocenica sulla parte emersa della piattaforma apula. Su di esse poggiano, in continuità, sebbene con spessori variabili, le Argille del Bradano, la formazione che caratterizza l'area per le sue peculiarità geologiche e per la notevole potenza raggiunta. Questo termine è costituito, nel suo orizzonte più profondo, da argille passanti a limi argillosi ed infine a limi sabbiosi man mano che si procede verso il tetto della formazione. Infine i depositi marini terrazzati ed i depositi alluvionali e di spiaggia recente costituiscono i recenti ed attuali depositi di chiusura del ciclo sedimentario della fossa bradanica, e sono caratterizzati da spessori disomogenei e discontinui.

Il Molo Polisettoriale si colloca in questa successione. Il piano di imbasamento dei cassoni di banchina è costituito, a meno dello scanno e del pietrame di fondazione, dai termini più superficiali e limosi delle argille del Bradano. Il materiale di rinterro a tergo dei cassoni di banchina, poggia sui depositi alluvionali e di spiaggia recenti i quali, con esiguo spessore, poggiano sulle argille del Bradano.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	8	Di <i>of</i>	66

2. INDAGINI DISPONIBILI E MODELLO SIMOSTRATIGRAFICO

2.1 CAMPAGNE DI INDAGINI ESPERITE E DATI DISPONIBILI

Ai fini della individuazione del modello sismostratigrafico e della categoria di riferimento del suolo di fondazione si fa riferimento alle campagne di indagini che sono state eseguite nel corso degli anni nell'area interessata dagli interventi. Numerose campagne di indagini sono state esperite dagli anni 70 ad oggi.

Di particolare interesse, ai fini della caratterizzazione sismica dei suoli di fondazione, risultano le campagne richiamate nella tabella seguente.

CAMPAGNE	RIFERIMENTI
Campagna di indagini geognostiche propedeutica all'adeguamento e riqualificazione di un tratto di banchina di ormeggio del Molo Polisetoriale di Taranto	Nardoni Lavori 2008
Ammodernamento e riqualificazione del Piazzale Molo Polisetoriale Taranto – Relazione Geologica	SJS s.r.l. 1999
Adeguamento e ammodernamento della banchina di ormeggio Molo Polisetoriale Taranto – Relazione Geologica	Dott. Geol. Sergio Calabrese SJS s.r.l. 1998
Riqualificazione del Molo Polisetoriale di Taranto - Ammodernamento della banchina di ormeggio Relazione Indagini Geognostiche	S.J.S. s.r.l. 2012

Le opere previste nel presente progetto sono caratterizzate da fondazioni su pali di grande diametro. Segue una breve sintesi su alcuni elementi specifici utili a descrivere il processo decisionale sotto il profilo della schematizzazione e dimensionamento geotecnico.

Il progetto contiene un accurato studio geotecnico, al quale si rimanda per i necessari approfondimenti, nel quale vengono dettagliatamente illustrate e motivate tutte le scelte effettuate per gli schemi geotecnici adottati per il calcolo, unitamente alle modalità attraverso le quali si è addivenuti alla caratterizzazione geotecnica dei terreni che verranno interessati dalle opere in progetto.

Preliminarmente alla progettazione, si è proceduto con la definizione di un apposito piano di indagini geognostiche e geotecniche che sono state poi esperite nel giugno 2012 (Campagna BS2012). Il Piano è stato calibrato tenendo conto della quantità e qualità dei dati disponibili.

La campagna 2012 è consistita in:

- N. 3 sondaggi lato banchina spinti fino ad una profondità massima di 68 m da p.c., con contestuale prelievo di n. 15 campioni indisturbati per prove di laboratorio

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	9 Di <i>of</i> 66

- N. 3 sondaggi lato mare (BS1-BS2-BS3) spinti fino ad una profondità massima di 65 m da p.c., con contestuale prelievo di n. 15 campioni indisturbati per prove di laboratorio
- N. 3 prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU, in affiancamento ai 3 sondaggi lato banchina (RS1-RS2-RS3), spinte fino ad una profondità massima di circa 20 m dal p.c.;
- N. 2 prospezioni sismiche in foro tipo Down-Hole, spinte fino ad una profondità di 53,0 m dal p.c., finalizzate alla misurazione della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo a varie profondità
- N. 10 stendimenti sismici da 115 m ciascuno che hanno consentito di coprire, complessivamente, l'intero sviluppo della banchina.

Sui campioni prelevati sono state eseguite prove per la determinazione di parametri fisici e geomeccanici. In particolare, per i materiali costituenti le argille del Bradano, sono state eseguite prove di compressione triassiale (sia in condizioni non drenate che drenate), prove edometriche e prove di compressione in espansione laterale libera. Per i terreni di riempimento antropico, più superficiali, a carattere sabbioso, difficilmente campionabili, sono stati eseguiti test per la misurazione del peso di volume e delle curve granulometriche.

Particolare attenzione è stata poi dedicata alla fase preliminare di analisi, valutazione, screening e sintesi dei dati già disponibili, nella quale sono state vagliate tutte le informazioni stratigrafiche rinvenienti da tutte le campagne geognostiche eseguite dal 1970 ad oggi e le informazioni geotecniche derivanti dalla campagna dell'Ottobre 2008. Dalla disanima della documentazione, in rapporto alle esigenze dello specifico problema progettuale, si è optato, con particolare riferimento al posizionamento planimetrico dei sondaggi oltre che alla natura, numerosità e qualità dei dati derivanti dalle prove di laboratorio eseguite, di focalizzare l'attenzione sulla campagna d'indagine dell'ottobre 2008 (campagna BH2008). Detta campagna è consistita in una serie di sondaggi e prove in situ eseguiti direttamente dall'estradosso della banchina ed in attraversamento della stessa (in posizione prossima alla nuova rotaia lato terra) oltre che a mare, a filo rispetto all'attuale fronte di banchina; secondo il dettaglio qui di seguito riassunto, sono stati presi in considerazione i soli sondaggi, e relative prove in situ e di laboratorio su campioni indisturbati, utili perché allineati e prossimi alle linee di sviluppo dei nuovi binari di corsa:

- sondaggi in banchina prossimi alla realizzanda rotaia lato banchina: BH2, BH3, BH5, BH6, BH8, BH9, BH11, BH12 (di seguito più brevemente campagna BH2008 – lato banchina);
- sondaggi a mare a filo fronte banchina (per rotaia da realizzare sull'ampliamento banchina): BH1, BH4, BH7, BH10 (di seguito più brevemente campagna BH2008 – lato mare).

Di particolare rilievo, ai fini delle valutazioni inerenti alla presente relazione, sono i risultati delle prove SPT eseguite diffusamente in tutti i sondaggi all'interno del deposito superficiale di riempimento antropico. Il ricorso ai sondaggi della campagna geognostica 2008, oltre che della campagna 2012 ha consentito di ricostruire 3 sezioni longitudinali lungo lo sviluppo della banchina e 6 sezioni trasversali. Indagini di tipo indiretto costituite da stendimenti sismici sono

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	10	Di <i>of</i>	66

state di conforto nella interpolazione stratigrafica.

Nella modellazione geotecnica, le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni sono state desunte da specifiche elaborazioni dei dati risultanti dalle indagini eseguite attentamente correlate con quelle altrettanto numerose già disponibili. Per tutti i necessari approfondimenti sul tema della definizione dei parametri geotecnici caratteristici di progetto e dello schema di riferimento per il dimensionamento delle opere di fondazione, si rimanda alla relazione geotecnica.

2.2 MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Nel presente paragrafo si introduce sinteticamente lo schema geotecnico di riferimento, approfonditamente descritto nell'ambito della relazione geotecnica. La successione stratigrafica dell'area d'intervento, analizzata nell'inquadramento geologico generale ha trovato pienamente riscontro nell'ambito della campagna di indagini esperite nel giugno 2012 e dai dati disponibili dalla campagna 2008.

La sequenza schematica dei litotipi interessati dalle opere può essere sintetizzata nel seguente modo:

- LITOTIPO C costituito da sedimenti incoerenti recenti di riempimento del corpo banchina;
- LITOTIPO A, costituito da depositi alluvionali e di spiaggia recenti (sabbia con ghiaia e ciottoli a limo sabbioso);
- LITOTIPO B – Argille plioceniche di base, quest'ultimo distinto in B.1 (Argille di base superficiali allentate) e B.2 (argille di base profonde consistenti)

A ciascun litotipo sono associati i valori caratteristici dei parametri geotecnici:

Litotipo	Parametri geotecnici	Valori medi	Valori minimi	Valori massimi	Unità di misura	N° di determinaz
LITOTIPO C Riempimento corpo banchina con materiale incoerente	Peso dell'unità di volume	γ 19,0	-	-	kN/m³	0
	Coazione efficace	c' 0,0	0,0	0,0	kPa	0
	Angolo di resistenza al taglio	φ' 32,0	27,0	35,0	°	31
	Coefficiente Winkler verticale	k_v 130,0	75,0	-	N/cm³	0
	Coefficiente Winkler orizzontale	k_h 85,0	50,0	-	N/cm³	0
	Modulo elastico	E 35,0	18,0	50,0	MPa	31

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO			Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO			Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA			Pagina 11 <i>Page</i>	
				Di 66 <i>of</i>	

Litotipo	Parametri geotecnici		Valori medi	Valori minimi	Valori massimi	Unità di misura	N° di determinaz
LITOTIPO A Depositi alluvionali e di spiaggia recenti (da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo sabbioso)	Peso dell'unità di volume	γ	18,0	-	-	kN/m³	0
	Coazione efficace	c'	0,0	0,0	0,0	kPa	0
	Angolo di resistenza al taglio	φ'	30,0	28,0	33,0	°	17
	Coefficiente Winkler verticale	k_v	45,0	40,0	-	N/cm³	0
	Coefficiente Winkler orizzontale	k_h	30,0	25,0	-	N/cm³	0
	Modulo elastico	E	31,0	22,0	39,0	MPa	17

Tabella 1 Tabella di sintesi ultima delle risultanze due campagne 2008 e 2012, lato mare e lato banchina – valori dei parametri caratteristici geotecnici per il deposito di riempimento antropico e per il deposito alluvionale e di spiaggia recente

Litotipo	Parametri geotecnici		Valori medi	Valori minimi	Valori massimi	Unità di misura	N° di determinaz
LITOTIPO B1 Argille plioceniche di base superficiali (allentate)	Peso dell'unità di volume	γ	19,5	19,0	20,5	kN/m³	30
	Coazione Non Drenata	C_u	210	135	275	kPa	47
	Coefficiente Winkler verticale	k_v	135,0	90,0	-	°	0
	Coefficiente Winkler orizzontale	k_h	90,0	60,0	-	N/cm³	0
	Modulo Elastico	E	16,0	11,0	21,0	MPa	24
LITOTIPO B2 Argille plioceniche di base profonde (consistenti)	Peso dell'unità di volume	γ	20,5	19,5	21,0	kN/m³	81
	Coazione Non Drenata	C_u	270	195	345	kPa	139
	Coefficiente Winkler verticale	k_v	180,0	135,0	-	°	0
	Coefficiente Winkler orizzontale	k_h	120,0	90,0	-	N/cm³	0

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO		Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	12	Di <i>of</i>	66

Litotipo	Parametri geotecnici		Valori medi	Valori minimi	Valori massimi	Unità di misura	N° di determinaz
	Modulo elastico	E	25,0	17,0	37,0	N/cm³	27

Tabella 2 - Tabella di sintesi ultima delle risultanze due campagne 2008 e 2012, lato mare e lato banchina – valori dei parametri caratteristici geotecnici per il substrato argilloso portante dei pali di fondazione

Lo spessore di riferimento dei litotipi è riportato di seguito:

Schema geotecnico binario lato banchina_1:

- 0,0 ÷ -18,0 m: *LITOTIPO C,*
- -18,0 m ÷ -19,7 m: *LITOTIPO A,*
- -19,7 m ÷ -26,0 m: *LITOTIPO B1,*
- -26,0 m ÷ punta palo: *LITOTIPO B2*

Schema geotecnico binario lato banchina_2:

- 0,0 ÷ -11,8 m: *LITOTIPO C,*
- -11,8 m ÷ -12,3 m: *LITOTIPO A,*
- -12,3 m ÷ -26,0 m: *LITOTIPO B1,*
- -26,0 m ÷ punta palo: *LITOTIPO B2.*

Schema geotecnico binario lato mare_1:

- 0,0 ÷ -18,0 m: *mare+banchina,*
- -18,0 m ÷ -22,4 m: *LITOTIPO A,*
- -22,4 m ÷ -26,0 m: *LITOTIPO B1,*
- -26,0 m ÷ punta palo: *LITOTIPO B2*

Schema geotecnico binario lato mare_2:

- 0,0 ÷ -16,5 m: *mare+banchina,*
- -16,5 m ÷ -18,7 m: *LITOTIPO A,*
- -18,7 m ÷ -26,0 m: *LITOTIPO B1,*
- -26,0 m ÷ punta palo: *LITOTIPO B2.*

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	13	Di <i>of</i>	66

2.3 INDAGINI DI TIPO INDIRECTO

2.3.1 Risultanze prospezioni sismiche in foro di tipo Down-Hole

All'interno dei fori di sondaggio RS2 ed RS1 sono state effettuate¹ due prospezioni sismiche tipo Down-Hole, identificate rispettivamente con i codici alfanumerici DH1-RS2 e DH2-RS1, spinte entrambe fino ad una profondità di 53,0 m dal p.c., ai fini della caratterizzazione sismica dei terreni interessati dalle opere in progetto.

Di seguito si illustrano brevemente le risultanze ottenute.

DH1-RS2

La prospezione sismica ha individuato 5 sismostrati così caratterizzati:

- da p.c. a -3,0 m dal p.c. si registra un valore caratteristico delle velocità delle onde di taglio V_s pari a 316 m/s;
- da -3,0 m a -7,0 m dal p.c. si rileva un aumento del valore caratteristico delle velocità delle onde di taglio V_s fino a 615 m/s;
- da -7,0 m a -13,0 m dal p.c. si riscontra un ulteriore incremento del valore caratteristico delle velocità delle onde di taglio V_s fino a 1.000 m/s;
- da -13,0 m a -26,0 m dal p.c. si registra un sensibile abbassamento del valore caratteristico delle velocità delle onde di taglio V_s fino a 366 m/s;
- da -26,0 m a -53,0 m dal p.c. le velocità delle onde di taglio V_s si mantengono più o meno costanti con valore caratteristico pari a 381 m/s.

DH2-RS1

La prospezione sismica ha individuato 7 sismostrati così caratterizzati:

- da p.c. a -3,0 m dal p.c. si registra un valore caratteristico delle velocità delle onde di taglio V_s pari a 361 m/s;
- da -3,0 m a -12,0 m dal p.c. si rileva un sensibile aumento del valore caratteristico delle velocità delle onde di taglio V_s fino a 1.125 m/s;
- da -12,0 m a -15,0 m dal p.c. si riscontra un notevole decremento del valore caratteristico delle velocità delle onde di taglio V_s fino a 283 m/s;

¹ Nel mese di giugno 2012 dal LABORATORIO TERRE di Rocco Porsia & C. s.a.s..

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	14 Di <i>of</i> 66

- da -15,0 m a -21,0 m dal p.c. si registra un aumento del valore caratteristico delle velocità delle onde di taglio V_s fino a 465 m/s;
- da -21,0 m a -27,0 m dal p.c. le velocità delle onde di taglio V_s continuano a crescere fino ad un valore caratteristico pari a 750 m/s;
- da -27,0 m a -36,0 m dal p.c. si riscontra nuovamente un sensibile abbassamento del valore caratteristico delle velocità delle onde di taglio V_s fino a 264 m/s, più o meno in linea con lo strato 3 (da -12,0 a -15,0 m dal p.c.);
- da -36,0 m a -53,0 m dal p.c. si rileva un incremento del valore caratteristico delle velocità delle onde di taglio V_s fino a 419 m/s.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		15	66

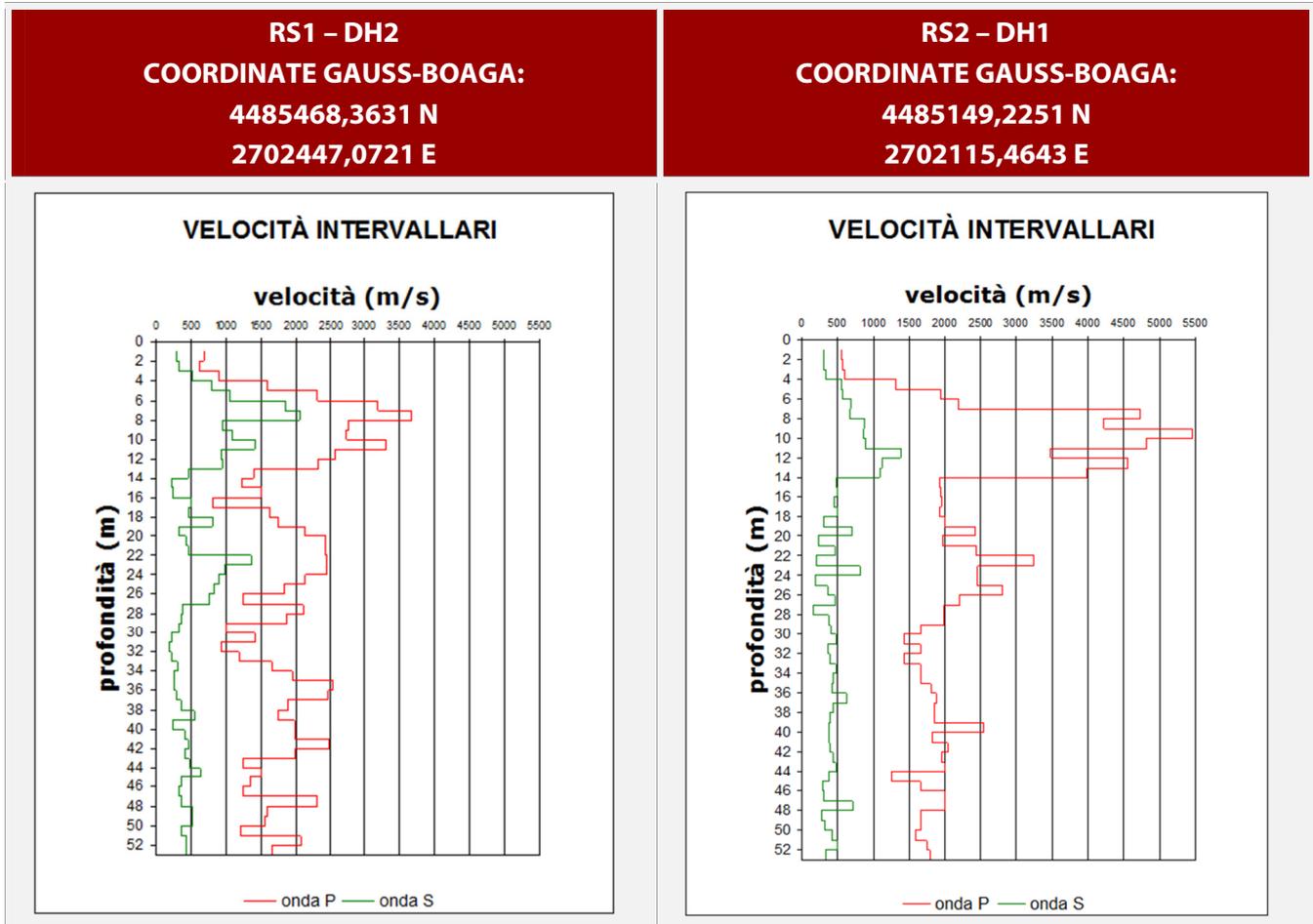


Figura 1 Diagrammi della velocità delle onde s e p con la profondità per le prove sismiche down-hole.

Si evidenzia che:

- Le due prove evidenziano una significativa diversificazione nella velocità delle onde S.
- Alcuni strati evidenziano velocità delle onde di taglio significativamente più basse.
- sulla verticale di indagine DH1-RS2 si evidenzia uno strato caratterizzato da velocità vs decrescenti fino a 26 m (con valore caratteristico di 366 m/s) ed uno strato più profondo con velocità leggermente superiori (381 m/s)
- sulla verticale di indagine DH2-RS1 trapela una maggiore stratificazione con valori più bassi della velocità sismica fino a -27 e oltre - 36 m (283 e 264 m/s), mentre si raggiungono valori molto elevati per gli strati intermedi (750 m/s e 419 m/s)

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	16 Di <i>of</i> 66

2.3.2 Risultanze stendimenti sismici

L'indagine sismica eseguita² si è articolata in n. 10 stendimenti sismici (da SS1 a SS10) di estensione pari a 115 m ciascuno, posti consecutivamente e distanziati di 5 m l'uno dall'altro, al fine di coprire tutti i 1.200 metri interessati dalle opere in progetto.



Figura 2 Ubicazione degli stendimenti sismici effettuati nel mese di giugno 2012

L'indagine così strutturata ha consentito di acquisire, per ciascuno stendimento n. 1 profilo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e n. 1 profilo sismico. Di seguito si illustrano in forma sintetica le risultanze ottenute.

² Nel mese di giugno 2012 dallo STUDIO BLUGEO del Dott. Geol. Gianfranco Moro.

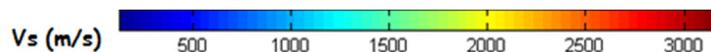
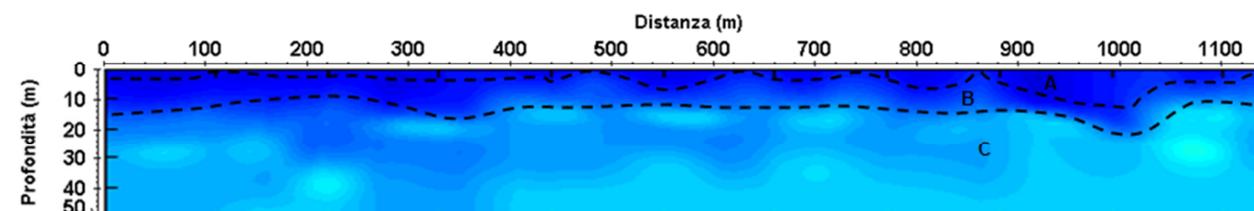
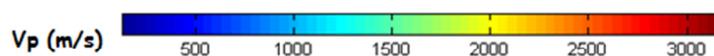
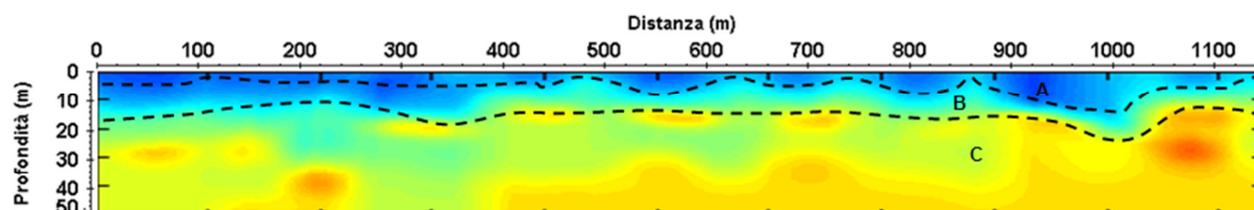
	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO		Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04		
		PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012	
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	17	Di <i>of</i>	66

Stendimento	Strato	Profondità dal piano di banchina	Velocità delle onde di taglio rilevate	Velocità delle onde di taglio medie nei primi 30 m
SS1	Strato A	0.2-2 m	$V_s=300$ m/s	$V_{s30} = 608$ m/s
	Strato B	12,5 e 13,5 m circa	$500 < V_s < 800$ m/s	
	Strato C	Oltre 13 m	$1.000 < V_s < 1.400$ m/s	
SS2	Strato A	da 0,2 m a 4,0 m	$V_s=300$ m/s	V_{s30} pari a 601 m/s
	Strato B	tra 14,0 e 20,0 m	$500 < V_s < 800$ m/s	
	Strato C	Oltre 20 m	$1.000 < V_s < 1.400$ m/s;	
SS3	Strato A	da 0,2 m a 3,5 m	$V_s=300$ m/s	$V_{s30} = 563$ m/s
	Strato B	tra 28,0 e 30,0 m	$500 < V_s < 800$ m/s	
	Strato C	Oltre 28 m	$1.000 < V_s < 1.400$ m/s	
SS4	Strato A	da 0,2 m a 4,0 m	$V_s=300$ m/s	$V_{s30} = 659$ m/s
	Strato B	tra 14,0 e 15,0 m	$500 < V_s < 700$ m/s	
	Strato C	Oltre 15 m	$1.000 < V_s < 1.200$ m/s	
SS5	Strato A	da 0,2 m a 4,5 m	$V_s=300$ m/s	$V_{s30} = 759$ m/s
	Strato B	12,0 e 15,0 m	$500 < V_s < 700$ m/s	
	Strato C	Oltre 15 m	$1.000 < V_s < 1.200$ m/s	
SS6	Strato A	da 0,2 m a 3,5 m	$V_s=300$ m/s	$V_{s30} = 701$ m/s
	Strato B	tra 10,0 e 12,0 m	$500 < V_s < 700$ m/s	
	Strato C	Oltre	$1.000 < V_s < 1.200$ m/s;	
SS7	Strato A	da 0,2 m a 6,5 m	$V_s=300$ m/s;	$V_{s30} = 714$ m/s
	Strato B	tra 10,0 e 14,0 m	$500 < V_s < 700$ m/s	
	Strato C	oltre	$1.000 < V_s < 1.200$ m/s	
SS8	Strato A	da 0,2 m a 4,5 m	$V_s=300$ m/s	$V_{s30} = 684$ m/s

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		18	66

Stendimento	Strato	Profondità dal piano di banchina	Velocità delle onde di taglio rilevate	Velocità delle onde di taglio medie nei primi 30 m
	Strato B	tra 11,0 e 12,0 m	$500 < V_s < 700$ m/s	
	Strato C	oltre	$1.000 < V_s < 1.200$ m/s	
SS9	Strato A	da 12,0 m a 14,5 m	$V_s = 300 \div 600$ m/s	$V_{s30} = 889$ m/s
	Strato B	oltre	$1.000 < V_s < 1.200$ m/s	
SS10	Strato A	da 0,0 m a 6,5 m	$V_s = 300$ m/s	
	Strato B	tra 8,0 e 16,0 m	$500 < V_s < 700$ m/s	
	Strato C	oltre	$1.000 < V_s < 1.200$ m/s	

Tabella 3 Tabella di sintesi delle velocità rilevate nel corso della prova MASW sugli dieci stendimenti SS1-SS10 eseguiti nel corso della campagna 2012.



	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	19 Di <i>of</i> 66

Figura 3 Modello di distribuzione delle velocità Vp e Vs a varie profondità – Indagini MASW campagna 2012

2.3.3 Alcune considerazioni sulle indagini geofisiche

Se si escludono dal calcolo i primi 13,00 m per l'indagine RS2 DH1 e i primi 12,00 m per l'indagine RS1 DH2, costituiti fondamentalmente da materiale di riporto antropico, i valori di Vs30 ottenuti nelle due prove Down-Hole sono praticamente identici e si attestano attorno ad un valore di 375 m/s. I valori della velocità delle onde di taglio all'interno del materiale antropico ha un andamento più eterogeneo ed appare legato alla variabilità di strati che sicuramente assumono, localmente, caratteri geomeccanici diversi. Sebbene le velocità delle onde di taglio siano molto più elevate, per la eterogeneità di questi sedimenti è opportuno riferirsi anche ai dati di prove in situ di tipo SPT esperite durante la campagna del 2008.

Dai diagrammi delle prove MASW si evince che i valori di Vp sono generalmente compresi tra 600m/s e 2200m/s mentre valori di Vs sono generalmente compresi tra 300m/s e 1400m/s.

In particolare, nella schematizzazione proposta dall'esecutore delle indagini MASW, si possono distinguere tre sismostrati con caratteristiche moderatamente omogenee:

- A: $V_p=600\text{m/s}$ ($V_s=300\text{m/s}$); strato superficiale da 0.2m a 4.0m circa di profondità;
- B: $900 < V_p < 1200\text{m/s}$ ($500 < V_s < 800\text{m/s}$); strato mediamente compatto da 4.0 a 20.0m circa;
- C: $1500 < V_p < 2200\text{m/s}$ ($1000 < V_s < 1400\text{m/s}$); probabile presenza di materiale argilloso compatto per profondità superiori.

In considerazione della eterogeneità dei sedimenti contenuti nel riempimento di banchina, le prove di tipo Down Hole danno certamente un quadro più attendibile perché interessano volumi più piccoli e permettono di distinguere meglio l'eterogeneità di comportamento di vari strati. Le prove di superficie possono essere considerate quale riferimento di massima per correlare approssimativamente l'andamento stratigrafico del passaggio tra deposito e materiali autoctoni tra i sondaggi geognostici.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		20	66

2.4 Prove SPT (Campagna 2008)

Nella seguente tabella si riportano i risultati delle prove SPT eseguiti nel corso della campagna BH2008.

Sondaggio	Quota (m s.l.m.)	N colpi /30 cm	Sondaggio	Quota (m s.l.m.)	N colpi /30 cm	
BH1	-16	12		1,5	45	
	-17,5	45		0	58	
BH2	-15	22		-1,5	30	
	-16,5	46		-3	26	
BH3	1,5	19		BH9	-4,5	15
	0	100		-6	33	
	-2	66		-7,5	16	
	-3	11		-9	100	
	-4,5	24		-10,5	100	
	-6	9		BH10	-14,3	21
	-7,5	13		-15,5	100	
	-9	17		-16,5	26	
	-10,5	10	BH11	-17,5	32	
	-12	11	1,5	92		
-13,5	28	0	63			
BH4	-16	26	BH12	-1,5	40	
	-17	100	-3	68		
	-18	84	-4,5	20		
BH5	1,5	34	-6	60		
	0	33	-7,5	36		
	-1,5	41	-9	68		
	-3	33	-10,5	15		
	-4,5	52	-11,5	52		
	-6	32	BH13	1,5	34	
	-7,5	100	0	39		
	-9	100	-1,5	49		

Sondaggio	Quota (m s.l.m.)	N colpi /30 cm	Sondaggio	Quota (m s.l.m.)	N colpi /30 cm
BH6	1,5	34		-3	39
	0	33		-4,5	32
	-1,5	41		-6	100
	-3	33		-7,5	53
	-4,5	52		-9	28
	-6	32		1,5	49
	-7,5	100		0	28
	-9	100		-1,5	46
BH7	-14,5	27	BH14	-3,6	37
BH8	-14	33		-4,5	35
	-15,5	19		-6	17
	1	43		-7,5	14
				-9	12

Tabella 4 Risultati delle Prove SPT eseguite nei depositi di riempimento antropico durante la campagna BH2012

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		22	66

2.5 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto, nel presente paragrafo si procede alla attribuzione della categoria di suolo di fondazione secondo le classi individuate dall'O.P.C.M. 3274/2003 e s.m.i., di cui alla successiva tabella.

Tabella 5 Categorie di suolo di fondazione di cui all'O.P.C.M. 3274/2003 e DM 14-1-2008

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m
B	<i>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</i> , con spessori di diverse decine di metri, 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 (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa)
C	<i>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza</i> , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa)
D	<i>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti</i> , caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{SPT} < 15$, $C_u < 70$ kPa)
E	<i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</i> , con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s

In aggiunta a queste cinque categorie se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- **S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua**, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < C_u < 20$ kPa);
- **S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.**

Alla definizione della categoria di sottosuolo concorrono:

- Le velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m V_{s30} (Campagna 2012)
- I valori medi dei colpi N_{SPT} corretti con la profondità (Campagna 2008)
- I valori medi C_u ottenuti da prove di laboratorio (Campagna 2008 e 2012)

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO		Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04		
		PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012	
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	23	Di <i>of</i>	66

Si faccia riferimento alla relazione Geotecnica ed alla relazione sulle Indagini per la lettura dei dati delle prove di laboratorio.

Con riferimento ai dati disponibili, si richiamano i valori caratteristici desunti dalla relazione Geotecnica (V_s , NSPT, C_u) ai fini della definizione della categoria di suolo di fondazione.

Tipo di indagine	Litotipo	Profondità media di riferimento (da p.c.)	Parametri di riferimento (valori caratteristici)				Cat. di suolo
			N_{SPT} [n. colpi]	C_u [kPa]	V_s [m/s]	V_{s30} [m/s]	
Prove SPT BH2008 (lato banchina)	C	da 0,0 a -13,5 m	32	-	228	-	C
	A	da -13,5 a -15,0 m	21	-	250	-	C
Prove SPT BH2008 (lato mare)	A	da -17,0 a -20,4 m	28	-	180	-	C
Prove laboratorio BH2008 (lato banchina)	B1	da -15,0 a -26,0 m	-	230	-	-	C
	B2	-40,0 m da p.c.	-	270	-	-	B
Prove laboratorio BH2008 (lato mare)	B1	da -20,4 a -26,0 m	-	200	-	-	C
	B2	-50,0 m	-	270	-	-	B
Prove laboratorio RS2012 (lato banchina)	B1	da -15,0 a -26,0 m	-	170	-	-	C
	B2	-65,0 m	-	280	-	-	B
Prove laboratorio BS2012 (lato mare)	B1	da -20,4 a -26,0 m	-	205	-	-	C
	B2	-65,0 m	-	270	-	-	B
Prove Down-Hole 2012	B1 e B2*	da -12,5 a -42,5 m	-	-	-	374÷375	B
Stendimenti sismici 2012	A, C, B1 E B2**	da 0,0 a -30,0 m	-	-	-	633	B

* la determinazione delle V_{s30} è stata effettuata tra -12,0÷-13,0 m dal p.c. e -42,0÷-43,0 m dal p.c., dunque nei LITOTIPI B1 e B2 bypassando quelli sovrastanti, nell'ottica di non considerare la portanza laterale di questi ultimi nei calcoli di progetto;

** la determinazione delle V_{s30} è stata effettuata a partire dal p.c. e dunque in tutti i litotipi indicati.

Tabella 6 Quadro riassuntivo risultanze campagne di indagini ottobre 2008 e giugno 2012 ai fini della attribuzione della categoria di suolo di fondazione

Le indagini di tipo geofisico evidenziano chiaramente la successione dei sismostrati che caratterizzano i terreni interessati dalle nuove opere. Le velocità delle onde sismiche di taglio rilevate sono coerenti con la presenza di un materiale di riporto antropico eterogeneo, a carattere sabbioso, con una porzione più superficiale di terreno meno addensato ed a una variabilità

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	24 Di <i>of</i> 66

significativa riscontrata nella stratigrafia del deposito antropico. Gli strati di terreno naturale in posto sono costituiti fondamentalmente da argille e argille limose e presentano caratteristiche sismostratigrafiche più omogenee, con velocità delle onde di taglio costanti.

La distribuzione dei parametri caratteristici sulla base dei quali si attribuisce la categoria di suolo, si collocano in un range tale da consentire di attribuire la categoria B o C.

Tuttavia, la presenza di uno strato superficiale meno addensato, alcuni valori di velocità prossimi al passaggio tra suoli di categoria B e C, oltre che la presenza di prove dirette in situ di tipo SPT e di laboratorio, con valori prossimi alla discriminante di passaggio tra le due categorie, consigliano di adottare un suolo di riferimento in categoria C. Le considerazioni vanno inoltre fatte alla luce della effettiva profondità di interesse, che riguarda anche i primi 30 m dall'ingresso dei pali nel substrato portante argilloso.

La scelta del suolo di categoria C è certamente a favore di sicurezza ed appare la più ragionevole, in considerazione del fatto che i valori di C_u caratteristici (cfr. relazione Geotecnica) risultano per il litotipo B1 inferiori e per il litotipo B2 solo di poco superiori al limite discriminatorio di 250 kPa fra "suolo di tipo C" e "suolo di tipo B". Le opere sono inoltre caratterizzate da un notevole sviluppo lineare (1.200 m), e, come evidenziato dai sondaggi geognostici e dalle prove geosismiche, esse possono interessare situazioni stratigrafiche significativamente variabili con passaggi stratigrafici orizzontali discontinui. Infine, la v_{s30} per alcuni livelli di argille al passaggio dai depositi di spiaggia recenti ai depositi argillosi allentati, portano velocità delle onde di taglio basse, tali da far collocare il suolo nella categoria C.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO		Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	25
			Di <i>of</i>	66

3. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

3.1 UBICAZIONE DEL SITO DI COSTRUZIONE

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Puglia n.153 del 2 marzo 2004, l'area che interessa il Molo Polisetoriale, nel territorio tarantino, ricade in zona 3, "zona con pericolosità sismica bassa".

Comune	CLASSIFICAZIONE SISMICA					
	Decreti fino al 1984	Proposta del GDL del 1998	O.P.C.M. n. 3274/2003 e s.m.i.	D.G.R. Puglia n. 153/2004	Accelerazione orizzontale max a_g/g^*	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico a_g/g
Taranto	N.C.	III Categoria	Zona 3	Zona 3	$0,05 \leq a_g/g < 0,15$	0,15

* Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, con riferimento ad un suolo di tipo "A".

Tabella 7 Classificazione sismica del sito secondo l'ordinanza di cui all'O.P.C.M. 3274/2003

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante a_g , che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Le più recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (14/01/2008) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti.

La stima dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale.

Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di della accelerazione massima al sito a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*C).

Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		26	66

Secondo le NTC l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.100-0.125 g, come evidenziato nella figura di seguito illustrata, in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, Vs30>800m/sec).

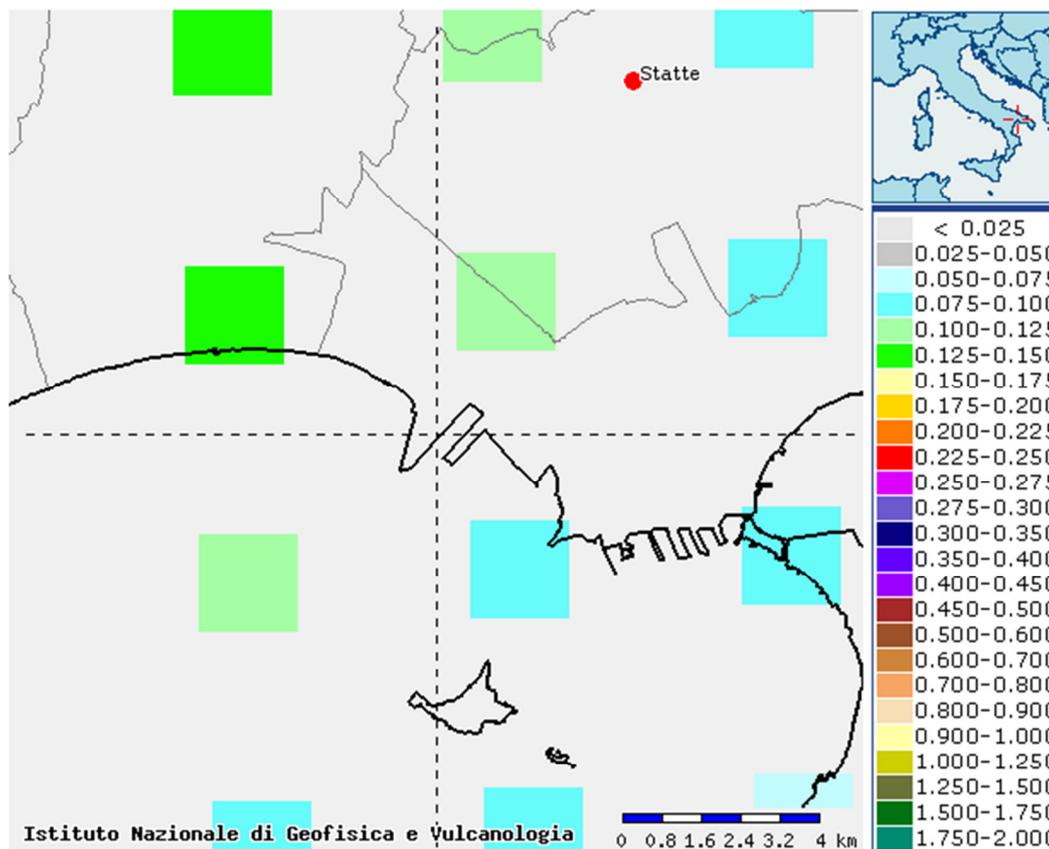


Figura 4 Mappa della pericolosità sismica per il sito in esame - fonte Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Le coordinate baricentriche del sito in esame sono le seguenti:

latitudine	40,502124[°] (Coordinate geografiche espresse in ED50)
	40,501138 [°] (Coordinate geografiche espresse in WGS84)
longitudine	17,155953 [°](Coordinate geografiche espresse in ED50)
	17,155151[°] (Coordinate geografiche espresse in WGS84)

Tabella 8 Coordinate baricentriche della banchina oggetto di ampliamento

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		27	66

Siti di riferimento	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	34354	40,526830	17,107760	4913,7
Sito 2	34355	40,524690	17,173450	2921,8
Sito 3	34577	40,474740	17,170630	3288,2
Sito 4	34576	40,476870	17,105010	5142,4

Tabella 9 Coordinate dei punti di riferimento del reticolo di zonizzazione di dettaglio del territorio INGV

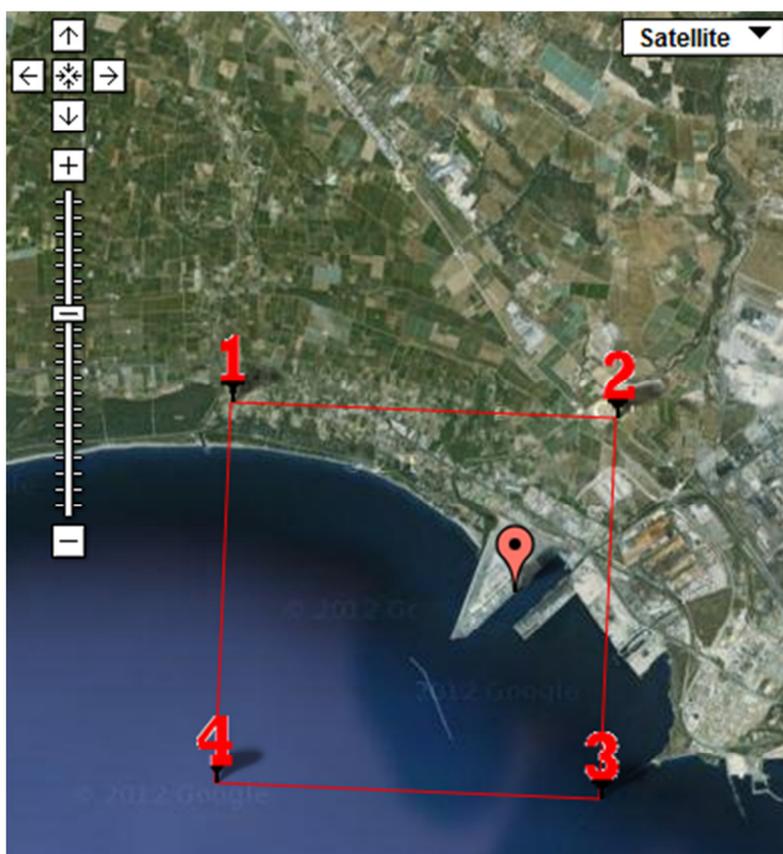


Figura 5 – Maglia dei siti di riferimento nel reticolo INGV in cui ricade il sito di progetto

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		28	66

3.2 DEFINIZIONE DELLO SPETTRO ELASTICO IN ACCELERAZIONE ED AZIONI DI PROGETTO

Ai fini delle Norme Tecniche l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y, da considerare tra di loro indipendenti.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Inutilmente onerosa e complessa parrebbe l'esecuzione di una analisi specifica di risposta sismica locale anche in riferimento ad eventuali gruppi di accelerogrammi ad hoc, dal momento che la condizione topografica e stratigrafica appare abbastanza regolare.

Sulla base dei numerosi dati disponibili dalle indagini di campo e di laboratorio si ritiene soddisfacente la determinazione delle azioni sismiche di progetto sulla base del metodo definito al par. 3.2 del D.M. 14-1-2008 sulla base della categoria del sottosuolo di riferimento.

Nel presente capitolo si definiscono le forme spettrali di riferimento (spettri elastici e spettri di progetto).

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} . Il periodo di riferimento è di fatto legato, attraverso le formule riportate al v. § 2.4 e § 3.2.1 delle NTC, alla vita utile e classe d'uso della costruzione.

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s.

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} \right] + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right)$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale. Inoltre S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione $S = S_s \times S_T$, essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vedi

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	29 Di <i>of</i> 66

Tab. 3.2.VI delle NTC); η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione definita al par. 3.2.3.2.1. delle NTC.

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2; T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \times T_C$, dove C_T è definito al § 3.2 delle NTC e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo. T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro (cfr. 3.2.3.2.1.NTC).

La forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_S , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_C che modifica il valore del periodo T_C .

Per gli stati limite di esercizio, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1 NTC), la quale conduce ai cosiddetti Stati Limite Operativo e Stato Limite di Danno.

Ai fini della progettazione strutturale, le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1), con le ordinate ridotte, sostituendo nelle formule 3.2.4, il parametro η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura definito nel capitolo 7 delle NTC.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	30	Di <i>of</i>	66

3.2.1 Spettri elastici e di progetto (VN = 100 anni, Cu = 1,5)

I parametri adottati per la definizione dello spettro di risposta elastica in accelerazione sono riportati nella seguente tabella.

Classe d'uso Costruzione	Vita nominale	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	Periodo di riferimento	Coefficiente d'uso Cu	Tipo di interpolazione
III	100 anni	C	T1	150 anni	1.5	Media ponderata

Tabella 10 Parametri di riferimento assunti per la determinazione dello spettro elastico

Qui di seguito si riportano i parametri di progetto e gli spettri ottenuti dall'individuazione della pericolosità del sito in base alle coordinate del baricentro approssimativo della nuova banchina. I parametri sono dati per differenti tempi di ritorno cui corrispondono differenti probabilità di superamento per i diversi stati limite.

PARAMETRI DELLO SPETTRO					
STATO LIMITE	P _R	T _R	a _g	F ₀	T _c *
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81%	90	0.051	2.443	0.331
SLD	63%	151	0.065	2.533	0.332
SLV	10%	1424	0.171	2.505	0.331
SLC	5%	2475	0.208	2.501	0.331

Tabella 11 Parametri dello spettro elastico per differenti Stati Limite

COEFFICIENTI SISMICI							
	S _s	C _c	St	Kh	Kv	a _{MAX}	BETA
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
SLO	1.500	1.510	1.000	0.015	0.008	0.750	0.200
SLD	1.500	1.510	1.000	0.020	0.010	0.958	0.200
SLV	1.440	1.510	1.000	0.059	0.029	2.403	0.240
SLC	1.390	1.510	1.000	0.081	0.040	2.829	0.280

Tabella 12 Coefficienti sismici differenti Stati Limite

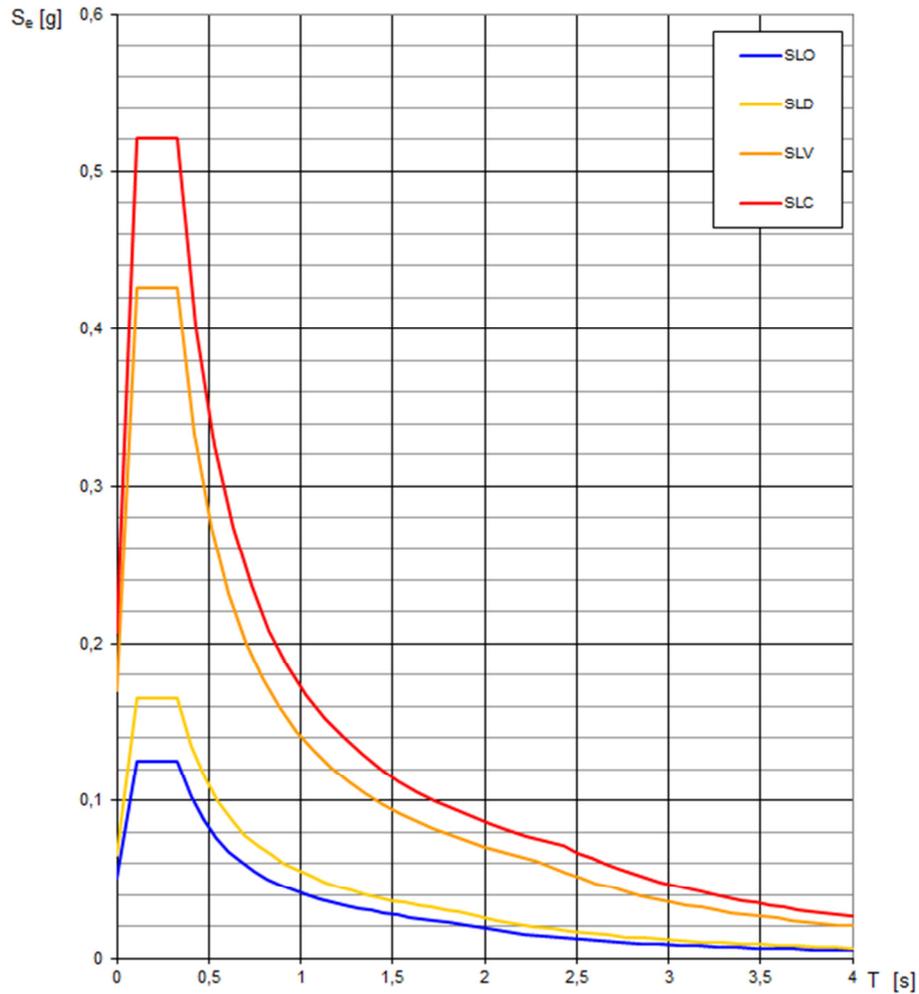


Figura 6 Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

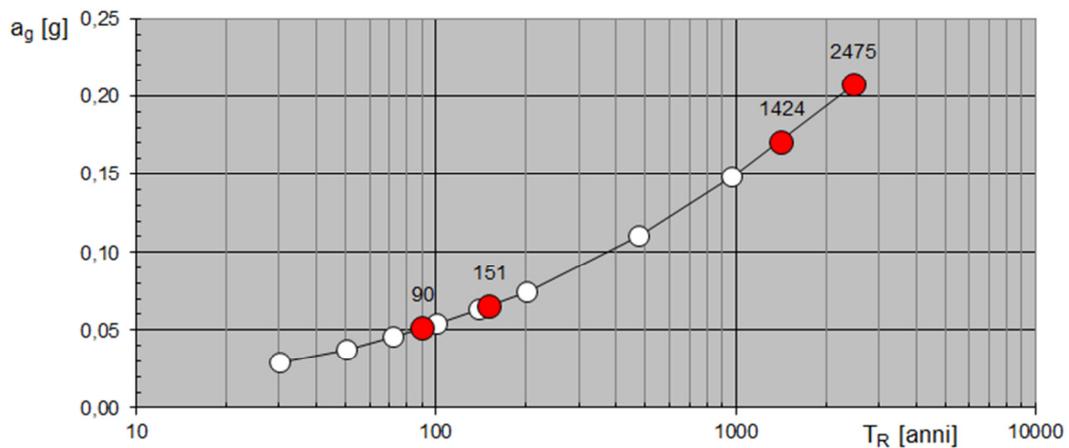


Figura 7 Valori di progetto del parametro a_g in funzione del periodo di ritorno T_R

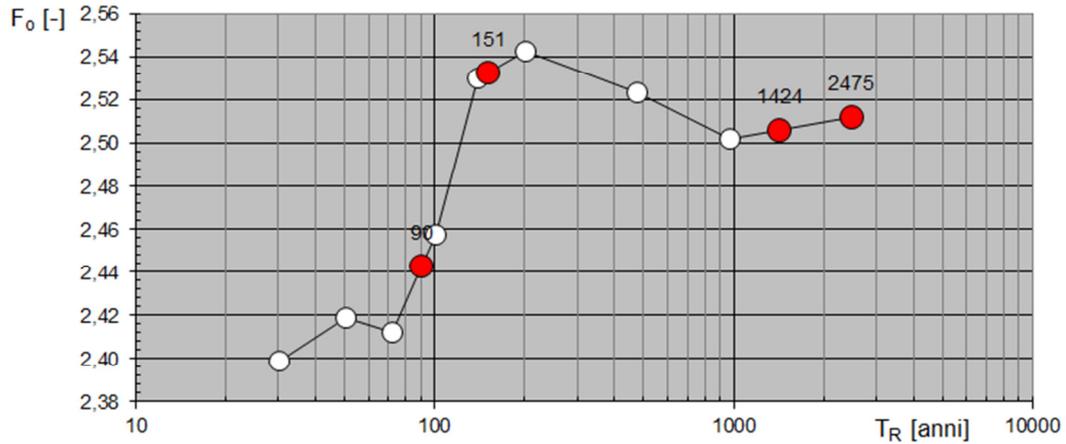


Figura 8 Valori di progetto del parametro F0 in funzione del periodo di ritorno TR

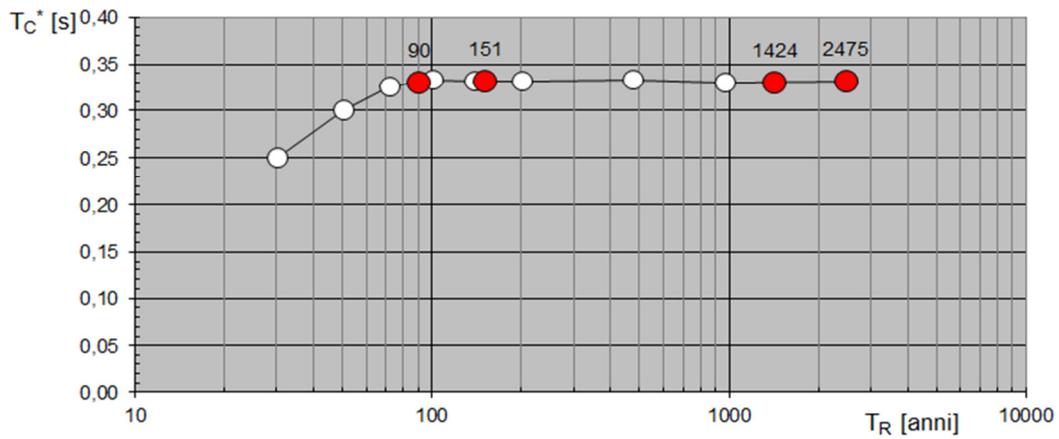


Figura 9 Valori di progetto del parametro T*c in funzione del periodo di ritorno TR

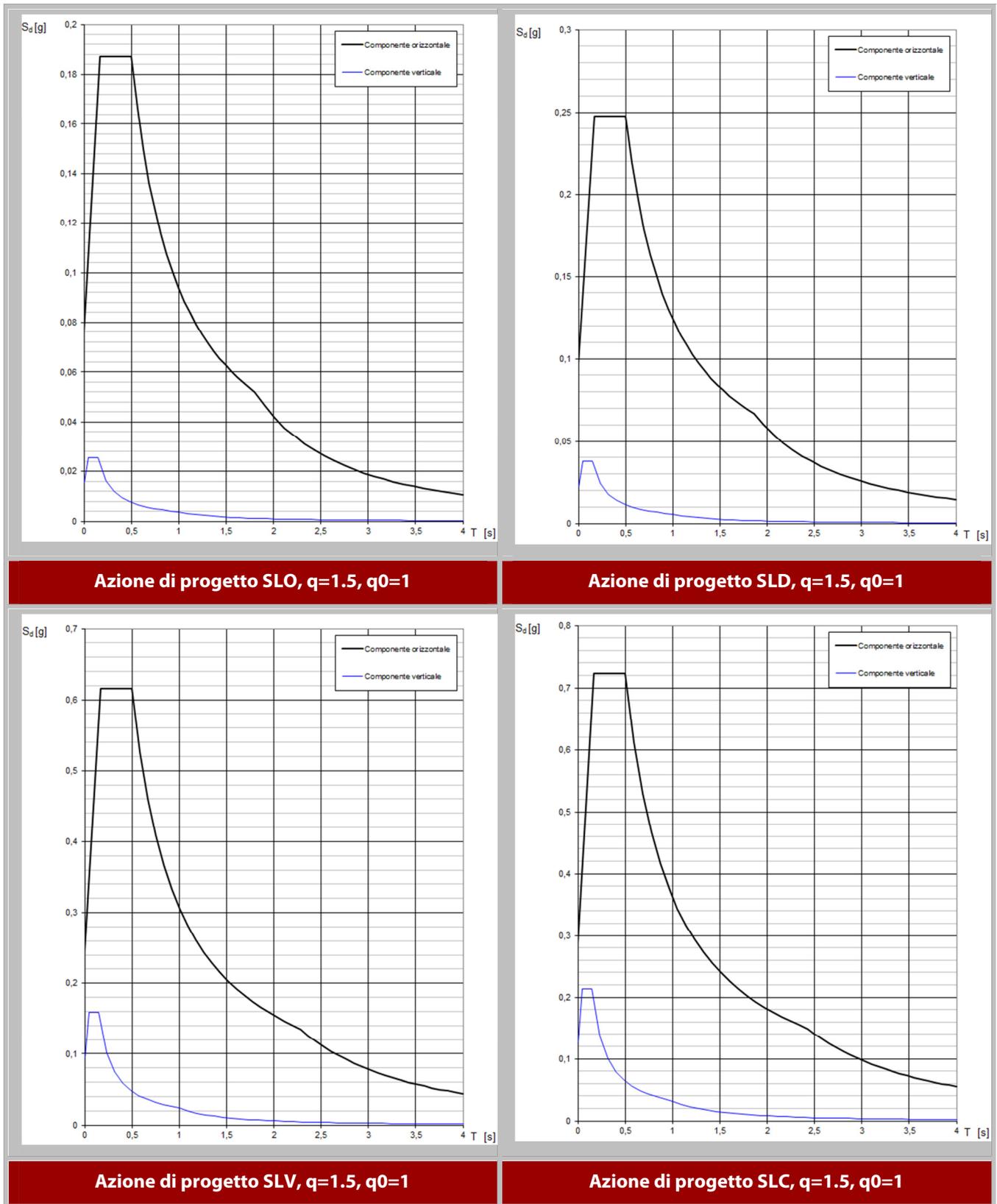


Figura 10 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=1$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$

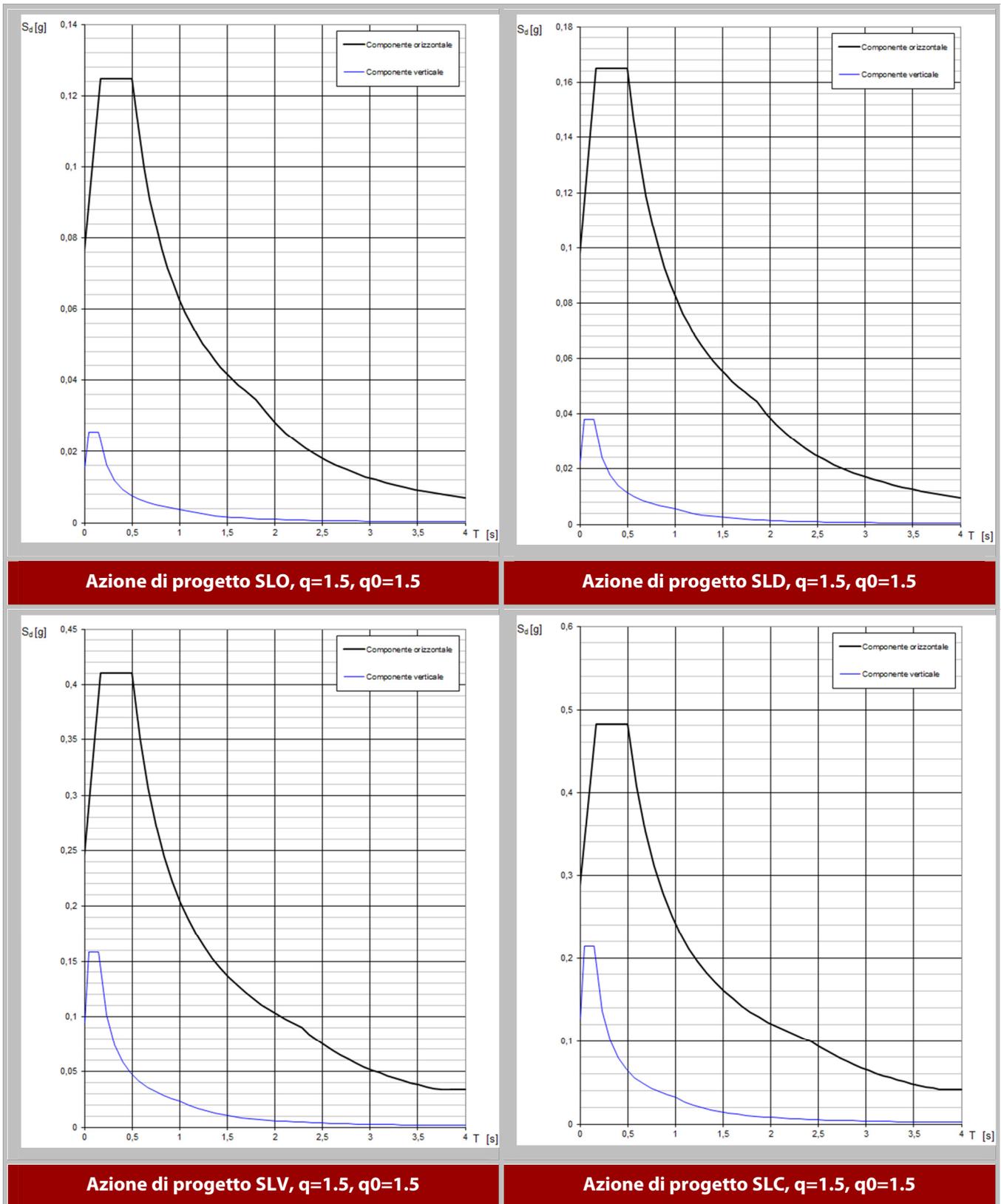


Figura 11 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=1.5$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$

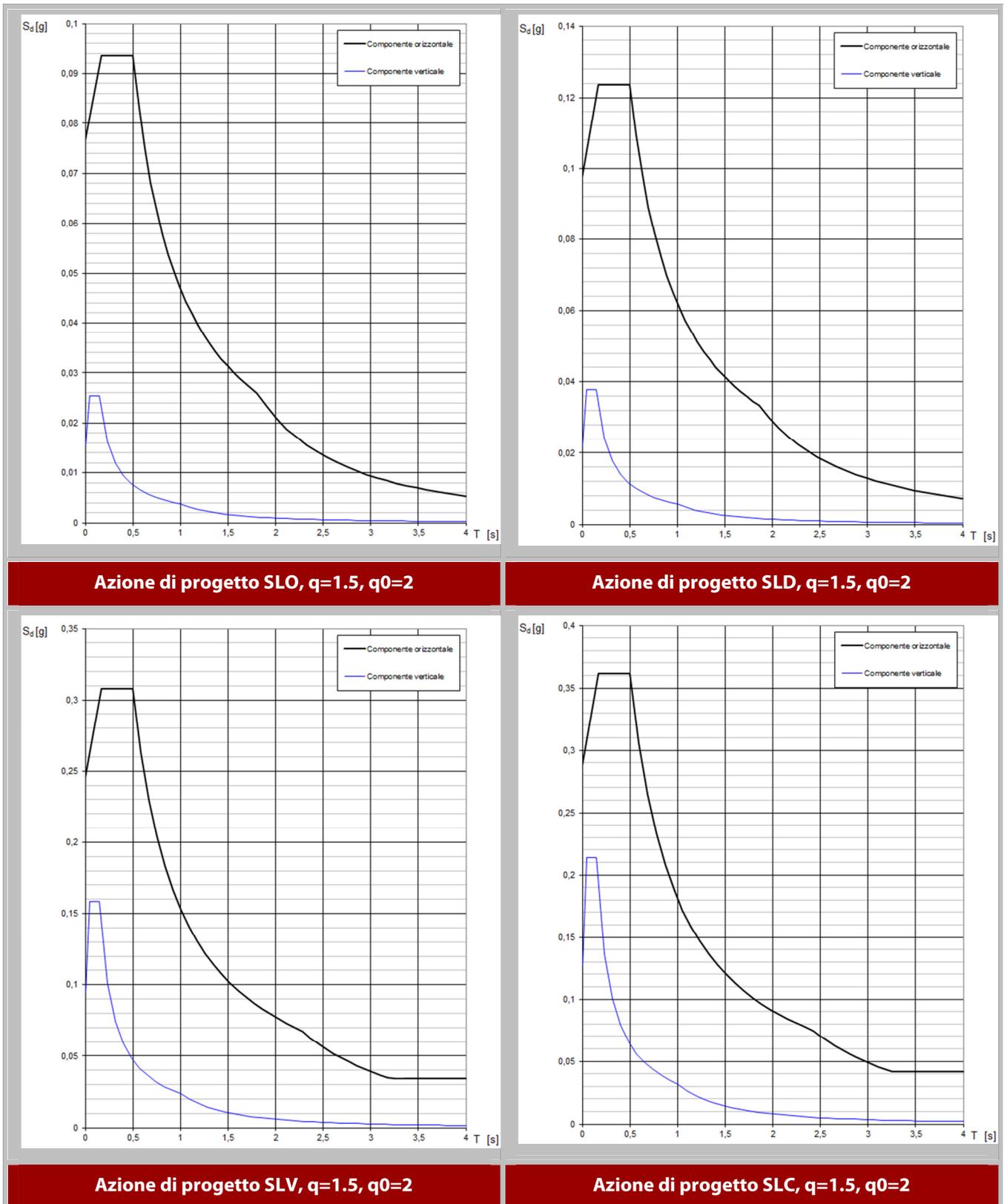


Figura 12 – Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=2$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$

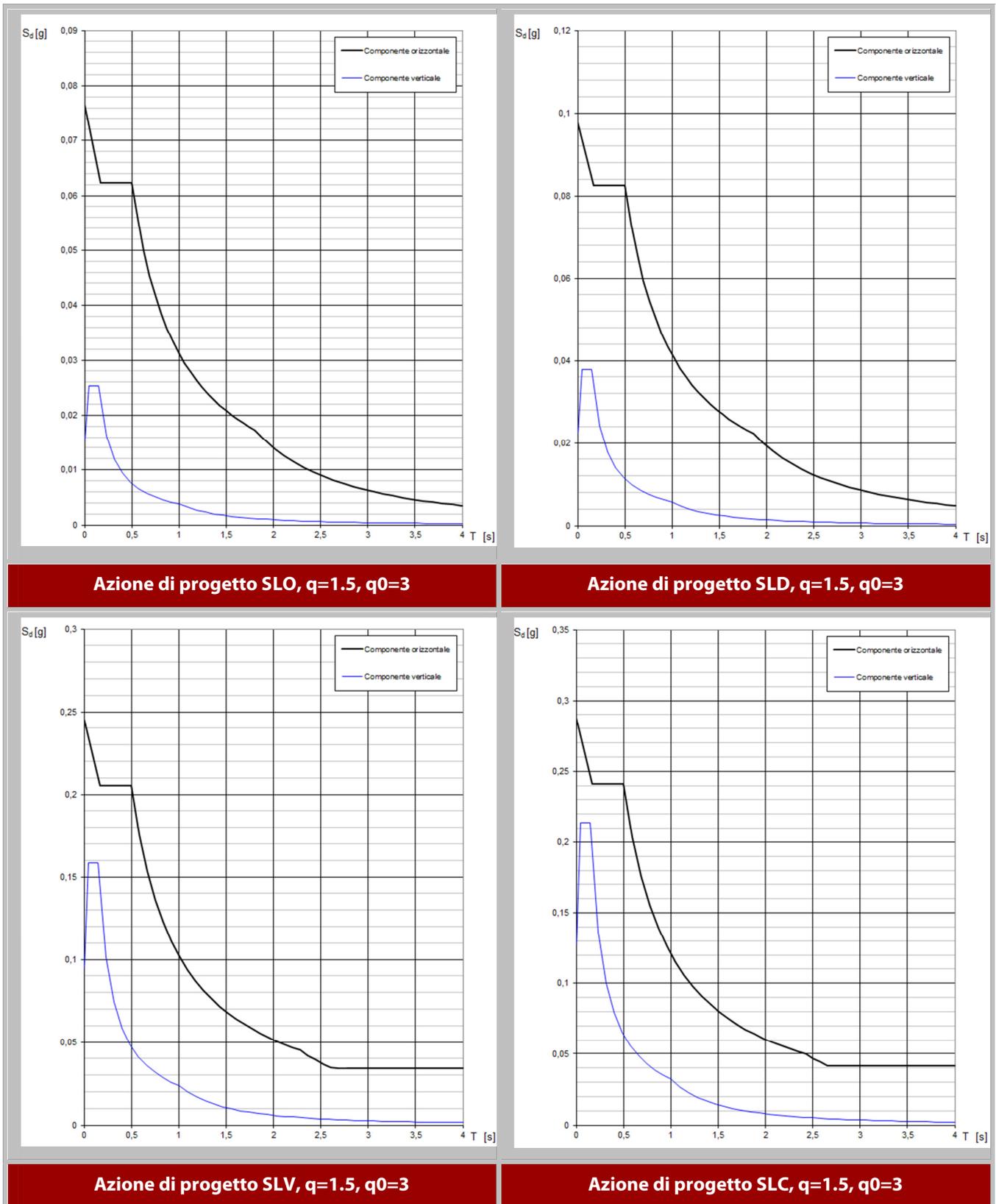


Figura 13 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=3$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04		
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012		
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	37 Di <i>of</i>	66

3.2.2 Spettri elastici e di progetto (VN = 50 anni, Cu = 1,5)

I parametri adottati per la definizione dello spettro di risposta elastica in accelerazione sono riportati nella seguente tabella.

Classe d'uso Costruzione	Vita nominale	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	Periodo di riferimento	Coefficiente d'uso Cu	Tipo di interpolazione
III	50 anni	C	T1	75 anni	1.5	Media ponderata

Tabella 13 Parametri di riferimento assunti per la determinazione dello spettro elastico

Qui di seguito si riportano i parametri di progetto e gli spettri ottenuti dall'individuazione della pericolosità del sito in base alle coordinate del baricentro approssimativo della nuova banchina. I parametri sono dati per differenti tempi di ritorno cui corrispondono differenti probabilità di superamento per i diversi stati limite.

PARAMETRI DELLO SPETTRO					
STATO LIMITE	P _R	T _R	a _g	F ₀	T _c *
	[%]	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	81%	45	0.036	2.415	0.290
SLD	63%	75	0.047	2.418	0.326
SLV	10%	712	0.130	2.511	0.332

Tabella 14 Parametri dello spettro elastico per differenti Stati Limite

COEFFICIENTI SISMICI							
	S _s	C _c	S _t	K _h	K _v	a _{MAX}	BETA
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s ²]	[-]
SLO	1,500	1,580	1,000	0,011	0,005	0,525	0,200
SLD	1,500	1,520	1,000	0,014	0,007	0,685	0,200
SLV	1,500	1,510	1,000	0,047	0,023	1,917	0,240
SLC	1,440	1,510	1,000	0,059	0,030	2,426	0,240

Tabella 15 Coefficienti sismici per differenti Stati Limite

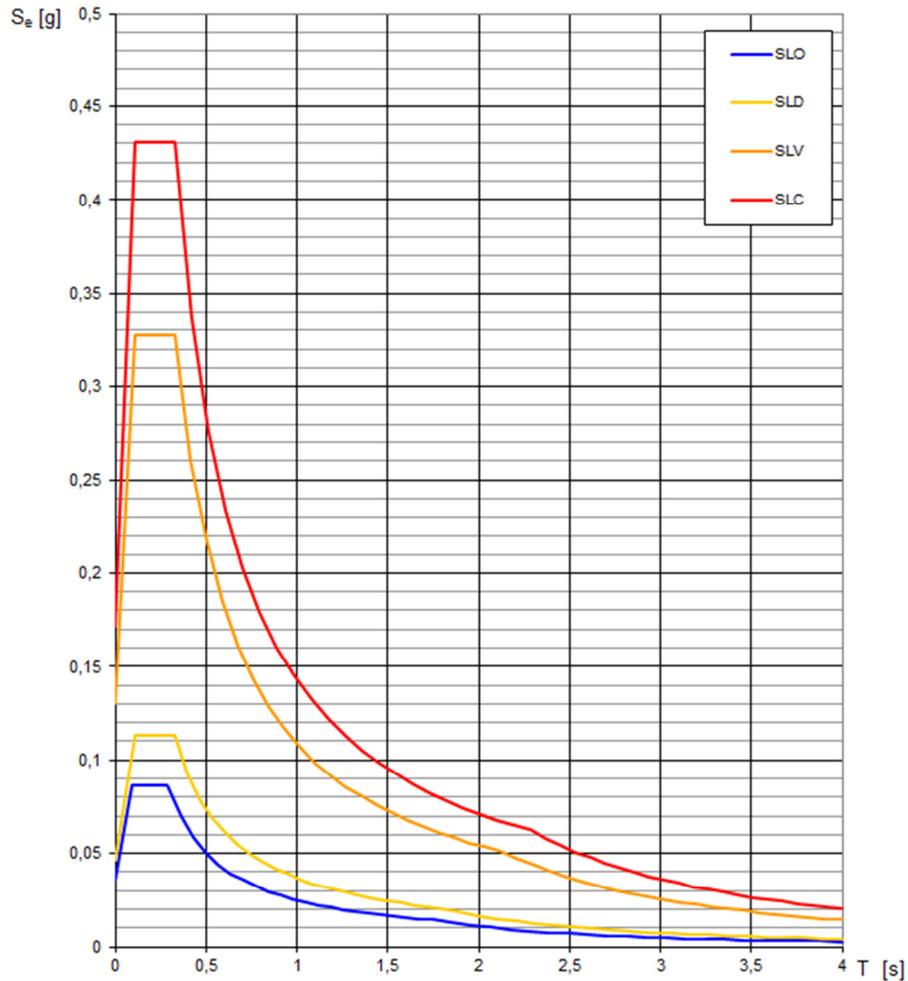


Figura 14 Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

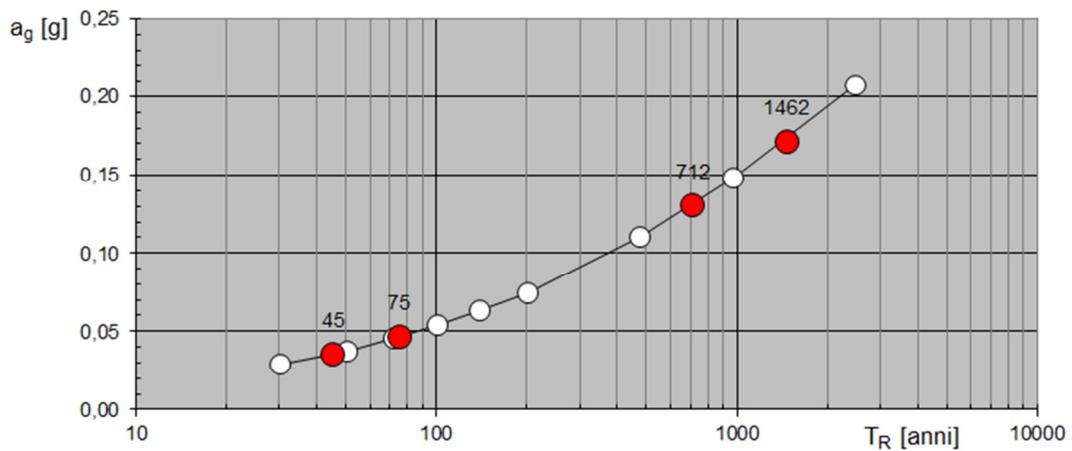


Figura 15 Valori di progetto del parametro a_g in funzione del periodo di ritorno T_R

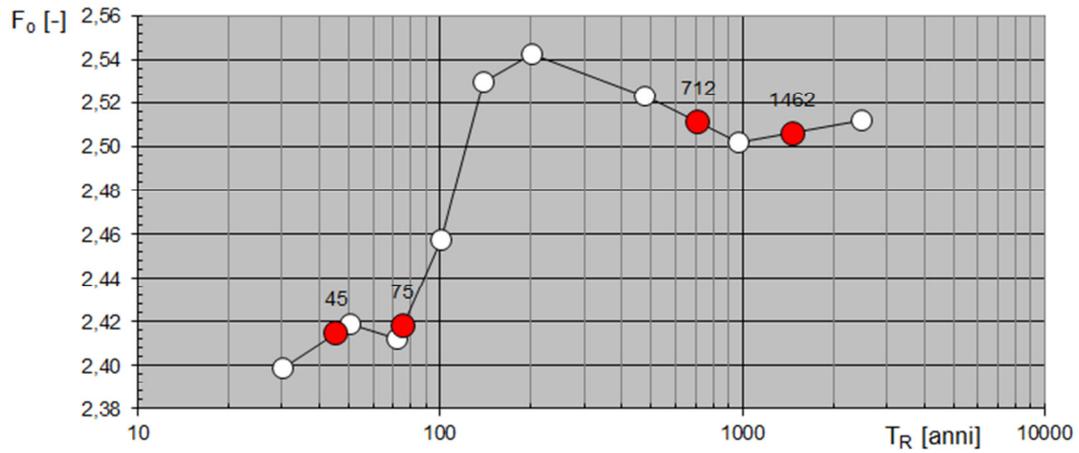


Figura 16 Valori di progetto del parametro F0 in funzione del periodo di ritorno TR

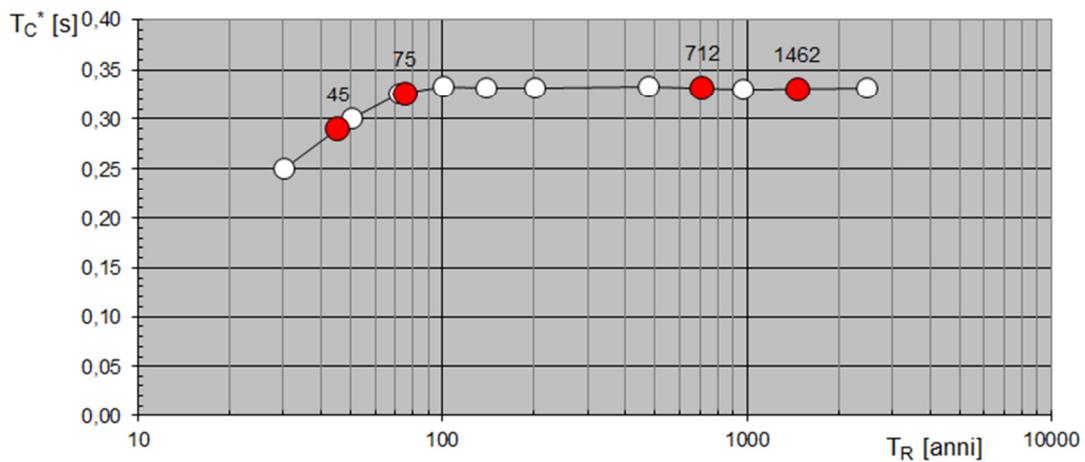


Figura 17 Valori di progetto del parametro T*c in funzione del periodo di ritorno TR

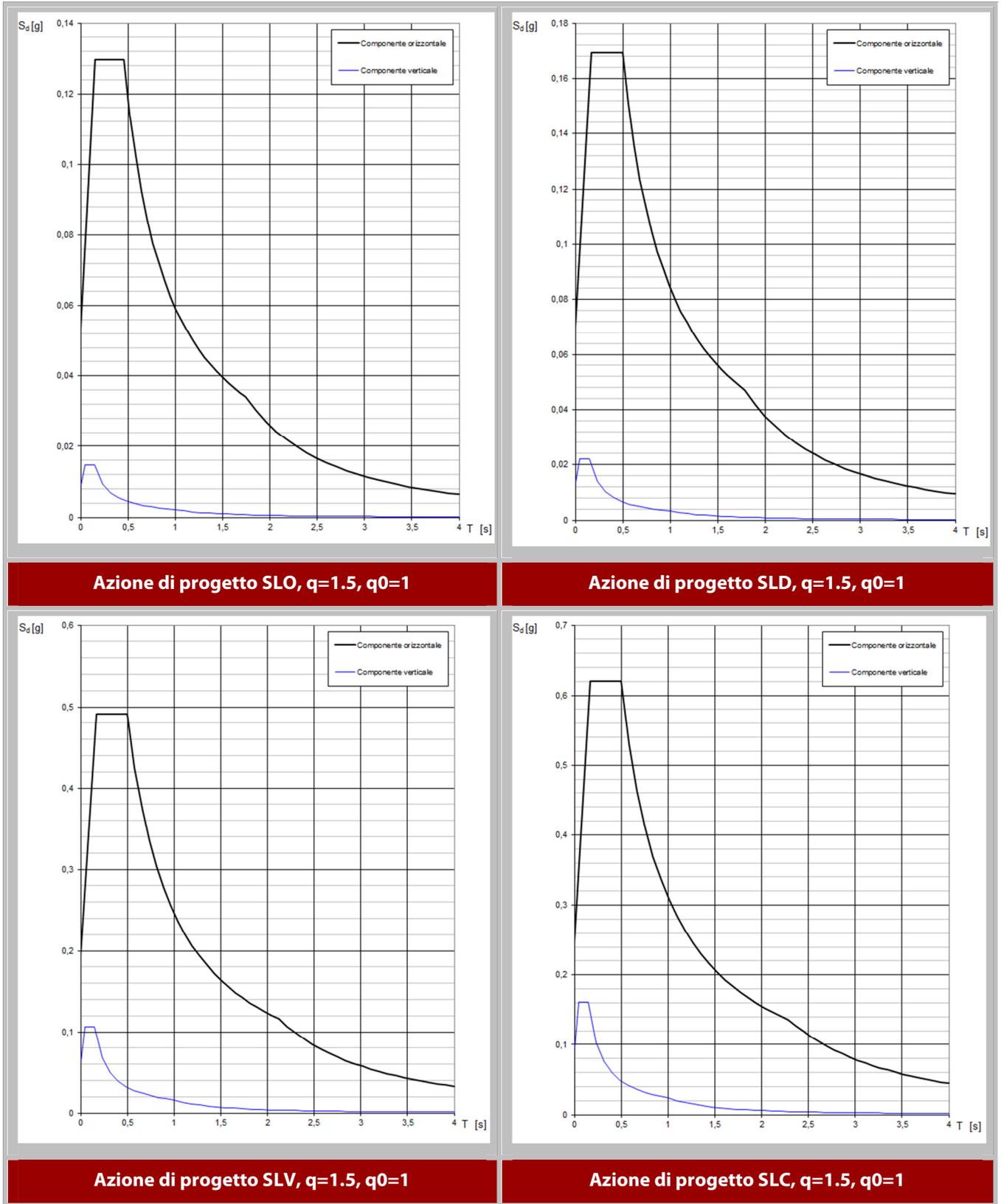


Figura 18 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=1$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$

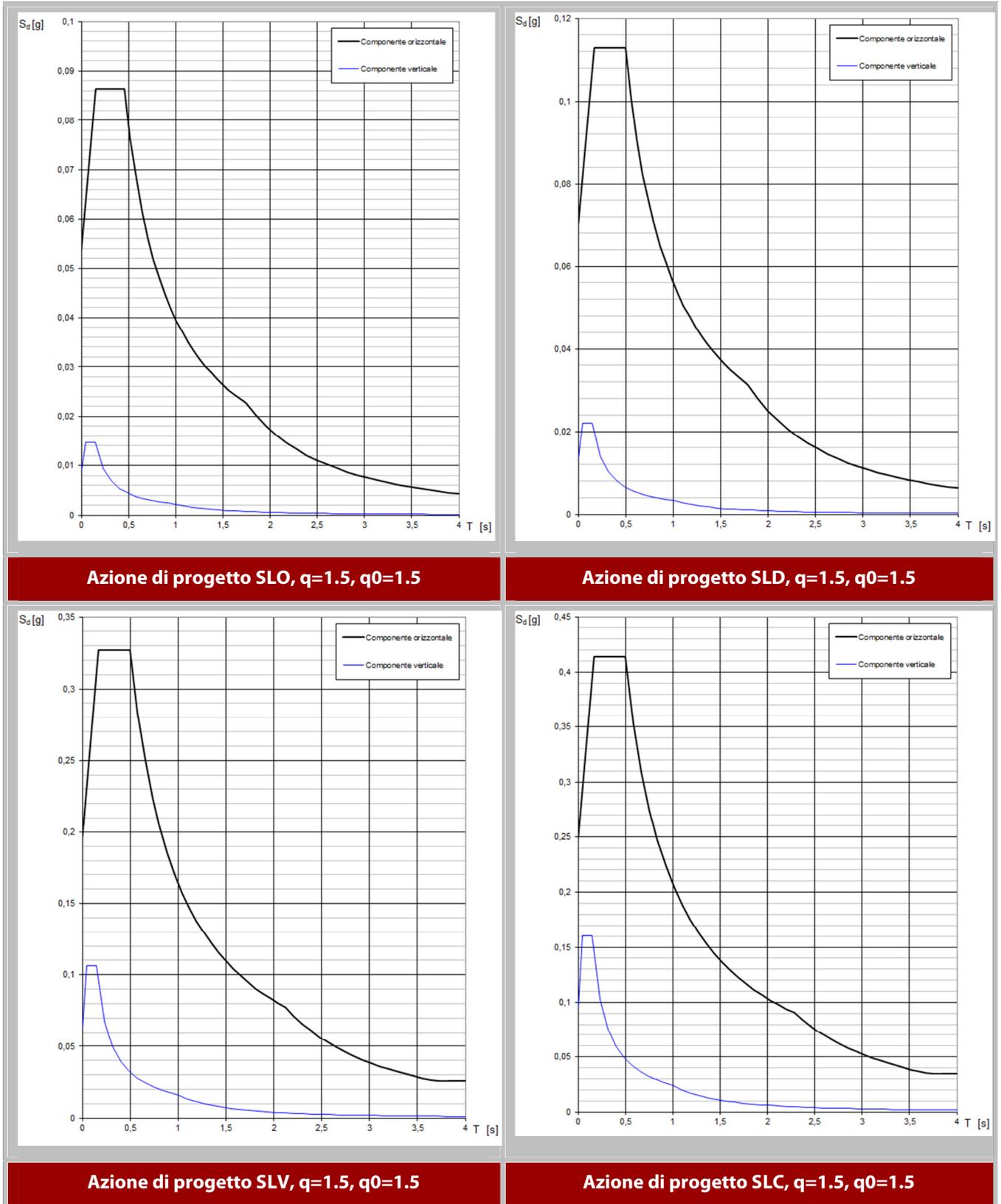


Figura 19 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=1.5$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$

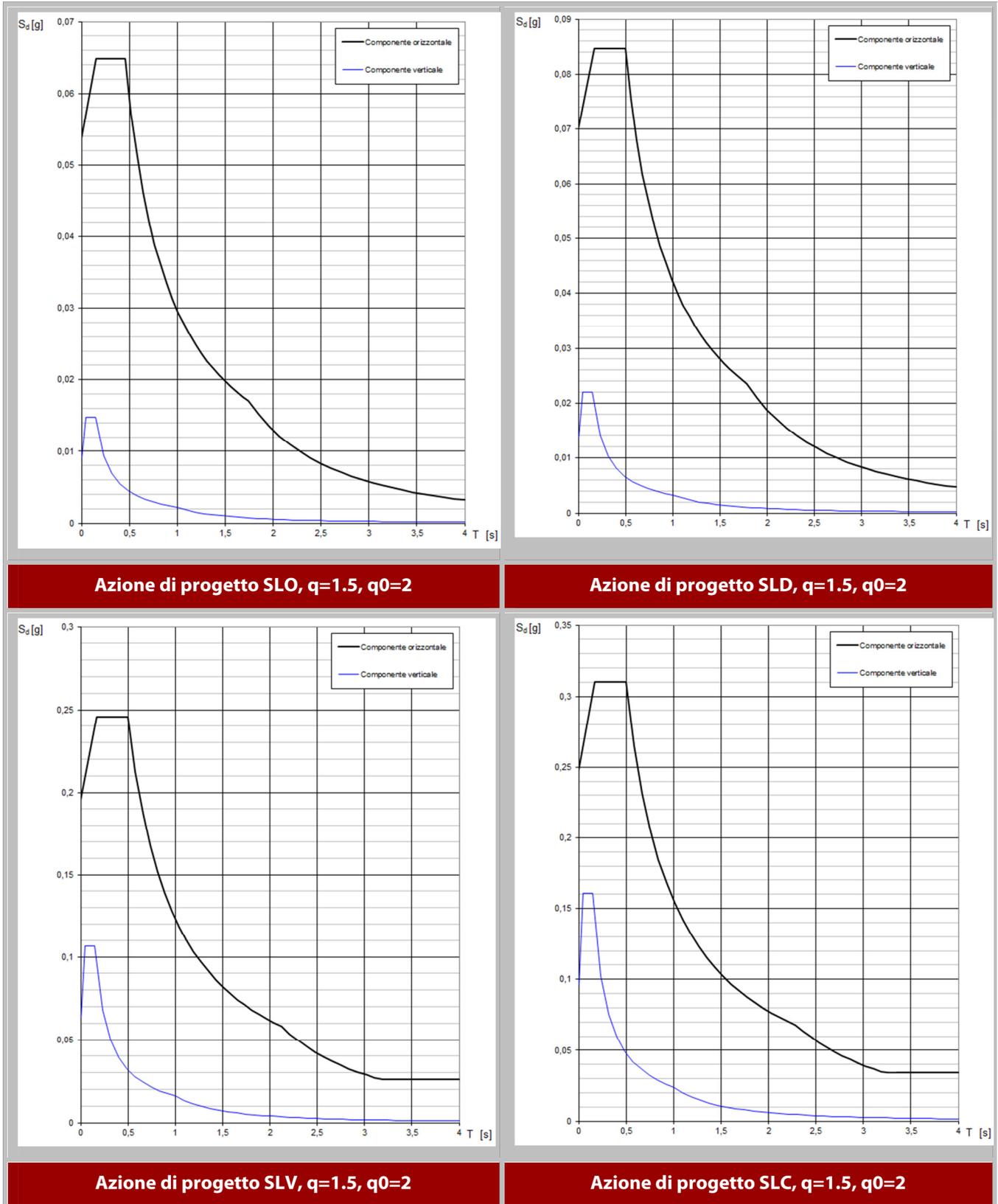


Figura 20 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=2$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$

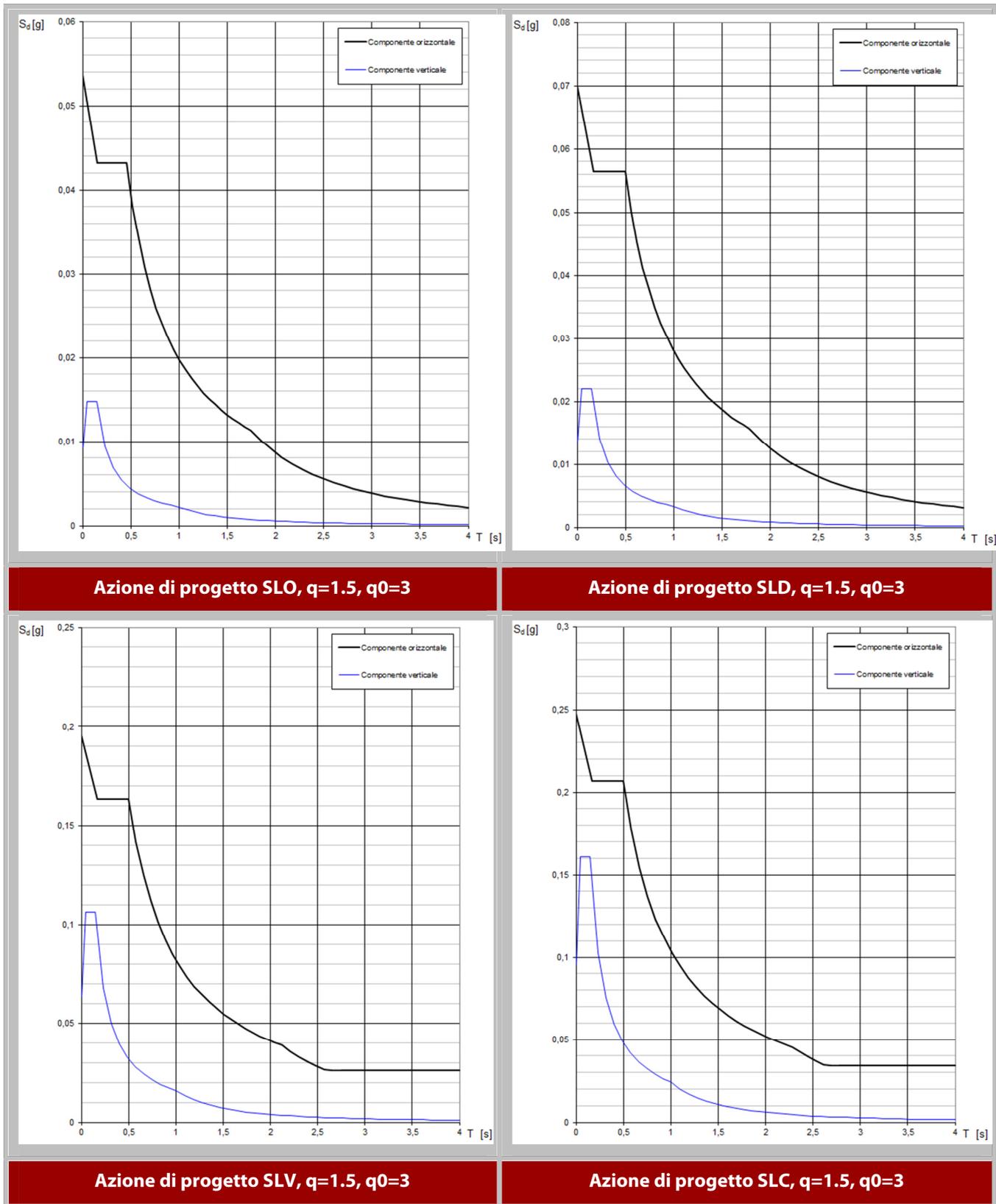


Figura 21 Azioni di progetto per un fattore di struttura orizzontale $q_0=3$ ed un fattore di struttura verticale $q=1.5$

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		44	66

4. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Il materiale di riempimento della banchina esistente è costituito prevalentemente da sabbie, sabbie fini e sabbie ghiaiose. Alcuni orizzonti sono costituiti da sabbie fini poco gradate. Per tali motivazioni sono stati raccolti alcuni campioni di materiali antropici del riempimento di banchina al fine di eseguire prove di laboratorio per la determinazione del peso di volume e della loro distribuzione granulometrica.

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota
		asfalto	0.30
1		Brecciolino calcareo, in parte facente parte della pavimentazione stradale. Sono stati rinvenuti anche trovanti calcarei di diametro decimetrico	2.20
2		Calcestruzzo e trovanti	2.70
3		Materiale di riporto eterometrico ed eterogeneo grigio e grigio-nero di provenienza antropica	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			11.80
12		Limo- limo sabbioso verdastro	12.30
13		argilla debolmente limosa	
14		Argilla verde con variabile contenuto limoso	14.00

Campionamento
materiale di riporto:
da m -4,50 a m -10,0



Figura 22 Sondaggio RS1 – 1) campione da -4,5 a -10 metri

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota
		asfalto	0.30
1		Inerte di cava calcareo e calcarenitico, presenza di trovanti di dimensione decimetrica	
2			2.30
3		Materiale di riporto eterometrico ed eterogeneo grigio e grigio-nero di provenienza antropica	
4			
5		da m -5 a m -6	
6			
7			
8		da m -8 a m -10	
9			
10		da m -10 a m -12	
11			
12			12.20
13		sabbia debolmente limosa	
14		argilla debolmente limosa	
15		Argilla verde con variabile contenuto limoso	15.00

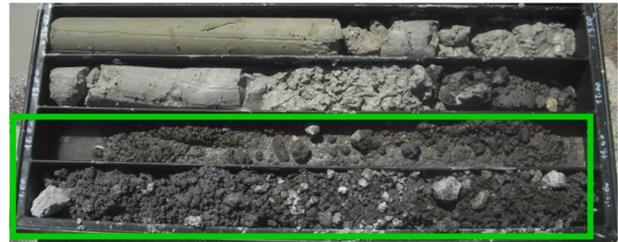


Figura 23 Sondaggio RS2 – 1) da -8 a -10 metri; 2) MIX da -5 a -6 metri e da -10 a -12 metri

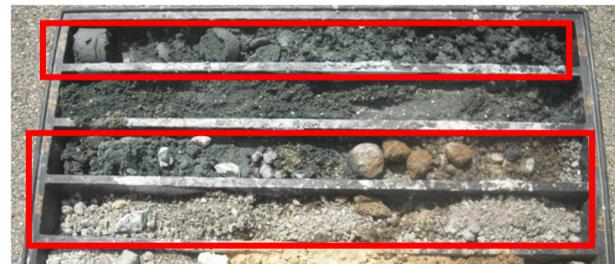
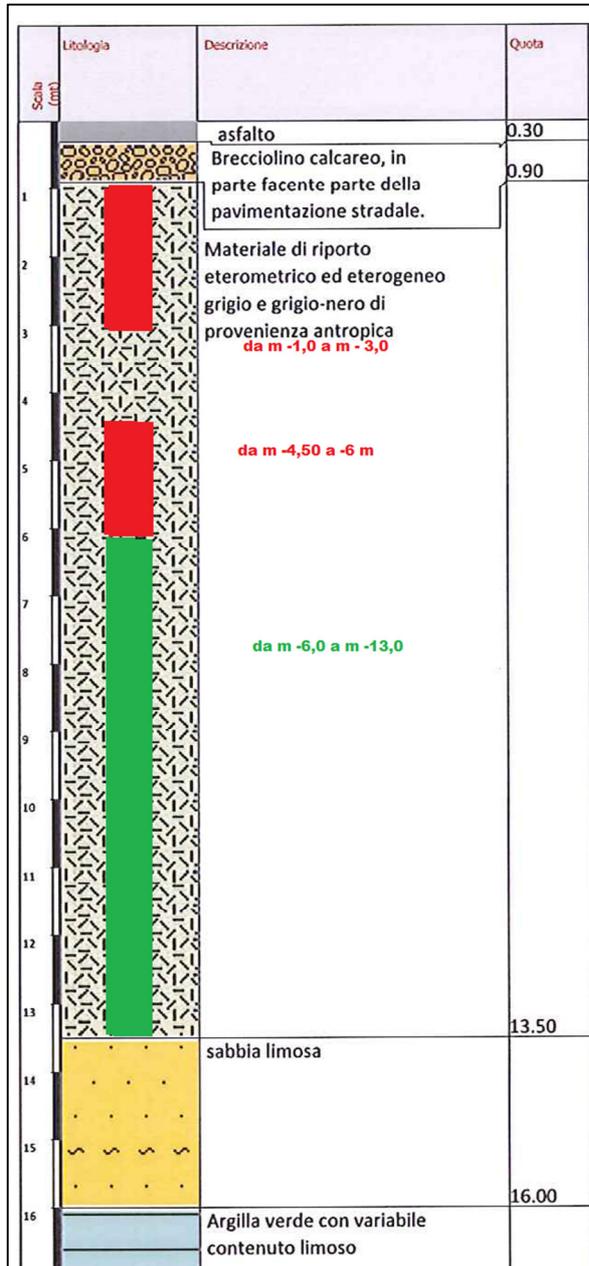


Figura 24 Sondaggio RS3: 1) Mix da -1 a -3 metri e da -4.5 a -6 metri

Le curve granulometriche dei campioni prelevati sono stati confrontati con i profili granulometrici di riferimento di Sherif & Ishibashi (1978) come previsto al punto 5 del par. 7.11.3.4.2 delle N.T.C.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		47	66

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 $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} 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 $U_c > 3,5$.

Passante [%]	Diametro [mm]
1,2	0,074
3,2	0,149
4,1	0,25
6,3	0,42
8,7	1
12,4	2
19	4,76
22,3	6,36
29,9	9,52
42,9	19,05
77,9	25,4
93,2	40
100	50

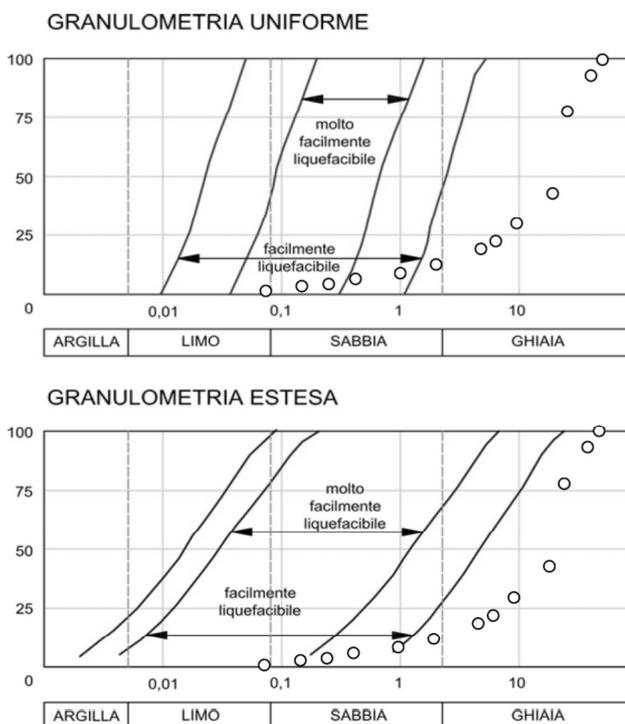


Figura 25 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" – Campione RS1 – MIX 1 (da -4,5 a -10 metri)

Passante [%]	Diametro [mm]
1	0,074
1,7	0,149
2,4	0,25
5	0,42
9,2	1
15,6	2
30,1	4,76
38,1	6,36
53	9,52
73,7	19,05
76,8	25,4
87,3	40
93,5	50
100	80

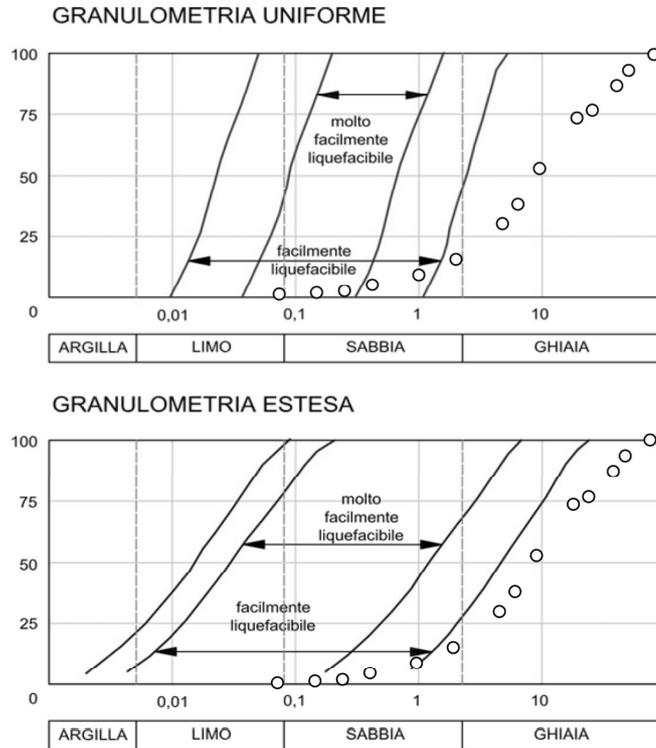


Figura 26 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" – Campione RS2 – MIX 1 (da -8 a -10 metri)

Passante [%]	Diametro [mm]
3,5	0,074
5,3	0,149
6,8	0,25
12,3	0,42
20,6	1
30,5	2
42,7	4,76
47,4	6,36
55,7	9,52
72,4	19,05
85,1	25,4
89,9	40
92,6	50
100	80

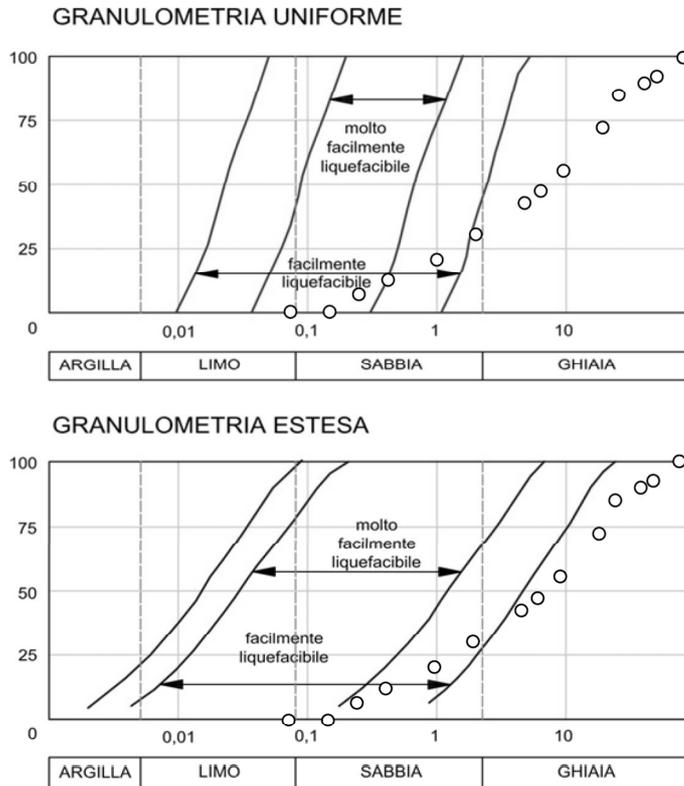


Figura 27 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" Campione RS2 - MIX 2 (da -5 a -6 metri e da -10 a -12 metri)

Passante [%]	Diametro [mm]
4,1	0,074
6	0,149
7,8	0,25
14,2	0,42
25,5	1
38,5	2
50,9	4,76
56,4	6,36
65,1	9,52
81,1	19,05
86,4	25,4
94,7	40
97,5	50
100	80

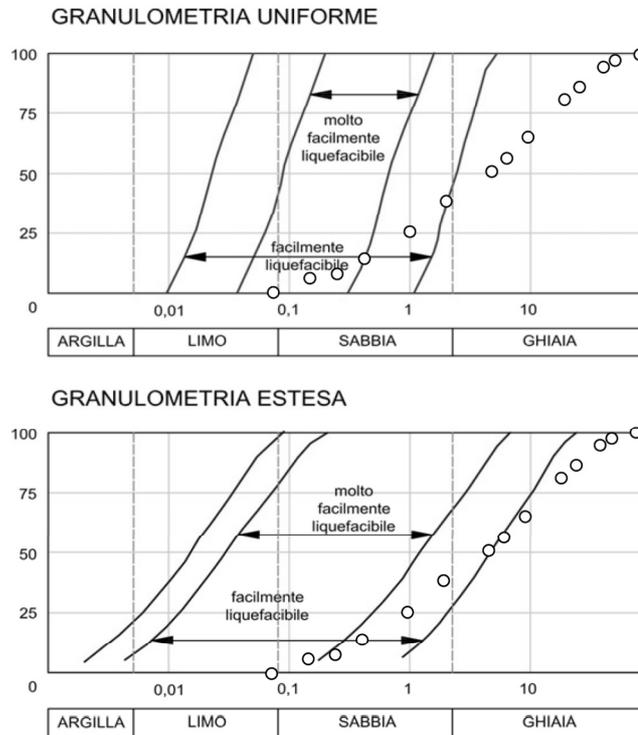


Figura 28 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" Campione RS3 - MIX 1 (da -1 a -3 metri e da -4.5 a -6 metri)

Passante [%]	Diametro [mm]
2,7	0,074
5,3	0,149
8,9	0,25
31,6	0,42
66,3	1
88,8	2
95,7	6,36
96,5	4,36
97	6,36
97	9,52
97	19,05
100	25,4

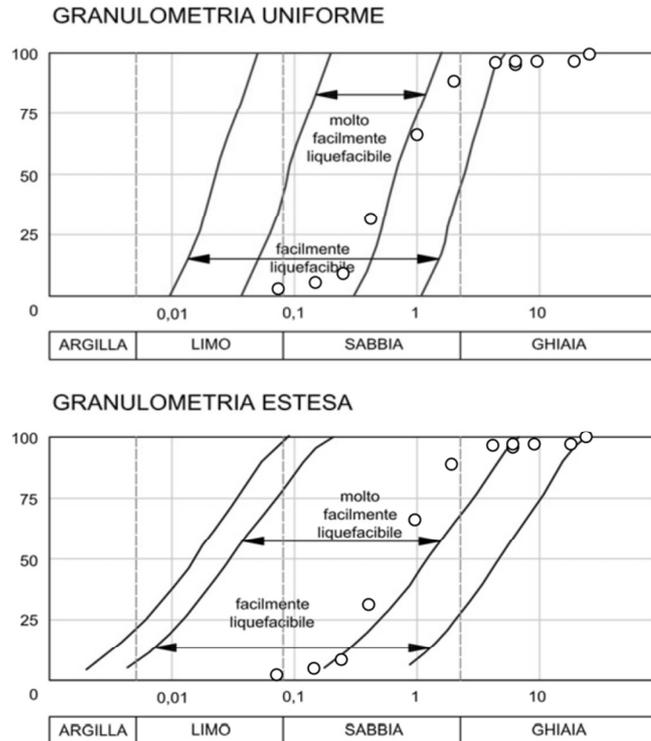


Figura 29 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" Campione RS3 – MIX 2 (da -6 a -13.5 metri).
 Coefficiente di uniformità della curva: 2.7

La procedura di Sherif & Ishibashi è stata applicata ai dati rinvenuti dalle prove SPT della campagna 2008 realizzata presso il molo polisettoriale. In particolare sono state considerate i sondaggi con un le distribuzioni più basse di valori SPT. In particolare, i sondaggi BH10 e BH12, ed il sondaggio BH3. Il sondaggio RS3 della campagna 2012 si colloca tra BH10 e BH12. Inoltre il sondaggio BH3 è stato preso in considerazione poiché il valore dei colpi SPT è risultato inferiore a 30 per un tratto lungo del sondaggio.

Profondità [m]	Ncr [colpi/piedi]
0	45
1,5	58
3	30
4,5	26
6	15
7,5	33
9	16
10,5	100
10,5	100

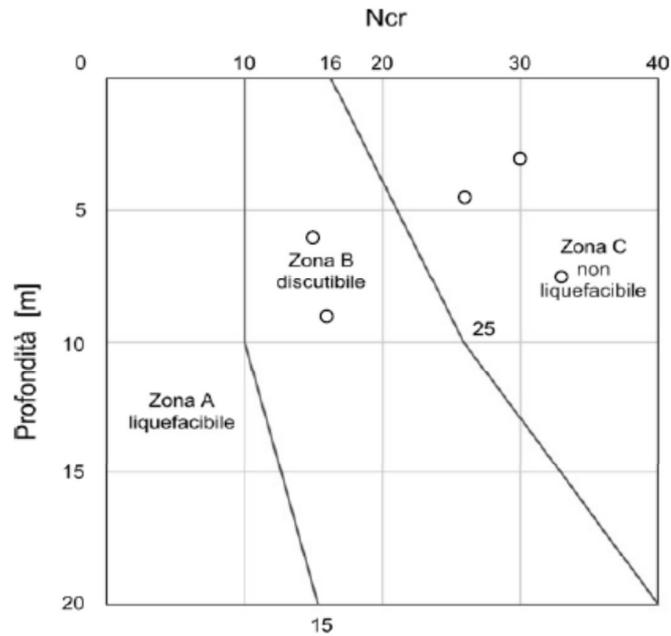


Figura 30 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" sondaggio BH 9

Profondità [m]	Ncr [colpi/piedi]
0	92
1,5	63
3	40
4,5	68
6	20
7,5	60
9	36
10,5	68
11	15
13	52

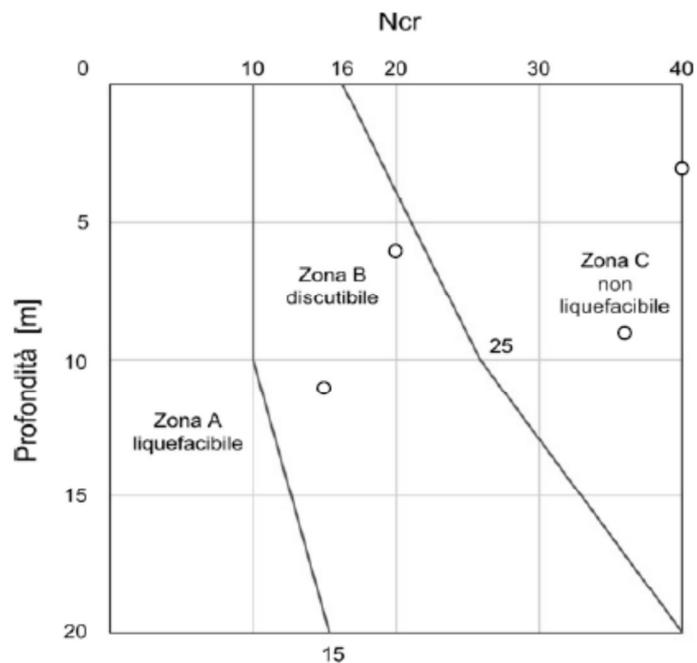


Figura 31 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" sondaggio BH 12

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		53	66

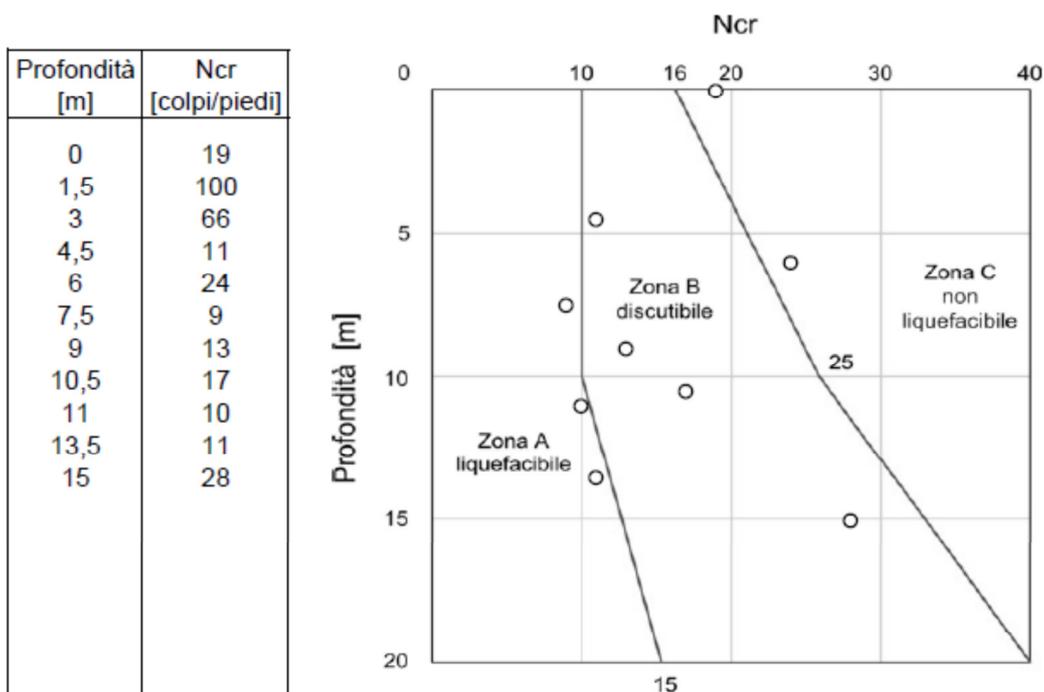


Figura 32 Verifica alla liquefazione "Procedura di Sherif&Ishibashi (1978)" sondaggio BH 3

A valle di queste considerazioni, alcune delle condizioni di cui al punto 7.11.3.4.2 delle NTC risulta soddisfatta, si è proceduto a valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

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 è stata 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.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	54	Di <i>of</i>	66

4.1 VERIFICA DI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Per la verifica alla liquefazione è richiesta la stima di due variabili:

- il carico sismico, espresso attraverso il rapporto ciclico CSR;
- la capacità del terreno a resistere alla liquefazione, espressa attraverso il rapporto di resistenza ciclica CRR.

Il deposito non è suscettibile alla liquefazione se il coefficiente di sicurezza dato dal rapporto:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

È adeguatamente elevato.

Un indice di riferimento per stabilire se un deposito sabbioso saturo è suscettibile alla liquefazione è il seguente:

$$PL = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad (\text{Iwasaki et al., 1978})$$

$$F(z) = \begin{cases} 1 - FS(z) \\ 0,0 \end{cases}$$

Per $FS \leq 1,0$

Per $FS > 1,0$

$$w(z) = 10 - 10 \cdot \left(\frac{z}{z_{crit}} \right)$$

$$z_{crit} = 20 \text{ metri}$$

PL	RISCHIO
0,0	Molto basso
0,0 -5,0	Basso
5,0-15,0	Alto
$\geq 15,0$	Molto alto

Tabella 16 Potenziale di liquefazione

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	55	Di <i>of</i>	66

4.1.1 Carico ciclico dovuto al sisma

La variabile CSR può essere stimata mediante l'equazione semi-empirica proposta da Seed & Idriss (1971):

$$CSR = \frac{\tau_{AV}}{\sigma'_V} = 0,65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_V}{\sigma'_V}\right) \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

dove:

a_{max} rappresenta l'accelerazione orizzontale prodotta in superficie,

g l'accelerazione di gravità,

σ_V la tensione verticale totale,

σ'_V la tensione verticale efficace,

r_d il coefficiente di riduzione delle tensioni;

MSF il coefficiente correttivo in funzione della magnitudo del sisma.

L'espressione di calcolo per r_d è:

$$r_d = 1 - 0,00765 \cdot z \quad z \leq 9,15 \text{ m}$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267 \cdot z \quad 9,15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0,774 - 0,008 \cdot z \quad 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m}$$

$$r_d = 0,5 \quad z > 30 \text{ m}$$

con z = profondità dal piano campagna espressa in metri.

Per determinare il coefficiente MSF si utilizzano le seguenti espressioni:

$$MSF = \left(\frac{M}{7,5}\right)^{-3,3} \quad \text{per } M \leq 7,5$$

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M^{2,56}} \quad \text{per } M > 7,5$$

4.1.2 Resistenza CRR per le prove - SPT

Nel caso di edifici con fondazioni superficiali la verifica della suscettibilità a liquefazione, può essere omessa se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità superiore a 15 m dal piano campagna. Si può inoltre, trascurare il pericolo di liquefazione quando $S_{ag} < 0,15 g$ e, al tempo stesso la sabbia in esame soddisfi almeno una delle condizioni seguenti:

- contenuto in argilla superiore al 20% con indice di plasticità maggiore di 10;
- contenuto di limo superiore al 35% e resistenza $N_1 (60) > 20$;

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	56 Di <i>of</i> 66

- frazione fine trascurabile e resistenza $N_1 (60) > 25$,

dove $N_1 (60)$ è il valore della resistenza penetrometrica N_{spt} misurato nella prova *Standard Penetration Test*, normalizzato ad uno sforzo efficace di confinamento di 100 kPa e ad un fattore di rendimento energetico del 60% nell'esecuzione della prova.

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dell'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in sito e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante i terremoti passati.

4.1.3 Seed & Idriss (1982) – SPT

È il più noto e utilizzato dei metodi semplificati. La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (*CRR – Cyclic Resistance Ratio*) viene stimata nel seguente modo:

$$CRR = \frac{N_a}{90}$$

$$\text{on } N_a = N_1 + N_{SPT} \cdot \left(\frac{1,7}{0,7 \cdot \sigma'_v} \right) \quad N_1 = \begin{cases} 0,00 & \text{se } d_{50} > 0,25 \\ 7,5 & \text{se } d_{50} \leq 0,25 \end{cases}$$

dove:

N_{SPT} è il numero di colpi della prova penetrometrica standard,

d_{50} il diametro della curva granulometrica corrispondente al passante 50% espresso in millimetri,

σ'_v la pressione verticale efficace espressa in kg/cm².

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	57	Di <i>of</i>	66

Per la magnitudo si utilizzano i seguenti valori riportati in tabella

MAGNITUDO	SEED H.B. & IDRISS I.M. (1982)
5,5	1,43
6,0	1,32
6,5	1,19
7,0	1,08
7,5	1,00
8,00	0,94
8,5	0,89

Tabella 17: Valori per la magnitudo

Alla fine della valutazione si determina il fattore di sicurezza (FS) nel seguente modo:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta un $FS \leq 1,3$.

Nel seguito si riporta la tabella riassuntiva dei calcoli eseguiti per la verifica della sensitività alla liquefazione:

VERIFICA DA PROVE SPT SEED E IDRISS (1982):				BH3					
Z (m)	Nspt (cp/ft)	Sv (kg/cmq)	SvP (kg/cmq)	Na (-)	rd (-)	CRR (-)	CRS (-)	FS (-)	PL (-)
0,10	19,00	0,02	0,02	44,98	1,00	0,50	0,01	37,68	0,00
1,50	19,00	0,29	0,29	32,69	0,99	0,36	0,01	27,68	0,00
3,00	100,00	0,83	0,83	111,25	0,98	1,24	0,01	95,32	0,00
4,50	66,00	1,10	0,83	73,42	0,97	0,82	0,02	48,01	0,00
6,00	24,00	1,64	0,83	26,70	0,95	0,30	0,03	11,84	0,00
7,50	9,00	2,45	0,83	10,01	0,94	0,11	0,04	3,01	0,00
9,00	13,00	3,53	0,83	21,96	0,93	0,24	0,05	4,63	0,00
10,50	17,00	4,88	0,83	26,41	0,89	0,29	0,07	4,20	0,00
12,00	10,00	6,50	0,83	18,62	0,85	0,21	0,09	2,33	0,00
13,50	11,00	8,39	0,83	19,74	0,81	0,22	0,11	2,01	0,00

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		58	66

VERIFICA DA PROVE SPT SEED E IDRIS (1982):				BH3					
Z (m)	Nspt (cp/ft)	Sv (kg/cmq)	SvP (kg/cmq)	Na (-)	rd (-)	CRR (-)	CRS (-)	FS (-)	PL (-)
15,00	28,00	10,67	0,83	38,65	0,77	0,43	0,13	3,25	0,00
PL:				0,00					
Rischio:				Molto basso					

Tabella 18: Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio BH12 (campagna 2008)

Verifica da prove SPT Seed e Idriss (1982):				BH9					
Z (m)	Nspt (cp/ft)	Sv (kg/cmq)	SvP (kg/cmq)	Na (-)	rd (-)	CRR (-)	CRS (-)	FS (-)	PL (-)
0,10	45,00	0,02	0,02	106,53	1,00	1,18	0,01	89,25	0,00
1,50	45,00	0,29	0,29	77,42	0,99	0,86	0,01	65,56	0,00
3,00	58,00	0,83	0,83	64,52	0,98	0,72	0,01	55,28	0,00
4,50	30,00	1,10	0,83	33,37	0,97	0,37	0,02	21,82	0,00
6,00	26,00	1,64	0,83	28,92	0,95	0,32	0,03	12,83	0,00
7,50	15,00	2,45	0,83	16,69	0,94	0,19	0,04	5,01	0,00
9,00	33,00	3,53	0,83	44,21	0,93	0,49	0,05	9,33	0,00
10,50	16,00	4,88	0,83	25,30	0,89	0,28	0,07	4,02	0,00
12,00	100,00	6,50	0,83	118,75	0,85	1,32	0,09	14,84	0,00
13,50	100,00	8,39	0,83	118,75	0,81	1,32	0,11	12,06	0,00
		8,39	0,83	38,65	1,00	0,43	0,13	3,19	0,00
PL:				0,00					
Rischio:				Molto basso					

Tabella 19 Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio BH9 (campagna 2008)

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		59	66

Verifica da prove SPT Seed e Idriss (1982):				BH12					
Z (m)	Nspt (cp/ft)	Sv (kg/cmq)	SvP (kg/cmq)	Na (-)	rd (-)	CRR (-)	CRS (-)	FS (-)	PL (-)
0,10	92,00	0,02	0,02	217,80	1,00	2,42	0,01	182,47	0,00
1,50	63,00	0,29	0,29	108,39	0,99	1,20	0,01	91,79	0,00
3,00	40,00	0,83	0,83	44,50	0,98	0,49	0,01	38,13	0,00
4,50	68,00	1,10	0,83	75,65	0,97	0,84	0,02	49,46	0,00
6,00	20,00	1,64	0,83	22,25	0,95	0,25	0,03	9,87	0,00
7,50	60,00	2,45	0,83	66,75	0,94	0,74	0,04	20,05	0,00
9,00	36,00	3,53	0,83	47,55	0,93	0,53	0,05	10,03	0,00
10,50	68,00	4,88	0,83	83,15	0,89	0,92	0,07	13,22	0,00
12,00	15,00	6,50	0,83	24,19	0,85	0,27	0,09	3,02	0,00
13,50	52,00	8,39	0,83	65,35	0,81	0,73	0,11	6,64	0,00
0,10	92,00	0,02	0,02	217,80	1,00	2,42	0,01	182,47	0,00
PL:		0,00							
Rischio:		Molto basso							

Tabella 20: Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio BH12 (Campagna 2008)

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	60	Di <i>of</i>	66

4.1.4 Resistenza CRR per le prove sismiche

La velocità di propagazione, V_S , deve essere ricondotta ad un valore standardizzato V_{S1} , ovvero ad un valore normalizzato ad una tensione efficace verticale P_a (100 kPa) attraverso la relazione:

$$V_{S1} = C_v \cdot V_S$$

Con C_v fattore correttivo, ricavabile da:

$$C_v = \left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right)^{0,25}$$

Il coefficiente C_v non deve superare il valore di 1,4.

4.1.5 Andrus & Stokoe (1997) - V_S

Il metodo si riferisce ad indagini sismiche a rifrazione in cui si registrano le velocità delle onde elastiche prodotte in superficie in modo artificiale. Le velocità delle onde di taglio vengono correlate con la seguente espressione:

$$V_{S1} = V_S \cdot \left(\frac{100}{\sigma'_{v0}} \right)^{0,25}$$

Mentre la resistenza alla liquefazione si ottiene:

$$CRR = 0,03 \cdot \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + 0,9 \cdot \left[\frac{1}{(V_{S1})_{cs} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{cs}} \right]$$

Dove la presenza di fine FC (%) è presa in considerazione con le modalità seguenti:

$$(V_{S1})_{cs} = 220 \quad \text{per } FC \leq 5\%$$

$$220 < (V_{S1})_{cs} \leq 220 \quad \text{per } 5\% \leq FC \leq 35\%$$

$$(V_{S1})_{cs} = 220 \quad \text{per } FC \leq 35\%$$

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

Il deposito è considerato non liquefacibile se risulta $FS \leq 1$.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	61	Di <i>of</i>	66

Verifica da prove VS Andrus e Stokoe (1997):				RS1					
Z (m)	Nspt (cp/ft)	Sv (kg/cmq)	SvP (kg/cmq)	Na (-)	rd (-)	CRR (-)	CRS (-)	FS (-)	PL (-)
3,00	361,00	0,51	0,51	0,98	0,54	0,01	64,47	4,10	0,00
12,00	1125,00	2,13	0,69	0,85	4,57	0,02	201,92	50,00	0,00
15,00	283,00	4,47	0,81	0,77	0,25	0,04	6,95	80,00	0,00
21,00	465,00	7,98	0,99	0,61	0,65	0,04	15,23	80,00	0,00
27,00	750,00	12,66	1,23	0,56	1,52	0,05	30,79	90,00	0,00
NCEER:				2,21					
PL:				0,00					
Rischio:				Molto basso					

Tabella 21 Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio RS1 (campagna 2012)

Verifica da prove VS Andrus e Stokoe (1997):				RS2					
Z (m)	Nspt (cp/ft)	Sv (kg/cmq)	SvP (kg/cmq)	Na (-)	rd (-)	CRR (-)	CRS (-)	FS (-)	PL (-)
3,00	316,00	0,51	0,51	0,98	0,41	0,01	49,00	4,10	0,00
4,00	615,00	0,71	0,52	0,97	1,57	0,01	138,15	2,70	0,00
5,00	316,00	1,11	0,54	0,96	0,40	0,02	23,51	2,70	0,00
13,00	366,00	3,06	0,64	0,83	0,50	0,03	14,60	80,00	0,00
26,00	381,00	7,55	0,87	0,57	0,46	0,04	10,91	90,00	0,00
NCEER:				2,21					
PL:				0,00					
Rischio:				Molto basso					

Tabella 22: Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio RS2 (campagna 2012)

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	Di <i>of</i>
		62	66

4.1.6 Juang Et Al. (2001) – VS

Metodo sviluppato sulla base del precedente. L'espressione della resistenza è:

$$CRR_{7,5} = 0,022 \cdot \left(\frac{V_{S1/CS}}{100}\right)^2 + 2,8 \cdot \left(\frac{1}{215 - V_{S1/CS}} - \frac{1}{215}\right)$$

Dove $V_{S1/CS}$ è la velocità delle onde di taglio corretta, calcolata nel seguente modo:

$$V_{S1/CS} = V_{S1/CS} \cdot K_{FC} = V_S \cdot \min \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_V}\right)^{0,25}; 1,4 \right] \cdot K_{FC}$$

Dove V_{S1} è la velocità corretta in base al sovraccarico esercitato, V_S è la misura della velocità delle onde di taglio K_{FC} un coefficiente che prende in considerazione la percentuale di fine presente.

$$K_{FC} = \begin{cases} 1,0 \\ 1,0 + (FC - 5) \cdot T \\ 1,0 \cdot 30 \cdot T \end{cases}$$

per $FC \leq 5\%$

per $5\% \leq FC \leq 35\%$

per $FC \leq 35\%$

$$T = 0,009 - 0,0109 \cdot \left(\frac{V_{S1}}{100}\right) + 0,0038 \cdot \left(\frac{V_{S1}}{100}\right)^2$$

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

Il deposito è potenzialmente liquefacibile se risulta $FS \leq 1$.

Verifica da prove VS Juang et al. (2001):				RS1					
Z (m)	Nspt (cp/ft)	Sv (kg/cmq)	SvP (kg/cmq)	Na (-)	rd (-)	CRR (-)	CRS (-)	FS (-)	PL (-)
3,00	361,00	0,51	0,51	0,98	0,38	0,01	45,42	4,10	0,00
12,00	1125,00	2,13	0,69	0,85	3,34	0,02	147,54	50,00	0,00
15,00	283,00	4,47	0,81	0,77	0,17	0,04	4,74	80,00	0,00
21,00	465,00	7,98	0,99	0,61	0,46	0,04	10,90	80,00	0,00
27,00	750,00	12,66	1,23	0,56	1,10	0,05	22,35	90,00	0,00
NCEER:			2,21						
PL:			0,00						
Rischio:			Molto basso						

Tabella 23 Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio RS1 (campagna 2012)

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04			
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012			
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	63	Di <i>of</i>	66

Verifica da prove VS Juang et al. (2001):				RS2					
Z (m)	Nspt (cp/ft)	Sv (kg/cmq)	SvP (kg/cmq)	Na (-)	rd (-)	CRR (-)	CRS (-)	FS (-)	PL (-)
3,00	316,00	0,51	0,51	0,98	0,29	0,01	34,02	4,10	0,00
4,00	615,00	0,71	0,52	0,97	1,14	0,01	100,05	2,70	0,00
5,00	316,00	1,11	0,54	0,96	0,28	0,02	16,29	2,70	0,00
13,00	366,00	3,06	0,64	0,83	0,35	0,03	10,35	80,00	0,00
26,00	381,00	7,55	0,87	0,57	0,33	0,04	7,72	90,00	0,00
NCEER:			2,21						
PL:			0,00						
Rischio:			Molto basso						

Tabella 24: Verifica di suscettibilità alla liquefazione – sondaggio RS1 (campagna 2012)

Il rischio di liquefazione dei depositi di riempimento antropico è molto basso secondo tutti i metodi adottati. In particolare occorre notare che, sebbene vi siano alcune orizzonti che, localmente, presentano una curva granulometrica racchiusa all'interno del fuso critico per la liquefacibilità secondo Sherif & Ishibashi, queste ultime sono comunque non rappresentative del deposito nel suo complesso. Le prove penetrometriche SPT della campagna del 2008, così come le misurazioni della velocità delle onde sismiche eseguite nella campagna 2012, fanno escludere un rischio generalizzato di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.

Sulla base dei risultati disponibili delle prove SPT e sismiche, i coefficienti di sicurezza dei singoli strati rilevati appaiono, comunque, superiori a 2. Inoltre, sempre sulla base delle risultanze di laboratorio e le prove in situ, non è stata rilevata la presenza di strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda ma solo locali spessori mediamente meno addensati, per lo meno nell'intorno dell'area interessata alle opere da realizzare.

Ad ogni modo, i pali di fondazione attraversano il materiale di riempimento senza fare alcun affidamento ad un contributo di portanza verticale. Il palo è inoltre realizzato mediante n'impiego di una camicia in lamierino a perdere che oltre che fungere da tuboforma, evita che possano insorgere sovraccarichi sul palo legati a fenomeni di attrito negativo dovuti ad eventuali assestamenti, ivi inclusi, quelli legati a fenomeni localizzati di liquefazione.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	64 Di <i>of</i> 66

5. CONCLUSIONI

La caratterizzazione sismica del sottosuolo per l'area interessata alla realizzazione dei lavori è avvenuta facendo riferimento sia alla campagna di indagini 2012 che alla campagna 2008.

Nell'ambito della schematizzazione geotecnica sono stati distinti 3 litotipi (in ordine dall'alto verso il basso):

- LITOTIPO C costituito da sedimenti incoerenti recenti di riempimento del corpo banchina;
- LITOTIPO A, costituito da depositi alluvionali e di spiaggia recenti (sabbia con ghiaia e ciottoli a limo sabbioso);
- LITOTIPO B – Argille plioceniche di base, quest'ultimo distinto in B.1 (Argille di base superficiali allentate) e B.2 (argille di base profonde consistenti)

Per ciascuno di questi litotipi è stato definito lo spessore e la parametrizzazione geotecnica di riferimento con i valori caratteristici da assumere a base delle verifiche progettuali.

Le opere previste ricadono in un'area del territorio tarantino che è inserito in "Zona 3" ai sensi dell'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e della D.G.R. Puglia n. 153 del 02/03/2004.

La Zona 3 è caratterizzata da un'accelerazione orizzontale massima a_g compresa tra il valore 0,05 e 0,15g (con riferimento ad un suolo tipo "A"), mentre l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico è pari a $0,15 \times a_g$.

Secondo il reticolo INGV e la categoria di sottosuolo adottata, si rilevano pertanto valori di accelerazione orizzontale massima su suolo di riferimento nello stretto intorno dell'area di progetto compresi tra 0.100-0.125 g.

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto e della definizione della pericolosità sismica di base, l'impiego di prove geosismiche e dei dati SPT della campagna BH2008 ha consentito di attribuire la categoria C al sottosuolo di fondazione.

In considerazione dei dati ricavati con le indagini, i parametri di riferimento per alcuni strati di sottosuolo, in particolare per i termini di passaggio tra il riempimento antropico ed il materiale in posto, così come alcuni orizzonti del riempimento stesso, sono caratterizzati da valori caratteristici prossimi quelli che discriminano il passaggio da suolo di categoria B a C. Trattandosi di opere a mare caratterizzate da un notevole sviluppo lineare (1.200 m), esse sono localmente interessate da situazioni stratigrafiche significativamente variabili per cui il passaggio litostratigrafico non presenta mai una continuità orizzontale. Per tali motivazioni, a favore di sicurezza, si è preferito adottare la categoria C per il suolo di fondazione.

Le opere di adeguamento della banchina in progetto prevedono la realizzazione di fondazioni indirette sia per il nuovo impalcato lato mare (che ospiterà la rotaia di corsa esterna) sia per la trave di fondazione della rotaia prevista sul lato di banchina esistente.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO	Data Luglio 2012	
	RELAZIONE SISMICA	Pagina <i>Page</i>	65
		Di <i>of</i>	66

Le lunghezze dei pali di fondazione delle travi di corsa lato terra e lato mare devono essere tali da:

- garantire spostamenti e cedimenti differenziali inferiori ai limiti di tolleranza ammissibili per la funzionalità della gru
- verificare che i livelli di sicurezza minimi previsti da normativa allo stato limite ultimo rispetto a portanza verticale ed orizzontale dei pali fossero raggiunti

Alcune considerazioni vanno riportate circa la verifica di suscettibilità alla liquefazione dei depositi costituiti dal materiale di riempimento antropico (litotipo C) della banchina esistente e dei termini di passaggio (litotipo A), con carattere di sabbie e sabbie limose. Come si è detto questo materiale è di tipo incoerente, caratterizzato da granulometrie nel campo delle sabbie, ghiaie e sabbie limoso-ghiaiose. La variabilità nella distribuzione granulometrica di questi depositi è notevole, essendo legata a momenti e modalità diverse di versamento all'interno del piazzale. Su alcuni campioni estratti da questi litotipi, è stata effettuata la determinazione del peso di volume e della curva granulometrica. Quest'ultima, per alcune sabbie poco gradate, è risultata interna al fuso granulometrico critico di Sherif&Ishibashi (1978). Ad ogni modo la esiguità degli spessori, le velocità sismiche rilevate nell'ambito della campagna del 2012, le prove SPT rilevate nella campagna 2008, portano ad escludere il rischio di liquefazione, almeno per il deposito nel suo complesso. A tale proposito verifiche analitiche sono state condotte confrontando la azione tagliante ciclica dovuta al sisma con la capacità di resistenza alla liquefazione stimata secondo formulazioni note in letteratura.

Il potenziale di liquefazione è stato valutato mediante il confronto dell'azione ciclica dovuta al sisma di progetto, con la resistenza ciclica del terreno secondo ben note formulazioni di letteratura. Il potenziale di liquefazione è risultato molto basso nei depositi di riempimento antropico (litotipo C) e nei litotipi A sia secondo i metodi basati sulla velocità delle onde sismiche (Andrus e Strokoe, Juang et al.), sia con il metodo più comune basato su prove SPT (Seed & Idriss).

Il rischio di liquefazione è molto basso ed è da escludersi, almeno alla scala del deposito.

Ad ogni modo, i pali di fondazione attraversano il materiale di riempimento senza fare alcun affidamento ad un contributo di portanza verticale in questo deposito. Il palo è inoltre realizzato mediante n'impiego di una camicia in lamierino a perdere che oltre che fungere da tuboforma, evita che possano insorgere sovraccarichi sul palo legati a fenomeni di attrito negativo dovuti ad assestamenti, ivi inclusi, quelli legati a eventuali fenomeni localizzati di liquefazione.

	PORTO DI TARANTO RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO POLISETTORIALE DI TARANTO AMMODERNAMENTO DELLA BANCHINA DI ORMEGGIO	Documento <i>Document</i> 0130TAR01009-00-R04	
	PROGETTO DEFINITIVO		Data Luglio 2012
RELAZIONE SISMICA		Pagina <i>Page</i>	66 Di <i>of</i> 66

6. BIBLIOGRAFIA

- ANDRIUS R.D., STOKOE K.H., II, CHUNGH R.M., JUANG C.H. (2003), *Guidelines for evaluating liquefaction resistance using shear wave velocity measurements and simplified procedures*, NIST GCR 03-854, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.
- BOULANGER R.W., IDRIS I.M. (2007), *Evaluation of cyclic softening in silts and clays*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 133, 641-652.
- BOULANGER R.W., IDRIS I.M. (2006), *Liquefaction susceptibility criteria for silts and clays*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 132(11), 1413-1426.
- IDRIS I.M. (1985), *Evaluating seismic risk in engineering practice*, Proc. 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, Balkema, Rotterdam, 265-320.
- IDRIS I.M., BOULANGER R.W. (2006), *Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 26, pp. 115-130.
- JEFFERIES M.G., DAVIES M.P. (1993), *Use of CPTu to Estimate Equivalent SPT N60*, Geotechnical Testing Journal 16 (4), pp. 458-468.
- ROBERTSON P.K. (2009), *Performance based earthquake design using the CPT. Proc. IS-Tokyo 2009*, June 2009, Tokyo, Japan.
- SEED H.B., IDRIS I.M. (1971), *Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential*, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Div., ASCE, 97 (SM9),

Roma, Luglio 2012

Il Progettista Responsabile
 Dott. Ing. Michelangelo Lentini