



# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 <p>IL PROGETTISTA                  Dott. Ing. F. Colla                  Ordine Ingegneri                  Milano                  n°20355                  Dott. Ing. E. Pagani                  Ordine Ingegneri Milano                  n°15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager                  (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA                  Direttore Generale e                  RUP Validazione                  (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA                  Amministratore Delegato                  (Dott. P. Ciucci)</p>
--	---	--	---

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI CALABRIA	<b>CS0486_F0</b>
<i>Tipo di sistema</i>	INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	CAVALCAVIA SAN GIOVANNI ROSSO	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	

CODICE	C G 0 7 0 0 P R G D C S C 0 0 C V 2 C 0 0 0 0 0 1 F 0
--------	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	R.CAFFARENA	G.SCIUTO	F.COLLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA</b>		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
PREMESSA.....	4
1 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	4
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	6
3 CARATTERISTICHE MATERIALI.....	9
3.1 Conglomerato cementizio .....	9
3.1.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni .....	9
3.1.2 Conglomerato cementizio per pali di fondazione.....	9
3.1.3 Conglomerato cementizio per fondazioni .....	9
3.1.4 Conglomerato cementizio per elevazioni .....	10
3.1.5 Conglomerato cementizio per soletta d'impalcato, cordoli e baggioli.....	10
3.1.6 Conglomerato cementizio per lastre tralicciate.....	10
3.2 Acciaio per cemento armato .....	11
3.3 Acciaio per carpenteria metallica tipo CORTEN .....	11
3.4 Collegamenti bullonati .....	12
3.5 Connettori a piolo .....	12
3.6 Saldature.....	12
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	13
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	13
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	15
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO .....	45
4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE .....	52
4.4.1 Durabilità delle opere.....	52
4.4.2 Definizione della larghezza collaborante.....	53
4.4.3 Definizione del coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc.....	54
4.4.4 Classificazione delle sezioni in acciaio.....	55
5 FASI COSTRUTTIVE.....	56
6 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	57

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

La presente opera è a cura di ANAS S.p.A. come prescritto dal redigendo accordo di programma.

La presente relazione riguarda il dimensionamento statico del cavalcavia ubicato alla PK. 1+769 denominato "Cavalcavia San Giovanni Rosso" (altezza max. trave 150 cm e luce 21+37,40 m), nell'ambito del progetto Definitivo per la realizzazione del "Ponte sullo Stretto di Messina".

### 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [NT\_1]. D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni (Gazzetta ufficiale 04/02/2008 n. 29)"
- [NT\_2]. C.M. 02.02.2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni (Gazzetta ufficiale 04/02/2008 n. 29)"
- [NT\_3]. UNI EN 1990: 2006 "Eurocodice 0 – Criteri generali di progettazione strutturale"
- [NT\_4]. UNI EN 1991-1-1: 2004 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici"
- [NT\_5]. UNI EN 1991-1-4: 2005 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento"
- [NT\_6]. UNI EN 1991-1-5: 2004 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-5: Azioni in generale – Azioni termiche"
- [NT\_7]. UNI EN 1991-2: 2005 "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti"
- [NT\_8]. UNI EN 1992-1-1: 2005 "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- [NT\_9]. UNI EN 1992-2: 2006 "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi"
- [NT\_10]. UNI EN 1993-1-5: 2007 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra"
- [NT\_11]. UNI EN 1993-1-9: 2005 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-9: Fatica"
- [NT\_12]. UNI EN 1993-2: 2007 "Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti in acciaio"

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- [NT\_13]. UNI EN 1994-2: 2006 *“Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 2: Regole generali e regole per i ponti”*
- [NT\_14]. UNI EN 1997-1: 2005 *“Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”*
- [NT\_15]. UNI EN 1998-1: 2005 *“Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”*
- [NT\_16]. UNI EN 1998-5: 2005 *“Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”*
- [NT\_17]. UNI 11104-2004 *“Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”*
- [NT\_18]. UNI EN 197-1-2007 *“Cemento: Parte 1 - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni*
- [NT\_19]. UNI EN 206-1-2006 *“Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità”*
- [NT\_20]. CNR DT 207: 2008 *“Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### RIFERIMENTI PER CALCOLO STRUTTURALE

- [B1]. A.I.C.A.P. [2006] - "Guida all'uso dell'Eurocodice 2"
- [B2]. ANTONIO MIGLIACCI, FRANCO MOLA [2003] - "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a."
- [B3]. CSI COMPUTER & STRUCTURE [2009] - "SAP 2000 user's manual"
- [B4]. C. CESTELLI GUIDI [1987] - "Cemento armato precompresso"
- [B5]. DAVID COLLINGS [2005] - "Steel-concrete composite bridge"
- [B6]. ERASMO VIOLA [1992] - "Scienza delle costruzioni"
- [B7]. INTERNETIONAL CENTRE FOR MECHANICAL SCIENCES [2003] - "Strutture composte: nuove costruzioni – recupero – ponti"
- [B8]. LUIGI SABBATELLA [1998] - "Il cemento armato: la tecnica e la statica"
- [B9]. MARIO PETRANGELI [1996] - "Progettazione e costruzione di ponti"
- [B10]. MARCELLO ARICI, ENZO SIVIERO [2005] - "Nuovi orientamenti per la progettazione di Ponti e Viadotti"
- [B11]. NIGEL R. HEWSON [2006] - "Prestressed concrete bridge: design and construction"
- [B12]. O. BELLUZZI [1996] - "Scienza delle costruzioni"
- [B13]. PAOLO RUGALI [2008] - "Calcolo di strutture in acciaio; guida all'Eurocodice 3"
- [B14]. P. POZZATI, C. CECCOLI [2000] - "Teoria e tecnica delle strutture"
- [B15]. R. WALTHER, B. HOURIET, W. ISLER, P. MOIA, J.F. KLEIN [2008] - "Cable stayed bridges"
- [B16]. WAI-FAH CHEN, LIAN DUAN [2000] - "Bridge engineering, substructure design"

### RIFERIMENTI PER CALCOLO SISMICO

- [B17]. ANDRE' PREUMONT, KAZUTO SETO [2008] - "Active control of structures"
- [B18]. AMR S. ELNASHI, LUIGI DI SARNO [2008] - "Fundamental of earthquake engineering"
- [B19]. C. CASAROTTI, R. PINHO, G.M. CALVI [2006] - "Adaptive pushover-based methods for seismic assessment and design of bridge structure"
- [B20]. C.G. LAI, S. FOTI, M. ROTA [2009] - "Input sismico e stabilità geotecnica dei siti in costruzione"
- [B21]. D. PIETRA, G.M. CALVI, R. PINHO [2008] - "Displacement-based seismic design of isolated bridge"

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- [B22]. ERASMO VIOLA [2001] - "Fondamenti di dinamica e vibrazione delle strutture"
- [B23]. IUSS PRESS, rivista quadrimestrale - "Progettazione sismica"
- [B24]. M.J.N. PRIESTLEY, G.M. CALVI, M.J. KOWLASKY [2007] - "Displacement-based seismic design of structures"
- [B25]. P.E. PINTO, P. FRANCHIN, A. LUPOI [2009] - "Valutazione e consolidamento sismico dei ponti esistenti"
- [B26]. P.E. PINTO, R. GIANNINI, P. FRANCHIN [2004] - "seismic reliability analysis of structures"

#### **RIFERIMENTI PER CALCOLO GEOTECNICO**

- [B27]. ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA [1984] - "Raccomandazioni sui pali di fondazione"
- [B28]. BRINCH-HANSEN, J. [1961] - "A General Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.11, Copenhagen.
- [B29]. BRINCH-HANSEN, J. [1970] - "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- [B30]. BUSTAMANTE M. & DOIX B. (1985) - "Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés" Bulletin Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, n°140, nov.-déc., ref. 3047
- [B31]. BUSTAMANTE M., GIANESELLI L.. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.
- [B32]. BOWLES J.E. [1991] - "Fondazioni – Progetto e Analisi" - Editore McGraw-Hill
- [B33]. CARLO CESTELLI GUIDI [1987] - "Geotecnica e tecnica delle fondazioni"
- [B34]. DE BEER, E.E., LADANYI, B. [1961] - "Etude experimentale de la capacite portante du sable sous des fondations circulaires etablies en surface". 5th ICSMFE, Paris, 1, 577-581.
- [B35]. GROUP 7.0 for windows [2000] - Technical & User's manual – Ensoft Inc.
- [B36]. H.G. POULOS, E.H. DAVIS [2002] - "Analisi e progettazione di fondazioni su pali"
- [B37]. JAMIOLKOWSKI M. et al. [1983] - "Scale effects of ultimate pile capacity" - Discussion, JGED, ASCE.
- [B38]. LANCELOTTA R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- [B39]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "The Ultimate Bearing Capacity of Foundations" -

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA</b>		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

*Geotechnique, 2, 301-332.*

- [B40]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "Some recent research on the bearing capacity of foundations" - *Canadian Geotechnical Journal*, 1, 16-26
- [B41]. MEYERHOF G.G., SASTRY V.V.R.N. [1978] - "Bearing capacity of piles in layered soils. Part 1. Clay overlying sand" - *Canadian Geotechnical Journal*, 15, 171-182, 183-189.
- [B42]. REESE L.C., WRIGHT S.J. [1977] - "Drilled shaft manual" - U.S. Dept. Transportation, Offices of Research and Development, Implementation Div., HDV 2, Washington D.C., vol.1
- [B43]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1974] - "Analysis of laterally loaded piles in sand" – Paper N° OCT 2080, Proceedings, Fifth Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- [B44]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1975] - "Field testing and analysis of laterally loaded piles in stiff clay" – Paper N° OCT 2313, Proceedings, Seventh Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
- [B45]. REESE L.C., WELCH R.C. [1975] - "Lateral loading of deep foundations in stiff clay" – *Journal of the geotechnical Division, ASCE, Vol. 101, No GT7, Proceedings Paper 11456, 1975, pp. 633 – 649.*
- [B46]. SKEMPTON, A. W. [1951] - "The bearing capacity of clays" - *Building Research Congress, London, 1, 180-189.*
- [B47]. VESIC, A.S. [1970] - "Tests on instrumented Piles, Ogeechee River Site" - *JSMFD, ASCE, V. 96, N. SM2, Proc. Paper 7170, March.*
- [B48]. VESIC, A.S. [1973] - "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations". - *JSMFD, ASCE, Jan., 45-73.*
- [B49]. WELCH, R.C., REESE L.C. [1972] - "Laterally loaded Behavior of drilled shafts" – *Research Report N° 3-5-65-89, conducted for Texas Highway Department and U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, by Center for Highway Research, The University of Austin.*



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

### 3 CARATTERISTICHE MATERIALI

#### 3.1 Conglomerato cementizio

I conglomerati cementizi dovranno essere realizzati in accordo con le normative UNI 11104 e UNI EN 206-1; più in dettaglio ogni parte strutturale dovrà possedere le seguenti caratteristiche resistenti:

##### 3.1.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni

Classe	C12/15
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 12 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	X0
Classe di consistenza	S4 / S5

##### 3.1.2 Conglomerato cementizio per pali di fondazione

Classe	C25/30
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 14,167 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,565 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 1,795 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / \gamma_c = 1,197 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza	S4-S5

##### 3.1.3 Conglomerato cementizio per fondazioni

Classe	C25/30
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 14,167 \text{ N/mm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i> F0</td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i> 20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011
<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011				

Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3}$	= 2,565 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk\ 0,05} = 0,7 * f_{ctm}$	= 1,795 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk\ 0,05} / \gamma_c$	= 1,197 N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione	XC2	
Classe di consistenza	S4	

### 3.1.4 Conglomerato cementizio per elevazioni

Classe	C32/40	
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 40$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 32$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5$	= 18,133 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3}$	= 3,024 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk\ 0,05} = 0,7 * f_{ctm}$	= 2,117 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk\ 0,05} / \gamma_c$	= 1,411 N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione	XC4 – XS1– XF2	
Classe di consistenza	S4	

### 3.1.5 Conglomerato cementizio per soletta d'impalcato, cordoli e baggioli

Classe	C32/40	
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 40$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 32$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5$	= 18,133 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3}$	= 3,024 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk\ 0,05} = 0,7 * f_{ctm}$	= 2,117 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk\ 0,05} / \gamma_c$	= 1,411 N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione	XF4	
Classe di consistenza	S4	

### 3.1.6 Conglomerato cementizio per lastre tralicciate

Classe	C35/45	
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 45$	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 35$	N/mm <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">F0</td> <td style="text-align: left;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 19,833 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 3,210 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 2,247 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / \gamma_c = 1,498 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	XS1–XF2
Classe di consistenza	S4

### 3.2 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15 = 391,30 \text{ N/mm}^2$
Deformazione caratteristica al carico massimo	$\epsilon_{uk} = 7,5 \%$
Deformazione di progetto	$\epsilon_{ud} = 6,75 \%$

### 3.3 Acciaio per carpenteria metallica tipo CORTEN

In conformità con la norma UNI EN 10025:

- Elementi composti per saldatura:

spessori  $t \leq 40 \text{ mm}$ :

Tipo	S355J2G3
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 470\text{-}630 \text{ N/mm}^2$

spessori  $t > 40 \text{ mm}$ :

Tipo	S355K2G3
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 315 \text{ N/mm}^2$
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 470\text{-}630 \text{ N/mm}^2$

- Elementi non saldati:

spessori  $t \leq 16 \text{ mm}$ :

Tipo	S355J0
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 470\text{-}630 \text{ N/mm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

spessori  $16 < t \leq 40$  mm:

Tipo	S355J0
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 315 \text{ N/mm}^2$
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 470\text{-}630 \text{ N/mm}^2$

### 3.4 Collegamenti bullonati

Giunzioni ad attrito da realizzarsi con bulloneria ad alta resistenza a serraggio controllato secondo UNI 3740 e UNI 20898 parte I e II:

- Viti classe 10.9 (UNI EN ISO 898-1:2001)
- Dadi classe 10 (UNI EN ISO 20898-2:1994)
- Rosette acciaio C50 EN10083 (HRC 32-40) (UNI EN ISO 10083-2:2006)

Le giunzioni bullonate ad attrito dovranno prevedere un coefficiente di attrito pari a 0,3 e coppie di serraggio secondo D.M. 14.01.2008.

I bulloni disposti verticalmente avranno la testa della vite verso l'alto ed il dado verso il basso ed avranno una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado.

Fori per bulloni secondo D.M. 14/01/2008.

### 3.5 Connettori a piolo

In conformità con la norma UNI EN ISO 13918:

Acciaio tipo	ST 37-3K (S235J2G3+C450)
Soglia di snervamento	$f_{yk} \geq 350 \text{ N/mm}^2$
Tensione di rottura	$f_{tk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Allungamento	$A \geq 15\%$
Strizione	$Z \geq 50\%$

### 3.6 Saldature

In conformità con il D.M. 14/01/2008.

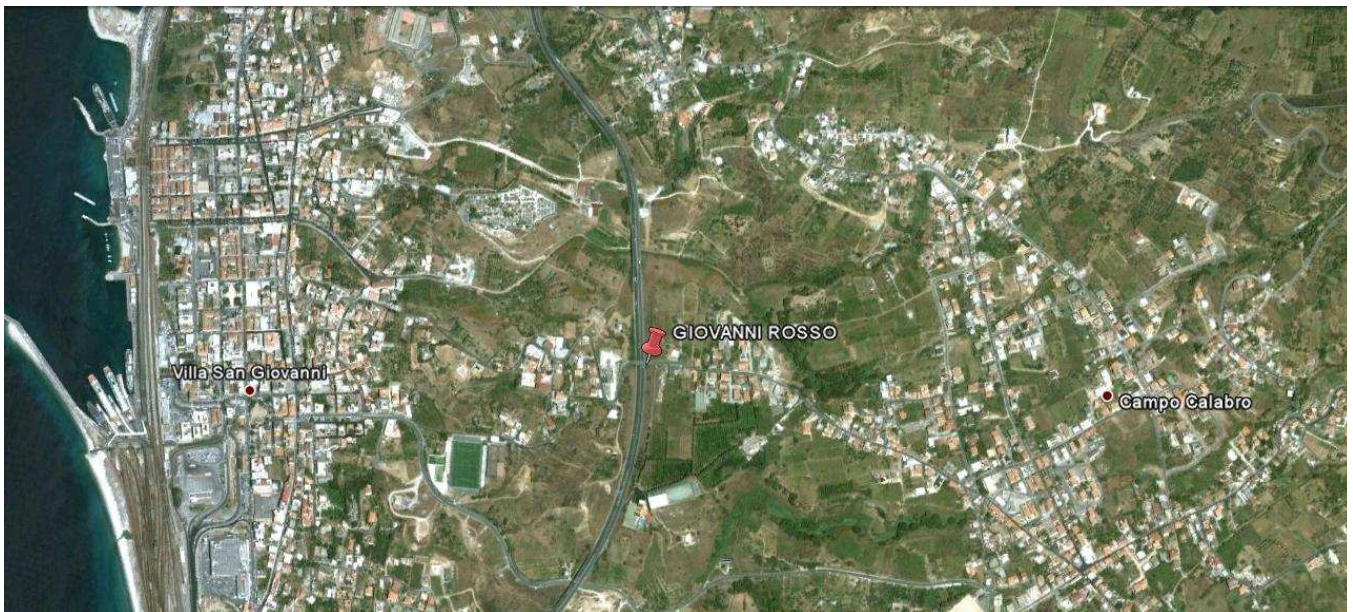
Dove non diversamente specificato si prevedono saldature a cordone d'angolo di lato pari a 0.7 per lo spessore minimo da collegare se su entrambi i lati, e di lato pari allo spessore minimo da collegare se su un solo lato. Tutti i cordoni devono essere sigillati sul contorno. Per i giunti a piena penetrazione le lamiere dovranno essere preventivamente preparate con opportuno cianfrino.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

### 4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

La zona in cui è individuata l'opera esaminata nel presente documento, ricade all'incirca alla Latitudine di 38,217633 e Longitudine di 15,647970.



F1. Individuazione della zona in cui ricade l'opera

L'opera si sviluppa con andamento rettilineo su un'unica via di corsa di larghezza massima  $B = 13,40$  m (dei quali 9 m carrabili) e si presenta retto rispetto alla direzione di percorrenza della viabilità; l'angolo tra l'asse longitudinale del ponte e l'asse appoggi è pari a  $90^\circ$ . Da un punto di vista statico, la struttura è a 2 campate con luce di calcolo pari a  $37,4+21$  m:

<b>Campata</b>	<b>Lunghezza [m]</b>
Spalla A – Pila 1	37,40
Pila 1 – Spalla B	21,00

L'impalcato è a graticcio, realizzato mediante 4 travate metalliche continue con soletta in c.a. collaborante (prevista con il sistema costruttivo "a prédalles", armate con tralicci tipo Bausta o similari, autoportanti nei confronti del getto in opera della soletta) e traversi metallici a parete

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

piena.

Le travi in acciaio hanno altezza costante lungo il loro sviluppo longitudinale e un interasse costante di 3,50 m. La larghezza delle piattabande superiori ed inferiori e lo spessore dei singoli elementi è costante lungo lo sviluppo della trave (vedi elaborati grafici):

	<b>TIPO 1</b>
H trave (mm)	1500
Piattabanda sup. (mm)	8500x50
Anima (mm)	25
Piattabanda inf. (mm)	850x50

Le travi in acciaio vengono prefabbricate in officina per conci di lunghezza massima 11,25 m, conci risultano trasportabili agevolmente senza oneri specifici.

La spalla A è in c.a. costituita da una diaframmatura di spessore 120 cm, resa più rigida da un getto frontale in c.a. (spessore al piede 230 cm) su cui viene intestata una sella d'appoggio di spessore 100 cm e larghezza 185 cm.

Dalla sella di appoggio si eleva il muro paraghiaia di spessore 40 cm, su cui sono incastrate le orecchie di risvolto.

Per il calcolo del diaframma di spalla A si rimanda agli elaborati specifici.

La spalla B è in c.a. con paraghiaia e muri andatori, con un plinto di fondazione di dimensioni 12,20x8,00 mq, inclinato di 2° sull'orizzontale. La fondazione è di tipo diretto.

La sezione trasversale della spalla è costituita dal muro paraghiaia di spessore di 40 cm che si eleva fino a quota pavimentazione; i muri andatori hanno spessore costante pari a 50 cm.

Per offrire maggior resistenza allo scorrimento, è stato inserito un dente di fondazione in c.a. a tergo della spalla di dimensioni 100x200 (spessore x profondità).

Le spalle sono rette rispetto all'asse longitudinale del ponte, parallele all'asse appoggi.

La pila presenta quattro fusti del diametro di 1.00m disposti, al di sotto di ciascuna trave costituente l'impalcato, all'interasse di 3.50m. e collegati in sommità da un pulvino di sezione quadrata 1.00x1.00m. L'altezza della pila misurata dal piano appoggi all'estradosso della fondazione è di 8.70m.

La fondazione è costituita da una paratia di pali  $\phi 1200$  collegata da un cordolo rettangolare di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dimensioni 1.2x1.50.

La fondazione di pali non è oggetto di questa relazione.

Il sistema di vincolamento è realizzato mediante appoggi tipo VASOFLON, creando uno schema statico isostatico mediante carrelli e una cerniera. Saranno quindi predisposti:

- su spalla A = 2 appoggi multidirezionali + 2 appoggio unidirezionale longitudinale
- su Pila 1= 2 appoggi multidirezionali + 2 appoggio unidirezionale longitudinale
- su spalla B = 2 appoggio unidirezionale trasversali + 2 appoggio fisso

I dispositivi saranno progettati affinché resistano all'azione di progetto allo stato limite ultimo e risultino idonei:

- a trasmettere le forze conseguenti alle azioni sismiche;
- ad evitare sconnessioni tra gli elementi componenti il dispositivo di vincolo;
- ad evitare la fuoriuscita dei vincoli dalle loro sedi.

Sono presenti inoltre ritegni sismici di emergenza in direzione trasversale (realizzati in cemento armato), i quali non possono però essere considerati come dispositivi di ritenuta adatti a fenomeni ciclici perché durante un evento sismico sono elementi soggetti a fenomeni di martellamento.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura da ponte, con applicazione della Normativa sui ponti stradali D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

## 4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

La fondazione della spalla B (su fondazione diretta) si attesta a una profondità media da p.c. di circa 5,00 m; le altre due sottofondazioni sono di tipo indiretto (non oggetto di questa relazione).

La zona in cui ricade l'opera in oggetto presenta quindi una stratigrafia dove i primi 4-5 m da intradosso fondazione sono caratterizzati da “*depositi marini terrazzati*”, mentre il successivo strato uniforme è caratterizzato dai “*ghiaie e sabbie di Messina*”.

Più in dettaglio tale le litologie presentano le seguenti caratteristiche:

### DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18-20
$c'_{\text{picco}}$ (kPa)	0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		Codice documento CS0486_F0	Rev Data F0 20/06/2011

$\phi'_{\text{picco}} (\text{°})$	38°÷40° (p'ff=0-272KPa) / 36° ÷38° (p'ff=272-350KPa)
$C_{\text{residuo}}' (\text{kPa})$	0
$\Phi_{\text{residuo}}' (\text{°})$	33°÷35°
$k_o (-)$	0.4-0.5
$V_s (\text{m/sec})$	200+14·(z)
$G'_o (\text{MPa})$	$G_o = 2060 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.6}$
$E' (\text{MPa}) *$	$E = (19 \div 30) \cdot (z)^{0.7}$
$\nu' (-)$	0.2
$K(\text{m/s})$	$10^{-5} - 10^{-6}$

#### GHIAIE E SABBIE DI MESSINA

$\gamma (\text{kN/m}^3)$	18÷20
$N_{\text{SPT}} (\text{colpi/30 cm})$	70±25
$c'_{\text{picco}} (\text{kPa})$	0÷10
$\phi'_{\text{picco}} (\text{°})$	38÷40 (p'ff=0-272KPa) / 35÷38 (p'ff=272-350KPa)
$C_{\text{cv}}' (\text{kPa})$	0
$\Phi_{\text{cv}}' (\text{°})$	33÷35
$k_o (-)$	0.45-0.55
$V_s (\text{m/sec})$	$V_s=200+7 \cdot z (\text{m/s})$
$G'_o (\text{MPa})$	$G_o = 1780 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.65}$
$E' (\text{MPa})*$	$E' = (17 \div 40) \cdot (z)^{0.7}$
$\nu' (-)$	0.2
$G_0, G/G_0$	curve teoriche
$D_0, D/D_0$	curve teoriche
$K(\text{m/s})$	$10^{-4} \div 10^{-5}$

Simbologia:

$\gamma_t$  = peso di volume naturale;



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

NSPT = resistenza penetrometrica dinamica in prova SPT;

$\phi'$  = angolo di attrito operativo;

$c'$  = intercetta di coesione operativa;

$\phi_r'$  = angolo di attrito residuo;

$c_r'$  = intercetta di coesione residua;

OCR = grado di sovraconsolidazione;

$\sigma_{vo}'$  = pressione verticale efficace geostatica;

$\sigma_{vmax}'$  = pressione verticale efficace massima subita dal deposito;

$c_u$  = resistenza al taglio non drenata riferita a tensioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a condizioni di carico tipo quelle delle prove triassiali di compressione e carico;

$k_o$  = coefficiente di spinta del terreno a riposo;

$k_v$  = coefficiente di permeabilità verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale;

$V_s$  = velocità di propagazione delle onde di taglio;

$G_o$  = modulo di taglio iniziale riferito alle pressioni efficaci geostatiche;

$E'$  = modulo di Young "operativo"; \* = si considerano valori nel range per gallerie, fronti di scavo sostenuti, opere di sostegno tirantate o puntonate; valori al minimo del range per fondazioni dirette, fondazioni su pali e rilevati.

$\nu'$  (-) = coefficiente di Poisson

$p_a$  = pressione atmosferica di riferimento, espressa in MPa

$p'_o$  = pressione efficace alla profondità  $z$ , espressa in MPa

Secondo i profili idrogeologici di progetto non è presente la falda, pertanto nel proseguo della relazione si considererà assente la falda in quanto ininfluente nei dimensionamenti.

Per un maggior dettaglio della caratterizzazione geotecnica dei suoli si rimanda alla relazione generale CG0800PRBDCSBC8G000000001B.

Per un maggior dettaglio della stratigrafia di profilo si rimanda agli elaborati:

Profilo geologico-geotecnico      1:2000   CG0800   P   F6   D   C   SB   C6   ST   00   00   00   23   B

Profilo idrogeologico                1:2000   CG0800   P   F6   D   C   SB   C6   ST   00   00   00   24   B

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nel seguito si porta un estratto di dettaglio per la zona in esame.

### **Descrizione delle litologie prevalenti**

Le litologie prevalenti sono costituite dalle formazioni dei Sabbie e Ghiaie di Messina, Depositi terrazzati marini.

Le Sabbie e Ghiaie di Messina sono granulometricamente descritte come ghiaie e ciottoli da sub arrotondati ad appiattiti con matrice di sabbie grossolane.

La falda non risulta interferente con le opere.

I Depositi terrazzati marini sono rappresentati da depositi marini sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fortemente pedogenizzati in prossimità della superficie. I depositi dei terrazzi marini rappresentano terre da sciolte a debolmente coesive con cementazione da debole ad assente.

L'età attribuibile ai terrazzi cartografati nell'area di intervento copre l'intervallo Pleistocene medio-superiore.

La falda non risulta interferente con le opere.

La prova sismica nel sondaggio C416 fornisce una Vs30 di cat. C.

### **Indagini previste**

Data l'esiguità dei sondaggi e delle prove localmente presenti (C416, S10\_DG42), si è scelto di tenere conto anche di altri sondaggi e prove disponibili.

#### Sabbie e Ghiaie di Messina

Si considerano i sondaggi della tratta relativa alla Rampa D\_dec.

- prove SPT (S10\_DG42,SN12,SN13,SN14,C416,C417)
- 2 prove sismiche (C416, C417)
- 2 prove Le Franc (C416, C417)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed delle caratteristiche di resistenza (C403BIS,C429,C430,C432)

#### Depositi terrazzati marini

Si considerano i sondaggi della tratta relativa alla Rampa D\_dec.

- prove SPT (SN12, C416)
- 1 prove sismiche (C416)
- 2 prove Le Franc (C416, C417)
- Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici ed delle caratteristiche di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

resistenza (C429,C430,C432)

### Caratterizzazione geotecnica

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDCSBC8G00000001A. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

### Sabbie e Ghiaie di Messina

Per le caratteristiche fisiche da un'analisi statistica delle caratteristiche granulometriche emerge, un andamento che conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 36%), sia di materiali intermedi (sabbie 52%). Il contenuto di fino è mediamente del 11%.

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.8mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 1.2 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.025 mm

Il peso di volume dei grani medio  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26 kN/m<sup>3</sup>;

In base a dati di letteratura il valore di  $\gamma_{dmax}$  risulterebbe mediamente pari a circa 21 KN/m<sup>3</sup> mentre  $\gamma_{dmin}$  mediamente pari a circa 16 KN/m<sup>3</sup>.

Per lo stato iniziale si ha:

- **Dr:** I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.75$  corrispondente al  $d_{50}=0.8mm$ .
- **$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.31, non dissimile dai valori reperibili in letteratura ( $0.17 < e_{max}-e_{min} < 0.29$ ) e da quanto misurato in laboratorio (SG10DG42) con valore medio pari a 0.33. Stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7 a partire dai valori di  $Dr$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito.
- **$\gamma_d$ :** in base a tali valori di  $e_o$  e da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma_d$ .
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Mesri (1989) per tenere conto degli effetti di "aging".

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Z(m)	Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	K <sub>0</sub>
<b>0-15</b>	<b>0.8</b>	-	<b>18-20</b>	<b>0.40-0.45</b>
<b>&gt;15</b>	<b>0.6-0.8</b>	-	<b>17-18</b>	<b>0.45-0.5</b>

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci sulla base delle prove SPT si è ottenuto:

Z(m)	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_p$ (pff=272-350KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)
<b>0-15</b>	<b>40-42</b>	<b>37-39</b>	<b>33-35</b>
<b>&gt;15</b>	<b>39-41</b>	<b>36-38</b>	

Ai parametri di resistenza operativi al taglio in termini di sforzi efficaci si sono assegnati i seguenti valori operativi:

$c'_p = 0 \div 10$  kPa = coesione apparente

$\phi'_p = 38 \div 40^\circ$  = angolo di resistenza al taglio

Per i valori di stato critico, in assenza di prove specifiche, in base ai dati di letteratura si possono definire i seguenti valori operativi.

$c'_r = 0$  kPa = coesione apparente

$\phi'_r = 33^\circ \div 35^\circ$  = angolo di resistenza al taglio

Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro (C416, C417) si ottengono valori dei moduli di taglio iniziali  $G_0$  che mostrano un andamento crescente con la profondità, da circa 100MPa a circa 500MPa a 40m di profondità.

Una stima con la profondità si rende difficoltosa per la dispersione di  $G_0$ .

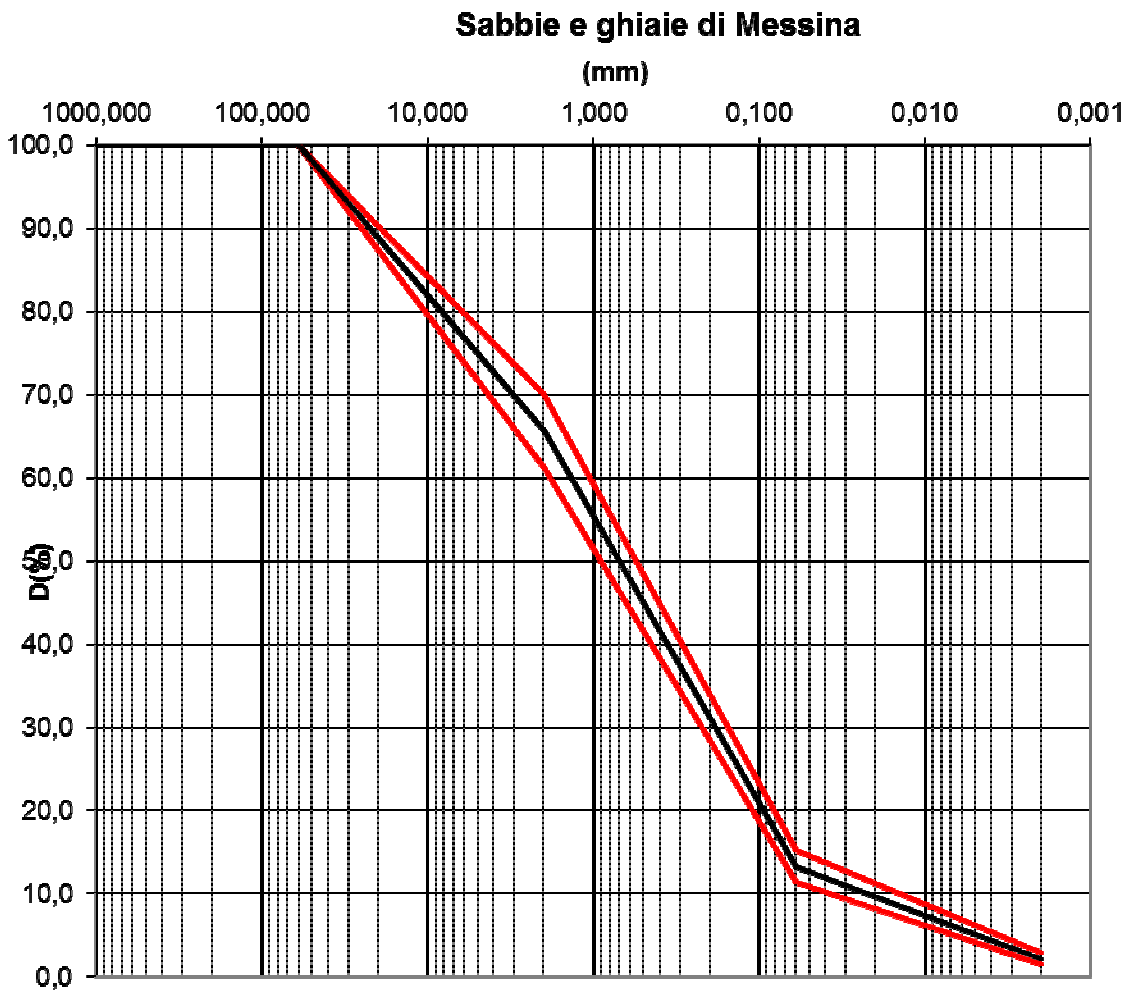
Tenendo conto delle prove SPT si ottiene una stima cautelativa:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

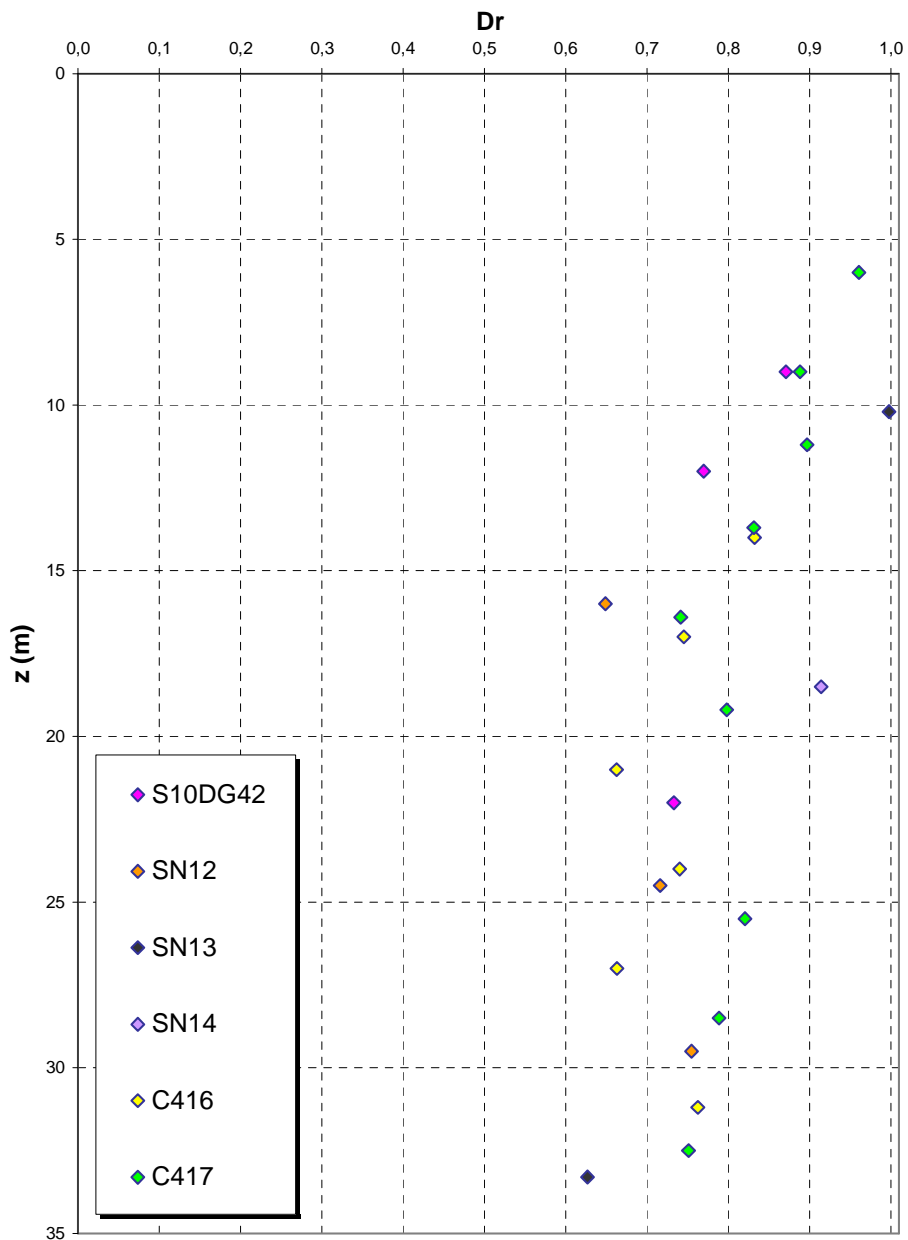
G0 (MPa)	E0 (MPa)	E' (MPa)
$60 z^{0.5}$	<b>144 z<sup>0.5</sup></b>	<b>(19-48) z<sup>0.5</sup></b>

con E' pari rispettivamente a circa 1/5÷1/10 (medio-grandi deformazioni) ed a 1/3 di quelli iniziali (piccole deformazioni).

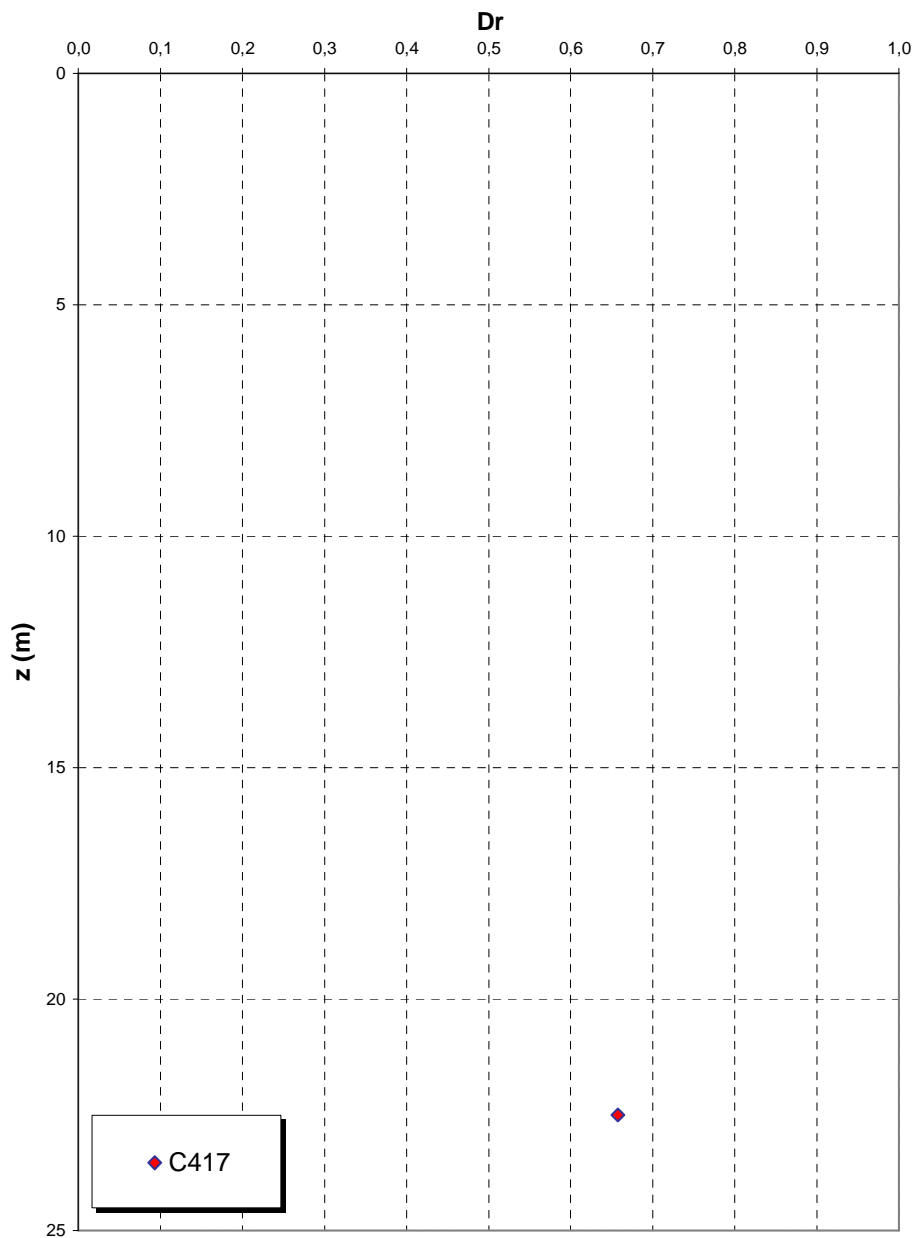
Le 4 prove pressiometriche forniscono invece valori variabili compresi fra 130 e 200 MPa fra 20 ed 30m di profondità.



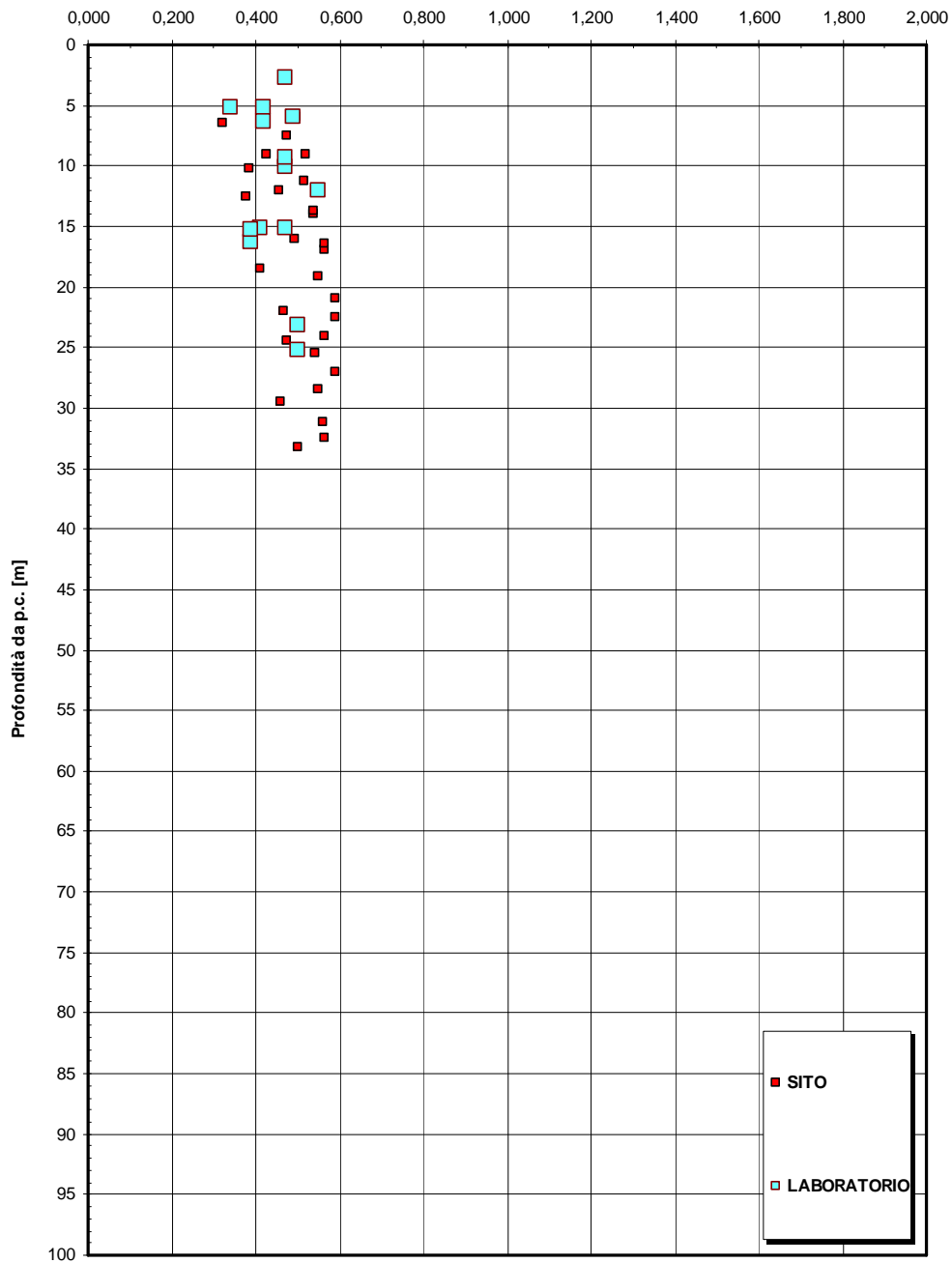
**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA  
- Rampa D\_dec -**



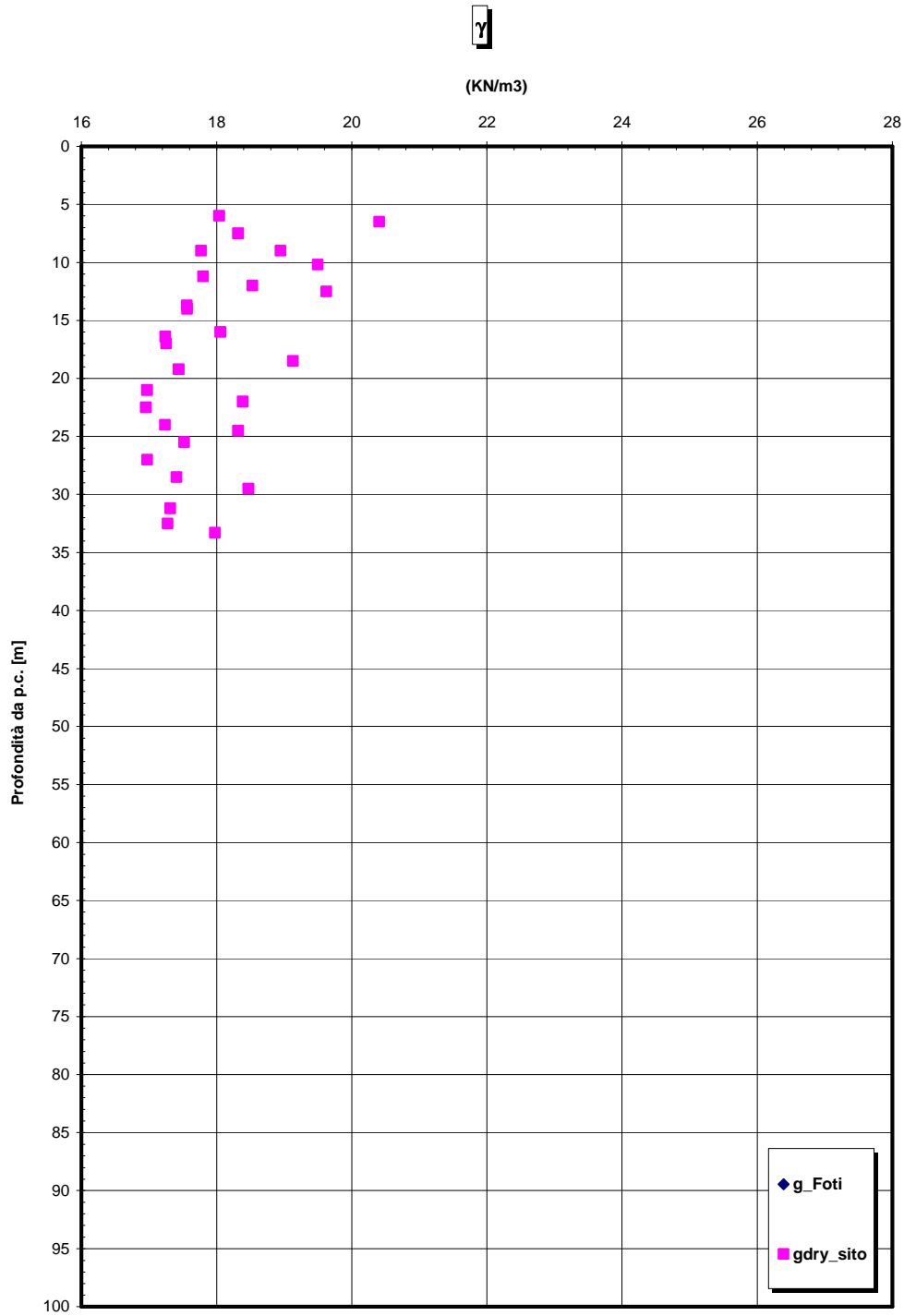
**Dr Cubrinovski e Ishihahara (1999)  
Componente ghiaiosa e sabbiosa  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

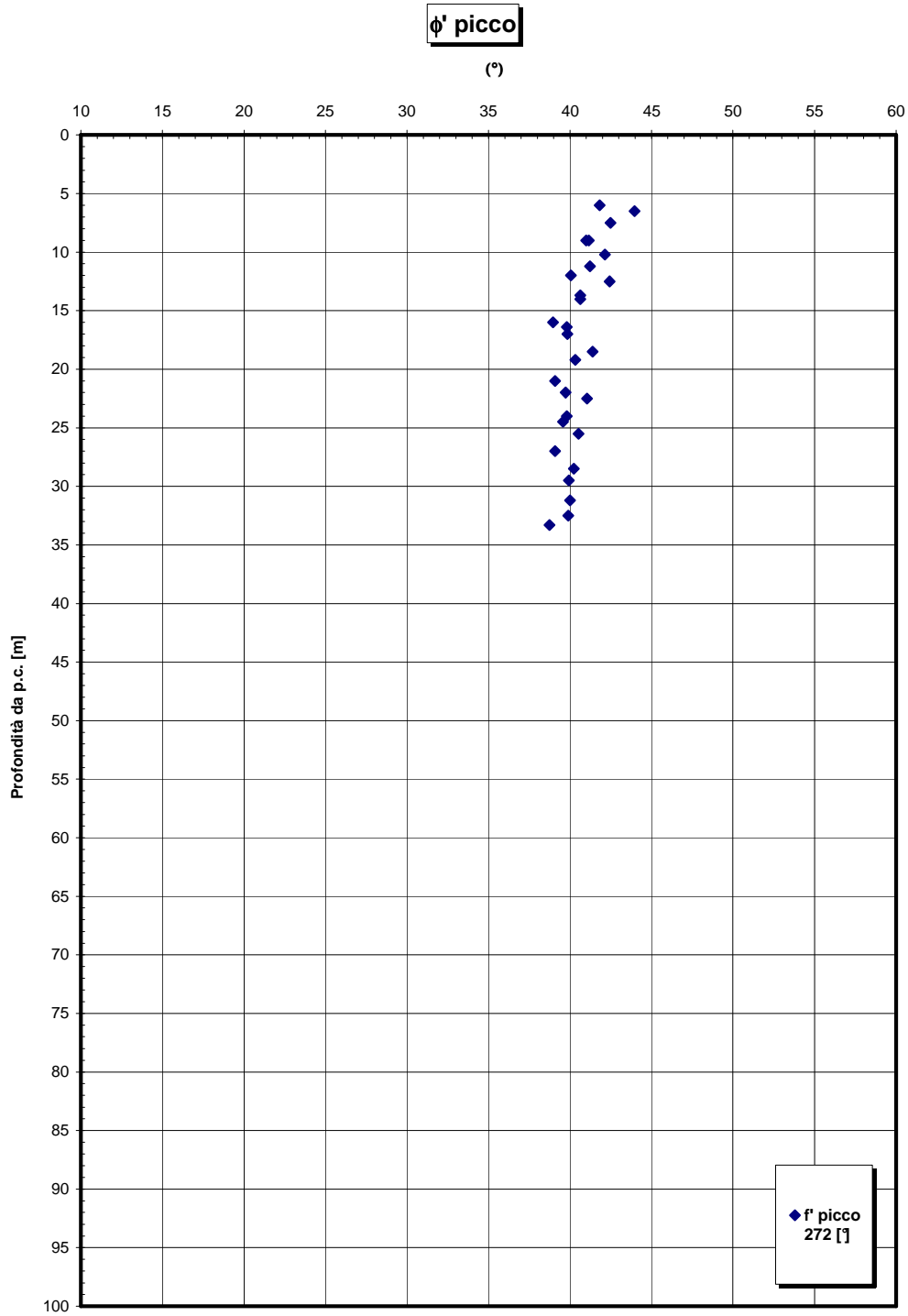


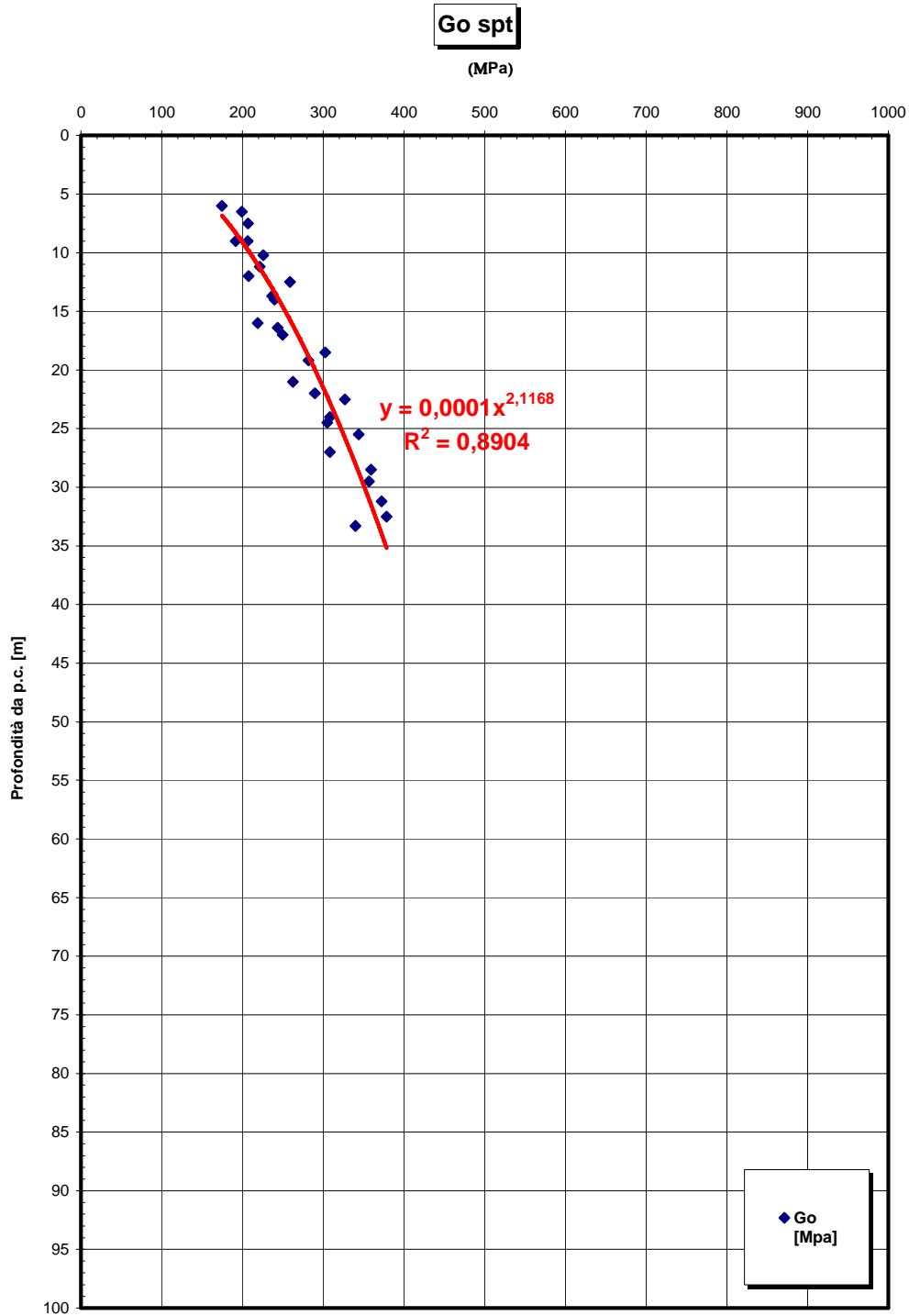
eo

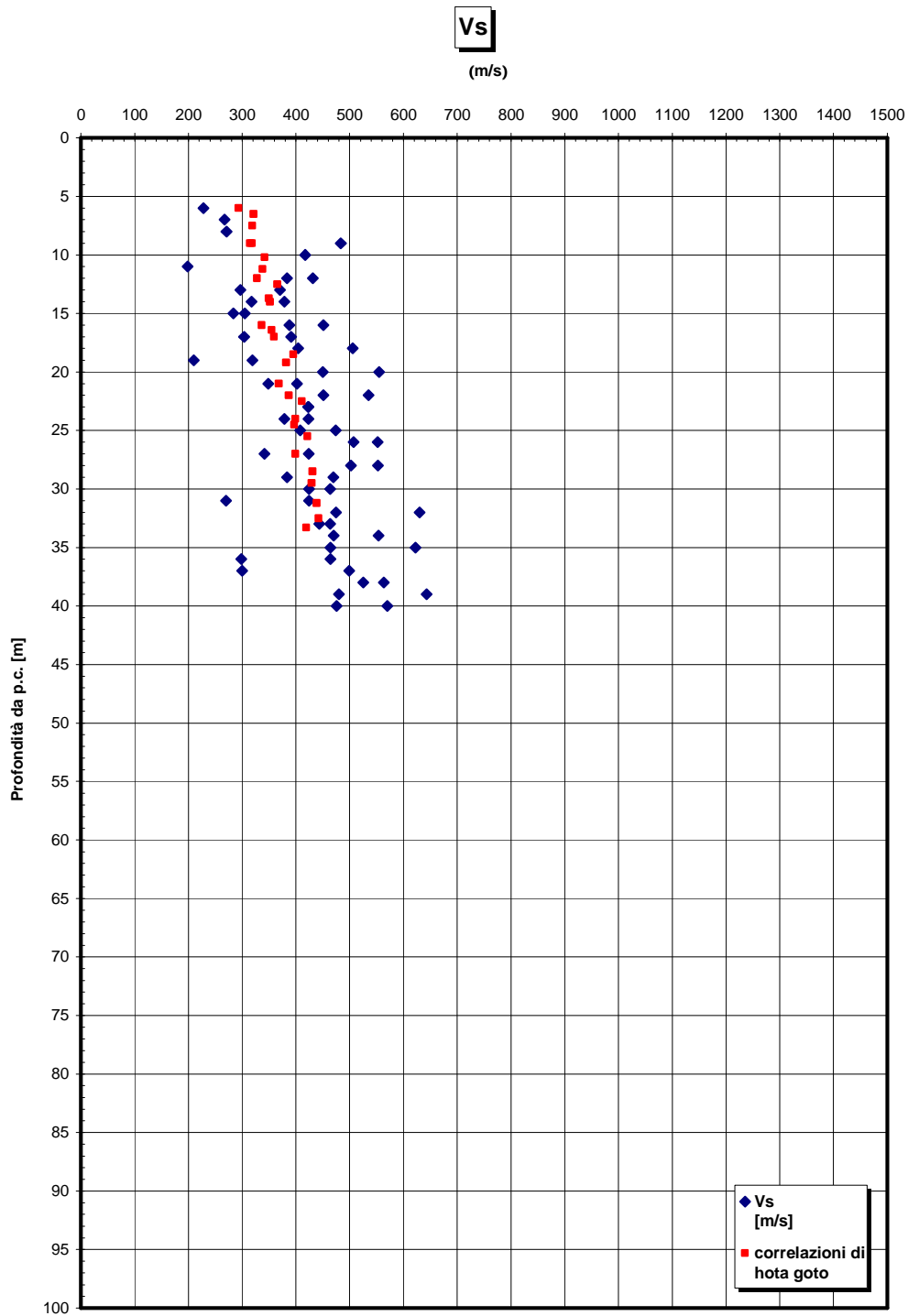




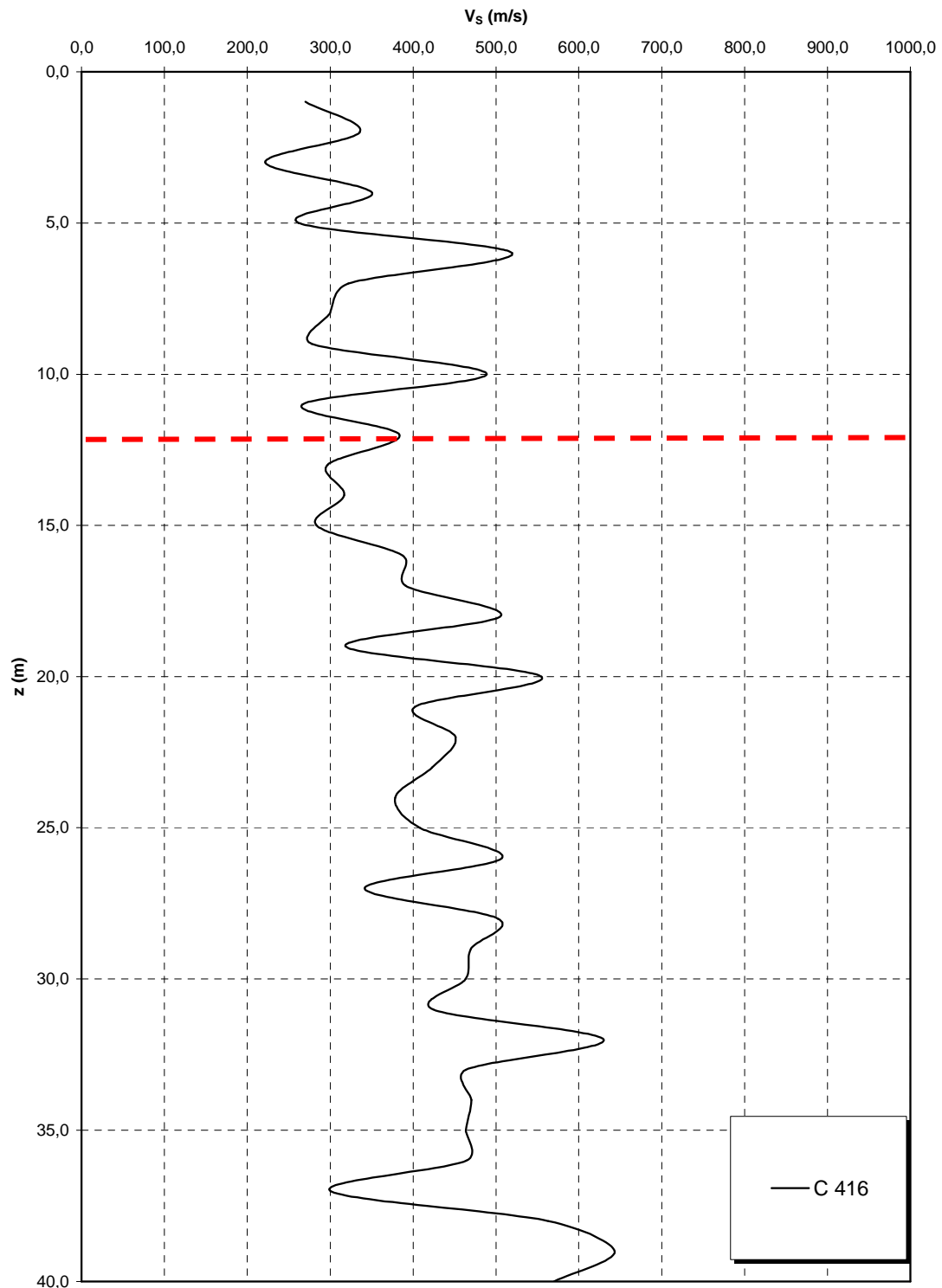




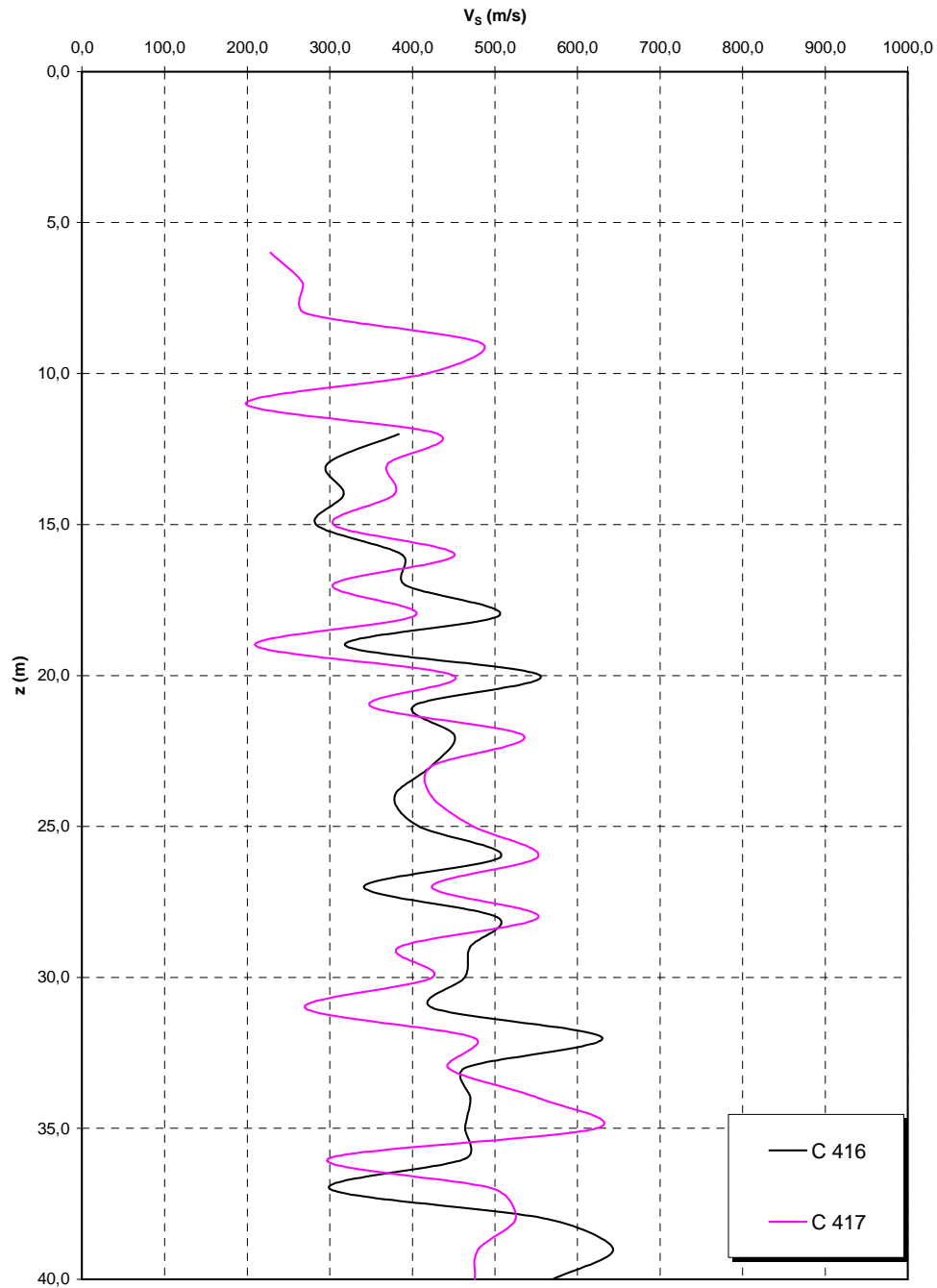


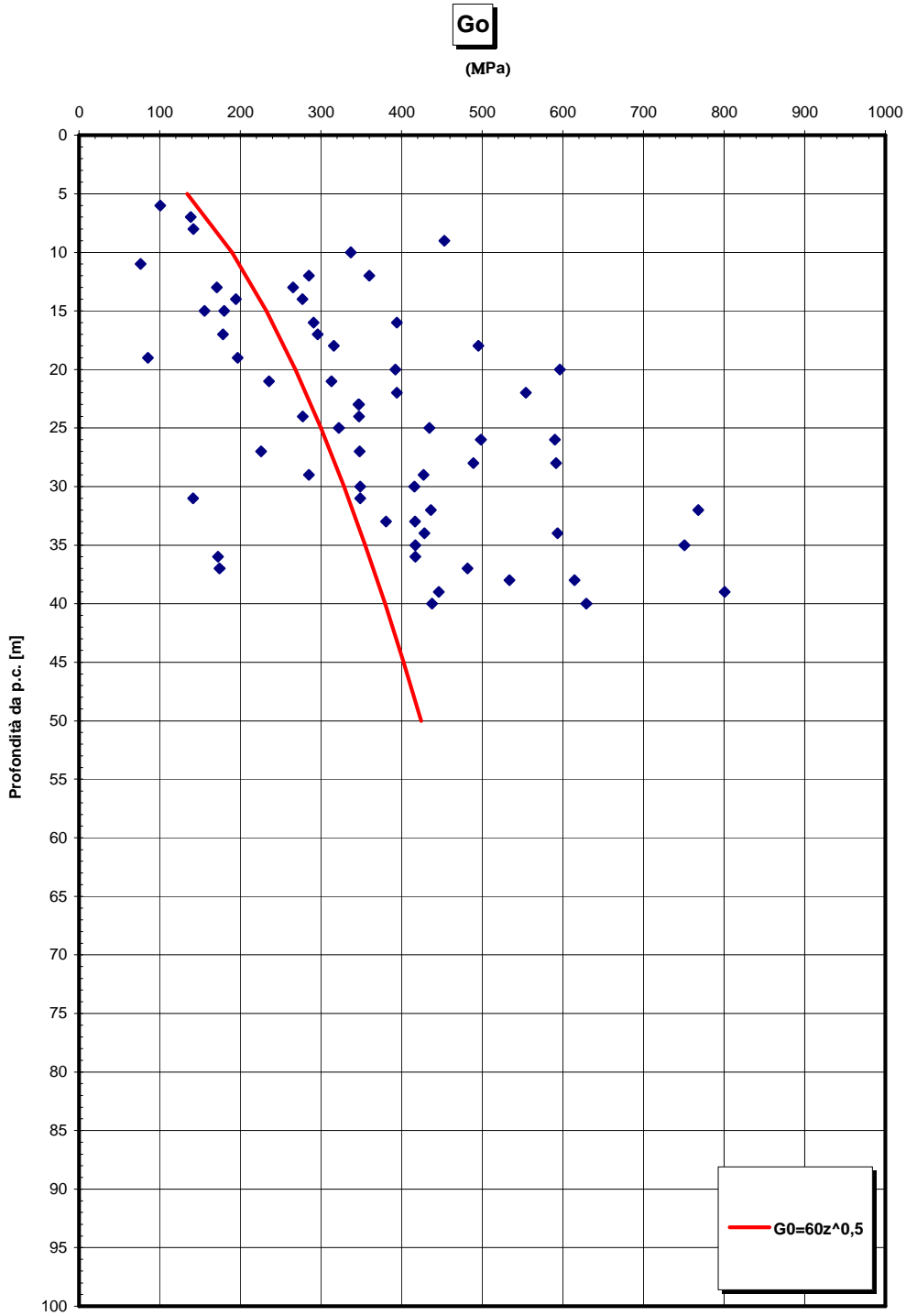


**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**

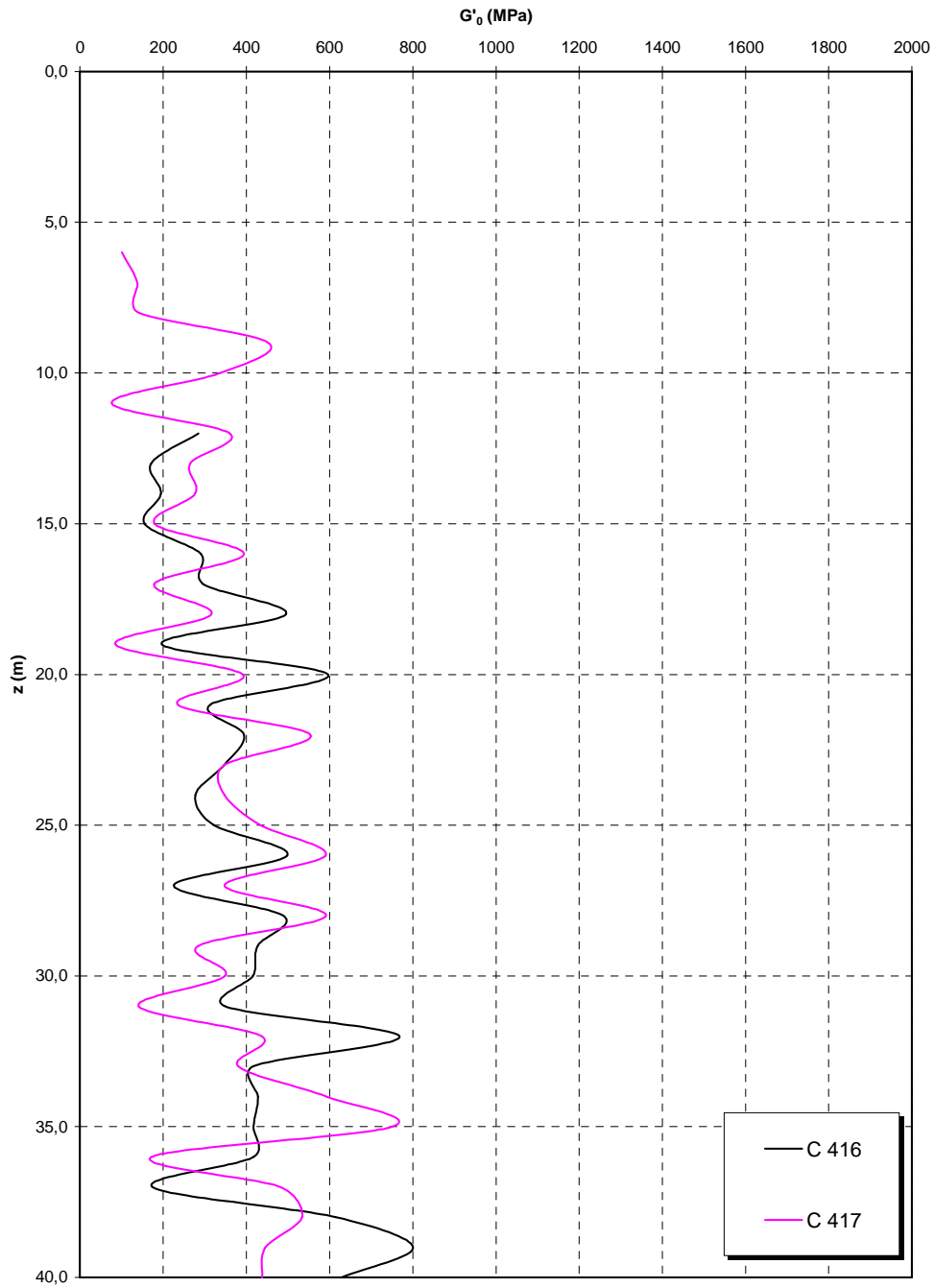


**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA  
Rampa D\_dec**



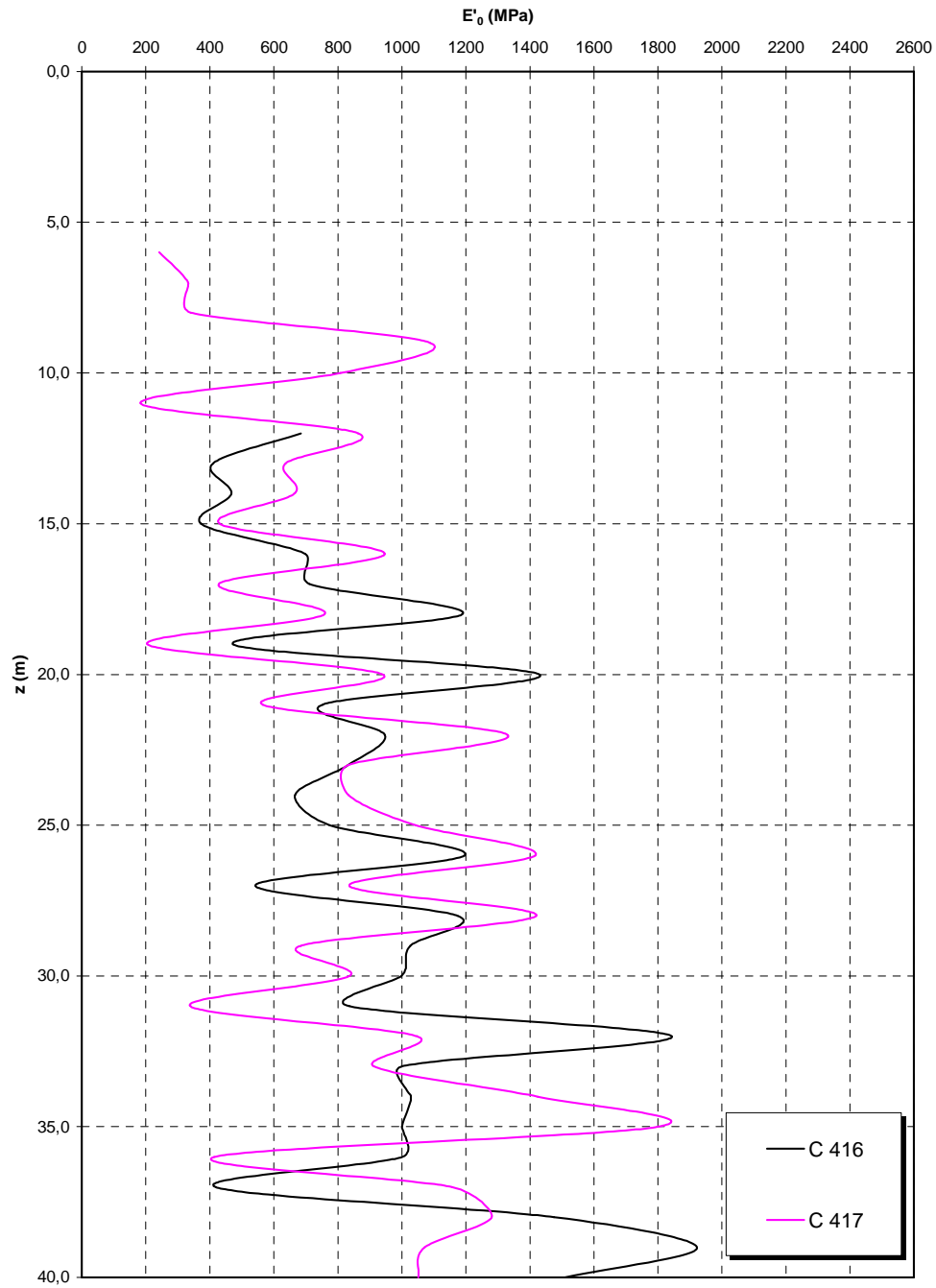


**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA  
Rampa D\_dec**

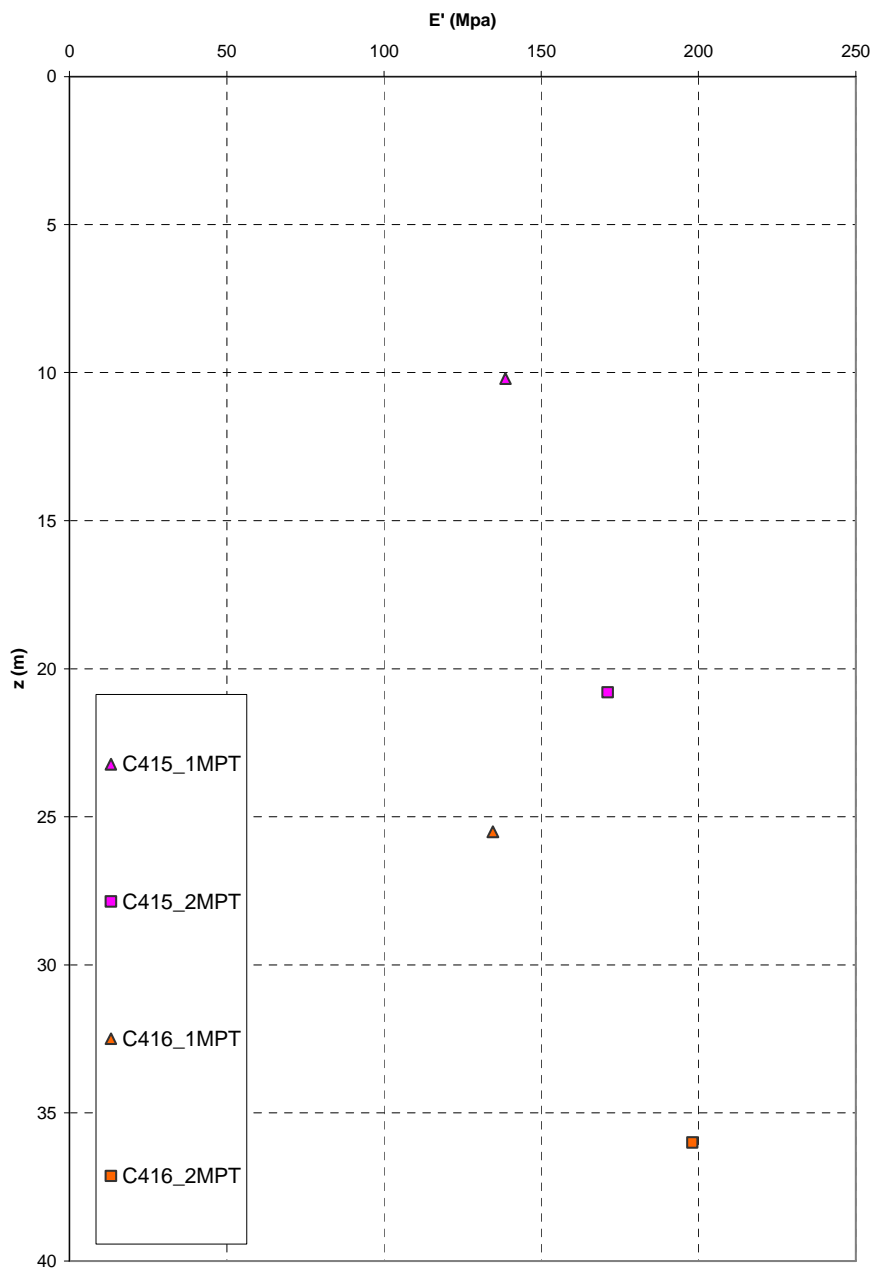




**Prove sismiche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA  
Rampa D\_dec**



**Prove pressiometriche  
SABBIE E GHIAIE DI MESSINA**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Depositi terrazzati marini

L'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 30%), sia di materiali intermedi (sabbie 50%). Il contenuto di fino è mediamente del 17%

Con riferimento al fuso medio si ha:

- Il valore di  $D_{50}$  è pari a 0.5mm
- Il valore di  $D_{60}$  è pari a 1.0 mm
- Il valore di  $D_{10}$  è pari a 0.008 mm

Il peso di volume dei grani  $\gamma_s$  è risultato pari a circa 26.5 kN/m<sup>3</sup>.

Da letteratura si hanno a disposizione i valori di  $\gamma_{dmax}$  e  $\gamma_{dmin}$  pari rispettivamente a 18.8 e 15.7 kN/m<sup>3</sup>

Per la definizione dello stato iniziale si ha:

- **Dr:** I valori di  $N_{spt}$  sono stati corretti con il fattore correttivo  $C_{sg}=0.85$  corrispondente al  $d_{50}=0.5mm$ .
- **$e_o$ :** a partire dal  $d_{50}$  stimato si ottiene di  $e_{max}-e_{min}$  pari a 0.35. Stimando per  $e_{max}$  un valore pari a 0.7 a partire dai valori di  $Dr$  è stato possibile determinare i valori di  $e_o$  in sito. In Allegato si mostra il confronto/calibratura di  $e_o$  determinato a partire da  $Dr$  con quello misurato nelle prove di laboratorio.
- **$\gamma_d$ :** in base ai valori di  $e_o$  da  $\gamma_s$  si può stimare  $\gamma_s$ .
- **$K_0$ :** si considera la relazione di Jaky.

z(m)	Dr(%) Prevalente sabbiosa	Dr(%) Sabbie e ghiaie	$\gamma_d$ (KN/m3)	$K_0$
<b>5-15</b>	<b>50-90</b>	-	<b>19-20</b>	<b>0.35-0.4</b>

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci sulla base delle prove SPT si è ottenuto un valore medio di angolo di attrito di circa 40°

z(m)	$\phi'_p$ (pff=0-272KPa) (°)	$\phi'_p$ (pff=-272-350KPa) (°)	$\phi'_{cv}$ (°)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

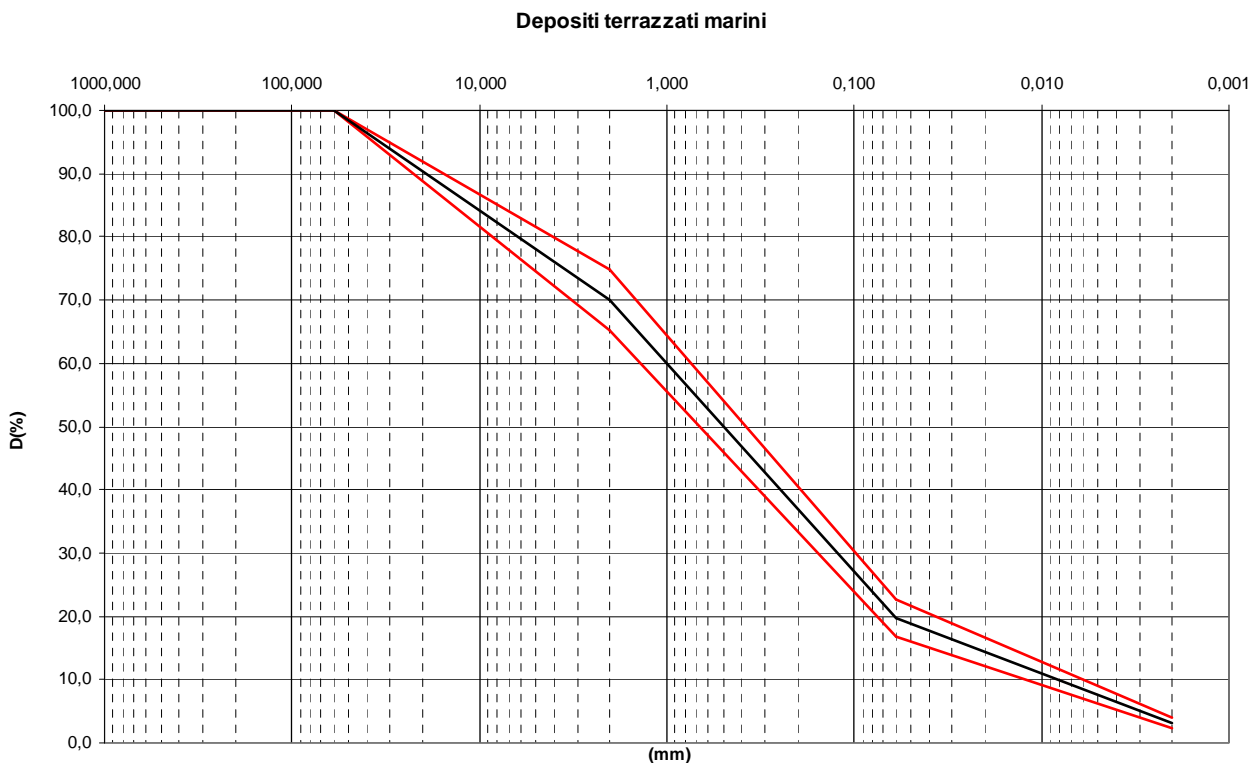
<b>5-15</b>	<b>38-42</b>	<b>35-38</b>	<b>33-35</b>
-------------	--------------	--------------	--------------

Si considerano valori operativi dell'angolo di attrito di picco cautelativi e pari a 38°-40°

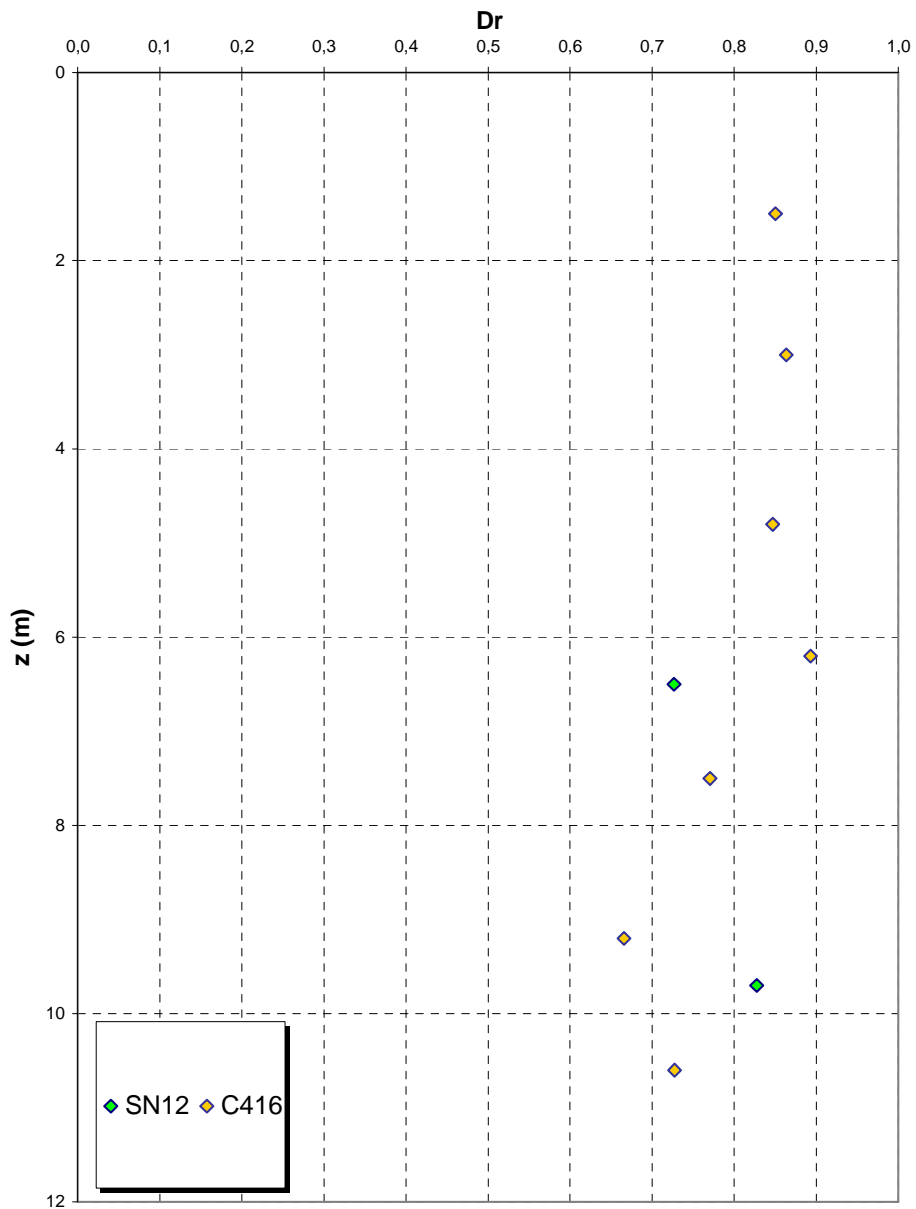
Per le caratteristiche di deformabilità dalle prove sismiche in foro (C416) e dalle SPT si ottengono valori pari a:

z(m)	G0(MPa)	E0(MPa)	E' (MPa)
<b>5-15</b>	<b>100-200</b>	<b>240-960</b>	<b>35-80 / 70-160</b>

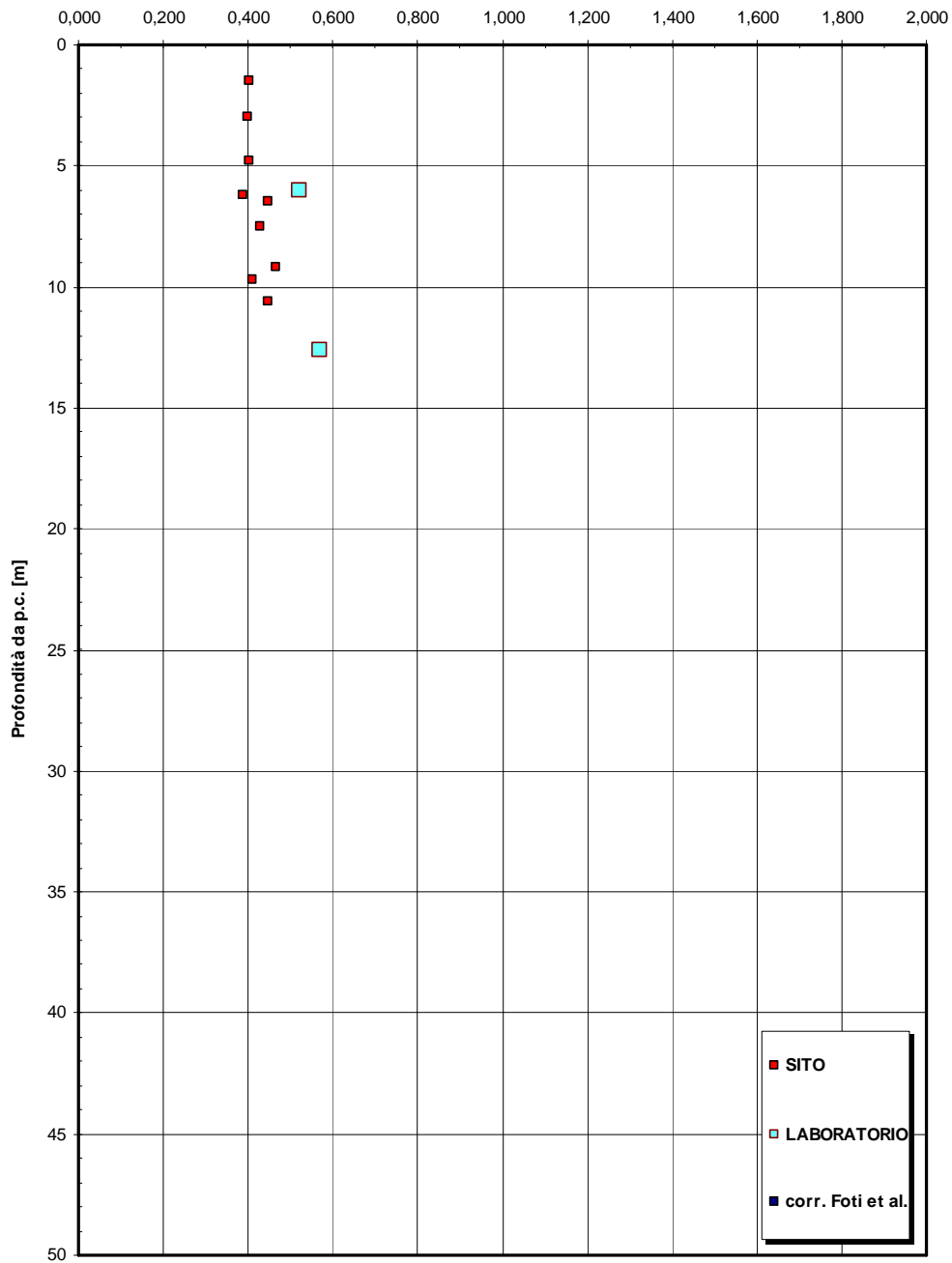
pari rispettivamente a circa 1/10-1/5 ed a 1/3 di quelli iniziali.



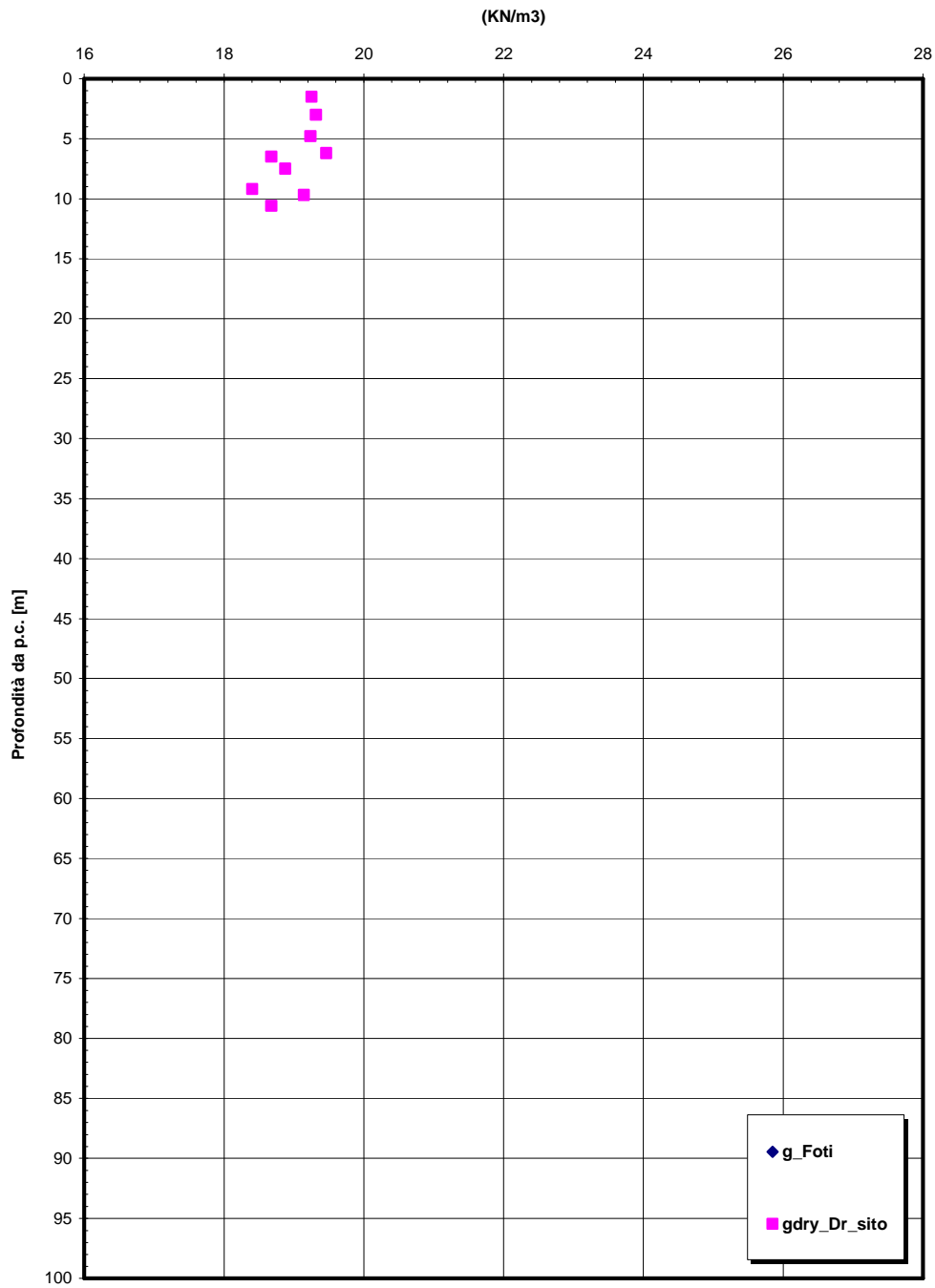
**Dr Skempton (1986)  
Componente sabbiosa prevalente  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa D\_dec -**



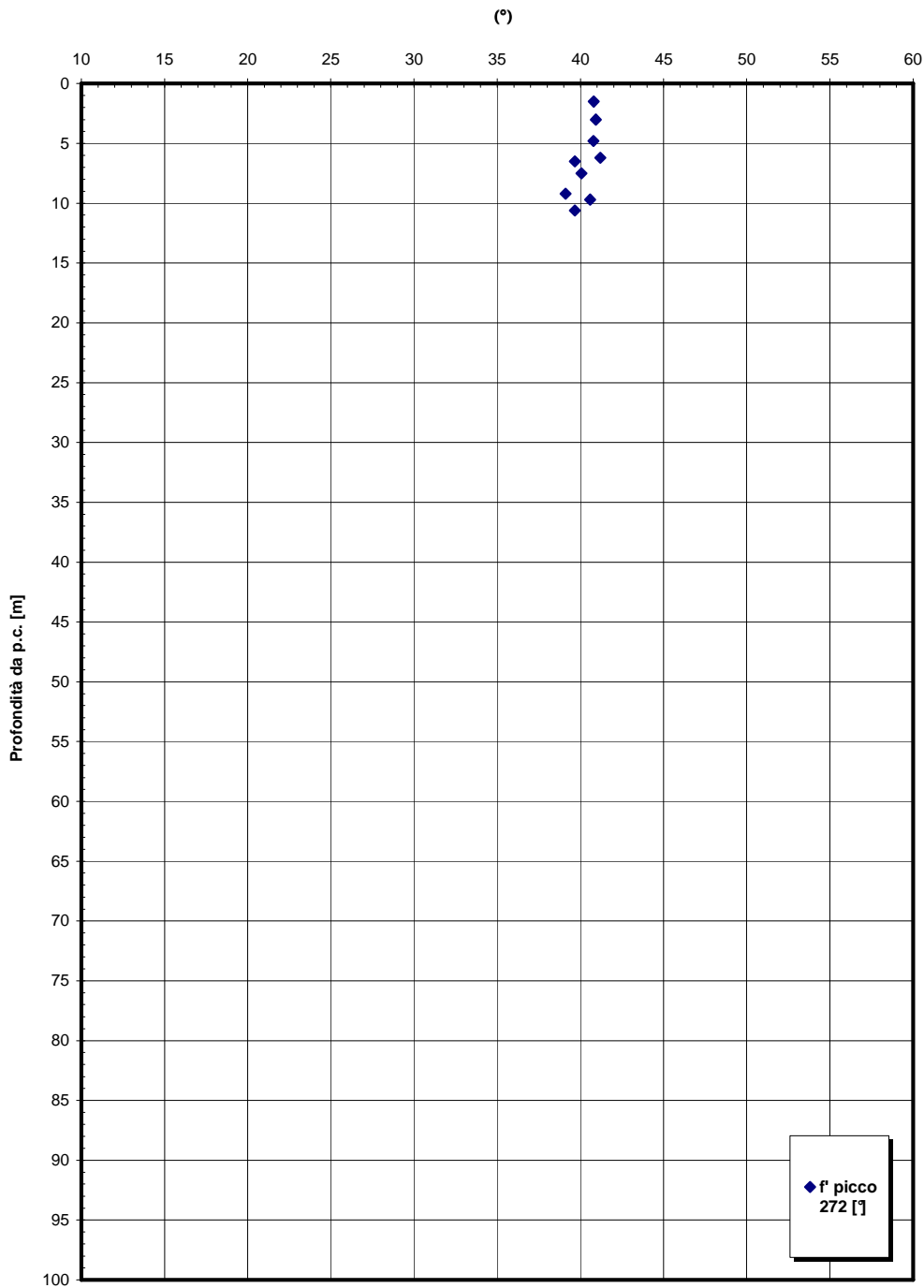
**eo – Ramo D\_dec**



**$\gamma$  - Ramo D\_dec**



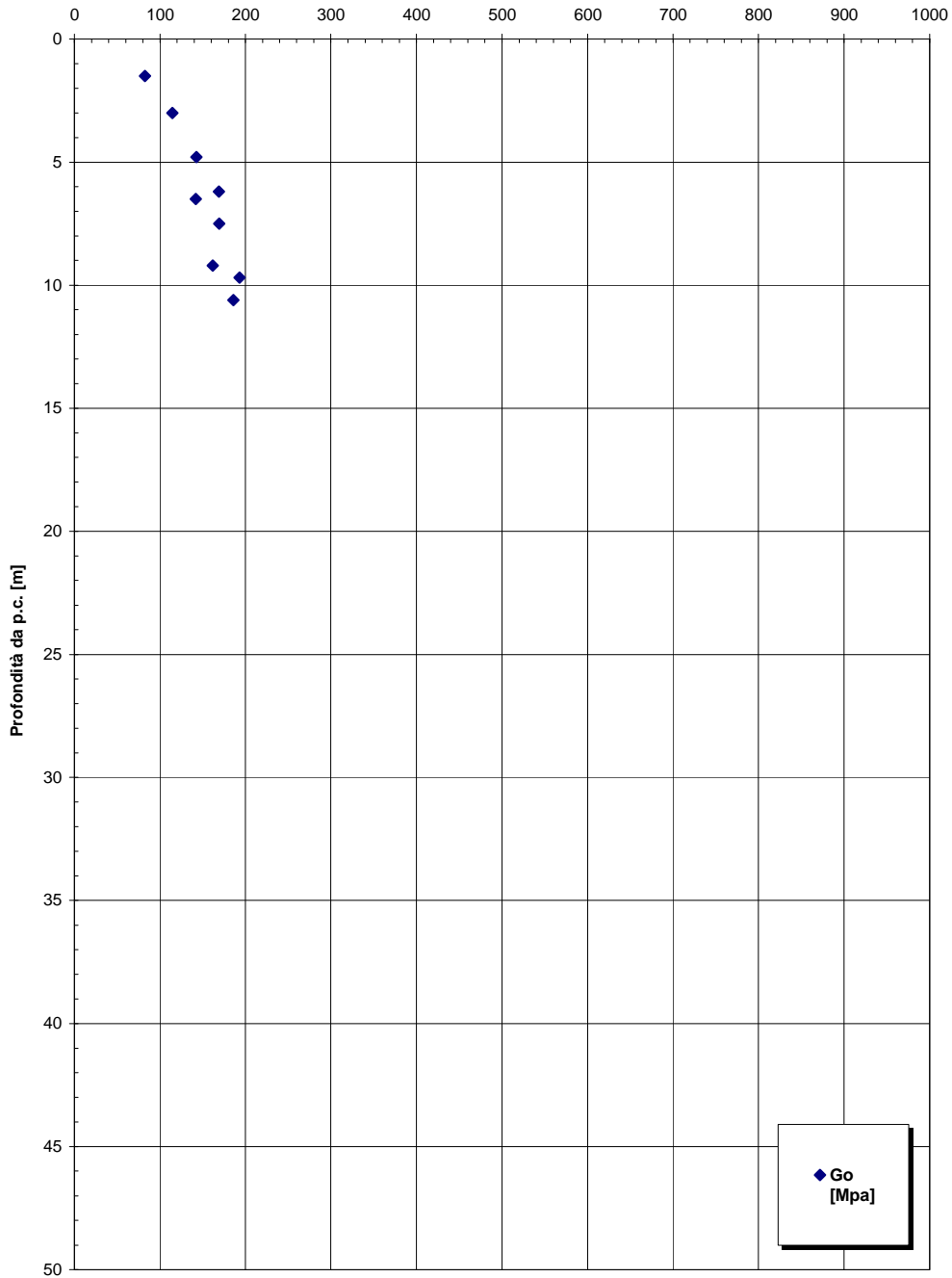
**$\phi'$  picco - Ramo D\_dec**

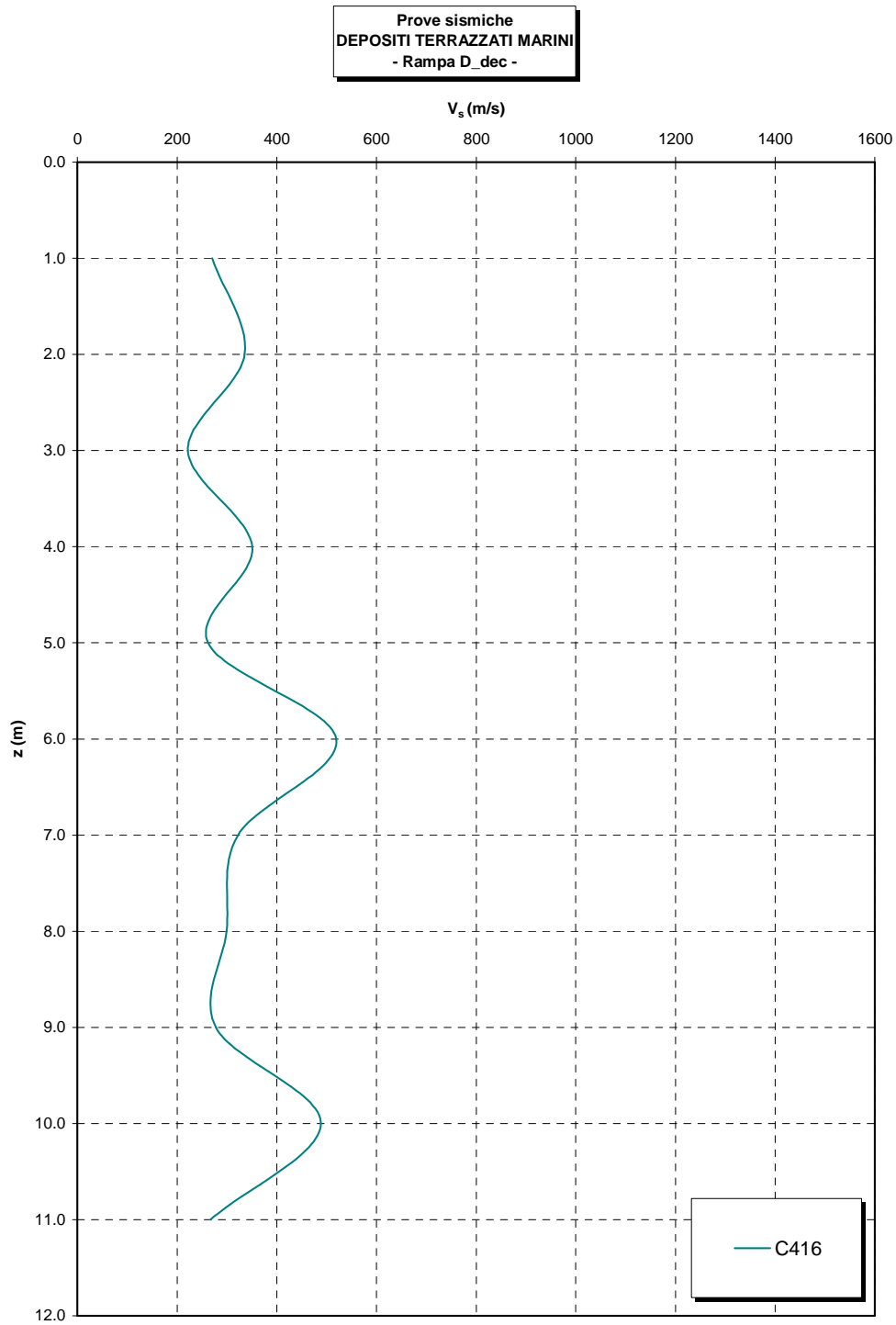




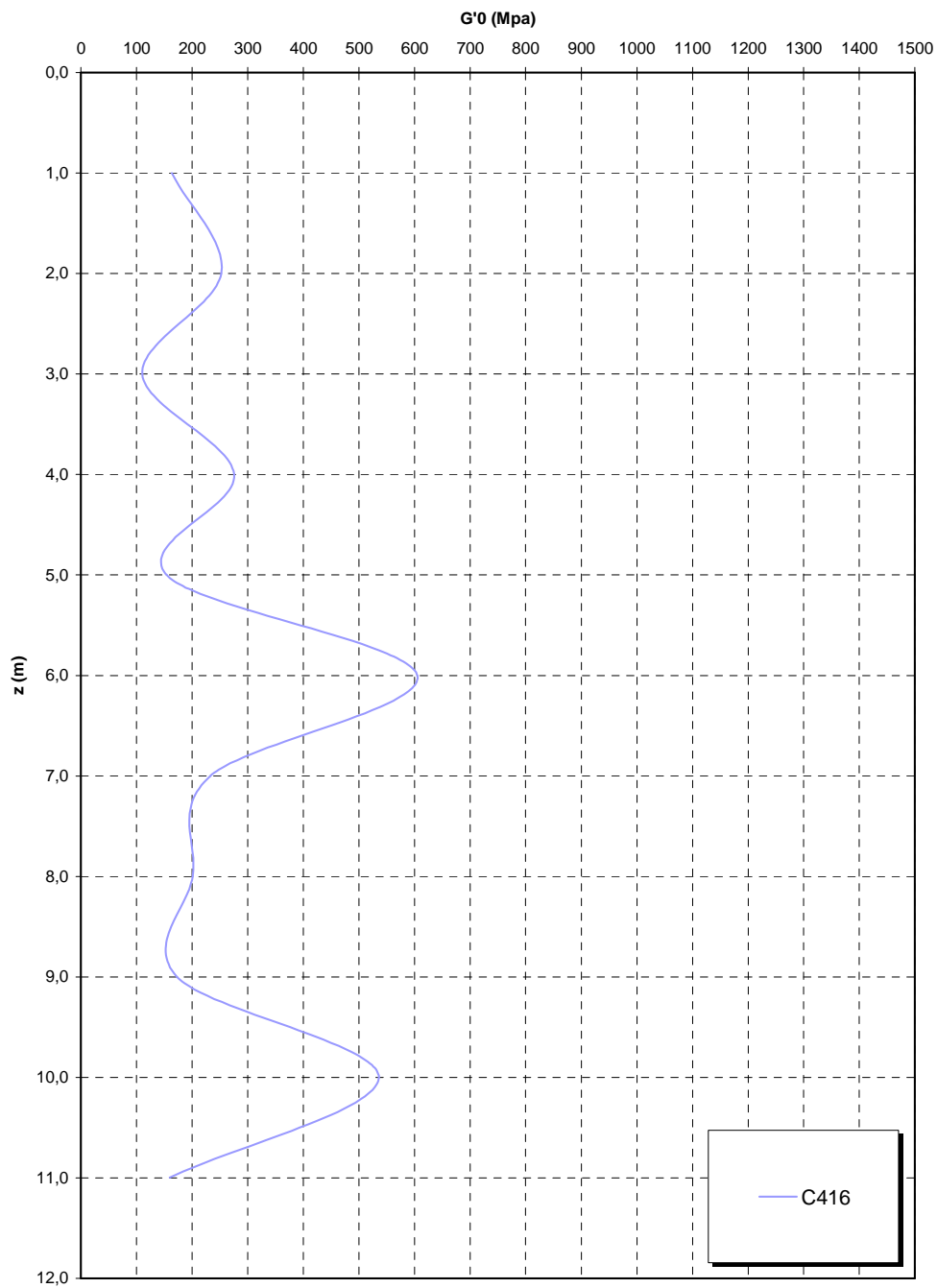
**Go spt - Ramo D\_dec**

(MPa)

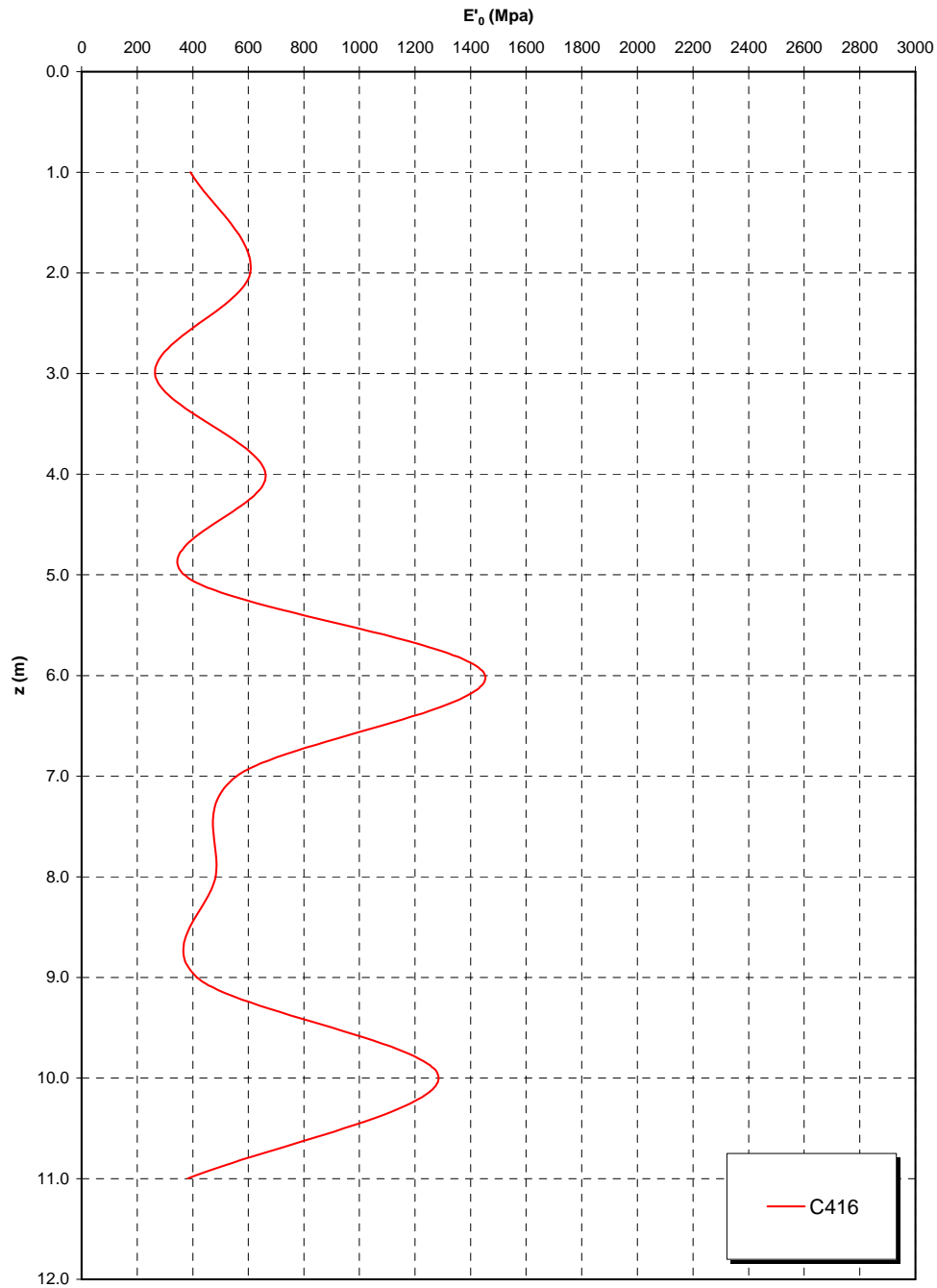




**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa D\_dec -**



**Prove sismiche  
DEPOSITI TERRAZZATI MARINI  
- Rampa D\_dec -**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 [NT\_1].

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidezza) nei confronti delle azioni verticali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a  $V_N = 100$  anni.

La classe d'uso assunta è la IV, da cui  $C_u = 2$ .

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$V_R = V_N \cdot C_u = 200 \text{ anni}$$

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(\text{SLD}) = 63\%$$

$$P_{VR}(\text{SLV}) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni, vale:

$$T_R(\text{SLD}) = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 201 \text{ anni}$$

$$T_R(\text{SLV}) = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1898 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ .

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ );

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ ) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita sono:

Per SLD → ( $a_g=0,172g$  ;  $F_0=2,354$  ;  $T^*_c=0,336s$ )

Per SLV → ( $a_g=0,443g$  ;  $F_0=2,489$  ;  $T^*_c=0,422s$ )

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria "C".

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafico risulta:

$$S_s(\text{SLD}) = 1,7 - 0,6 \cdot F_0 \cdot a_g/g = 1,453$$

$$S_s(\text{SLV}) = 1,7 - 0,6 \cdot F_0 \cdot a_g/g = 1,030$$

Le caratteristiche della superficie topografica possono essere assunte come categoria T1, adottando di conseguenza un valore di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

L'accelerazione massima è valutata con la relazione:

$$a_{\max}(\text{SLD}) = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1,453 \cdot 1,0 \cdot 0,172g = 0,251g$$

$$a_{\max}(\text{SLV}) = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1,03 \cdot 1,0 \cdot 0,443g = 0,460g$$

Per completezza di riportano gli spettri elastici di progetto (in forma tabellare) sia per gli SLD che per gli SLV in direzione orizzontale e verticale:

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0,172 g
$F_0$	2,354
$T_C$	0,336 s
$S_S$	1,457
$C_C$	1,505
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,457
$\eta$	1,000
$T_B$	0,168 s
$T_C$	0,505 s
$T_D$	2,289 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,251
$T_B$ ←	0,168	0,591
$T_C$ ←	0,505	0,591
	0,590	0,506
	0,675	0,442
	0,760	0,393
	0,845	0,353
	0,930	0,321
	1,015	0,294
	1,100	0,271
	1,185	0,252
	1,270	0,235
	1,355	0,220
	1,440	0,207
	1,525	0,196
	1,610	0,185
	1,695	0,176
	1,779	0,168
	1,864	0,160
	1,949	0,153
	2,034	0,147
	2,119	0,141
	2,204	0,135
$T_D$ ←	2,289	0,130
	2,371	0,122
	2,452	0,114
	2,534	0,106
	2,615	0,100
	2,696	0,094
	2,778	0,089
	2,859	0,084
	2,941	0,079
	3,022	0,075
	3,104	0,071
	3,185	0,067
	3,267	0,064
	3,348	0,061
	3,430	0,058
	3,511	0,055
	3,593	0,053
	3,674	0,051
	3,756	0,048
	3,837	0,046
	3,919	0,045
	4,000	0,043

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		Codice documento CS0486_F0	Rev    Data F0     20/06/2011

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{gv}$	0,097 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,000
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,319
$S$	1,000
$\eta$	1,000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,097
$T_B \leftarrow$	0,050	0,227
$T_C \leftarrow$	0,150	0,227
	0,235	0,145
	0,320	0,107
	0,405	0,084
	0,490	0,070
	0,575	0,059
	0,660	0,052
	0,745	0,046
	0,830	0,041
	0,915	0,037
$T_D \leftarrow$	1,000	0,034
	1,094	0,028
	1,188	0,024
	1,281	0,021
	1,375	0,018
	1,469	0,016
	1,563	0,014
	1,656	0,012
	1,750	0,011
	1,844	0,010
	1,938	0,009
	2,031	0,008
	2,125	0,008
	2,219	0,007
	2,313	0,006
	2,406	0,006
	2,500	0,005
	2,594	0,005
	2,688	0,005
	2,781	0,004
	2,875	0,004
	2,969	0,004
	3,063	0,004
	3,156	0,003
	3,250	0,003
	3,344	0,003
	3,438	0,003
	3,531	0,003
	3,625	0,003
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,002
	4,000	0,002



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		Codice documento CS0486_F0	Rev Data F0 20/06/2011

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,443 g
$F_0$	2,489
$T_C$	0,422 s
$S_S$	1,038
$C_C$	1,396
$S_T$	1,000
$q$	1,000

#### Parametri dipendenti

$S$	1,038
$\eta$	1,000
$T_B$	0,196 s
$T_C$	0,589 s
$T_D$	3,373 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,460
$T_B \leftarrow$	0,196	1,145
$T_C \leftarrow$	0,589	1,145
	0,722	0,935
	0,854	0,790
	0,987	0,684
	1,119	0,603
	1,252	0,539
	1,385	0,487
	1,517	0,445
	1,650	0,409
	1,782	0,379
	1,915	0,352
	2,047	0,330
	2,180	0,310
	2,312	0,292
	2,445	0,276
	2,577	0,262
	2,710	0,249
	2,842	0,237
	2,975	0,227
	3,108	0,217
	3,240	0,208
$T_D \leftarrow$	3,373	0,200
	3,403	0,197
	3,432	0,193
	3,462	0,190
	3,492	0,187
	3,522	0,183
	3,552	0,180
	3,582	0,177
	3,612	0,174
	3,642	0,172
	3,671	0,169
	3,701	0,166
	3,731	0,163
	3,761	0,161
	3,791	0,158
	3,821	0,156
	3,851	0,153
	3,881	0,151
	3,910	0,149
	3,940	0,147
	3,970	0,144
	4,000	0,142

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		Codice documento CS0486_F0	Rev    Data F0    20/06/2011

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite:    SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0,398 g
$S_S$	1,000
$S_T$	1,000
$q$	1,000
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	2,237
$S$	1,000
$\eta$	1,000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

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

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

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

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,398
$T_B \leftarrow$	0,050	0,991
$T_C \leftarrow$	0,150	0,991
	0,235	0,633
	0,320	0,465
	0,405	0,367
	0,490	0,303
	0,575	0,259
	0,660	0,225
	0,745	0,200
	0,830	0,179
	0,915	0,163
$T_D \leftarrow$	1,000	0,149
	1,094	0,124
	1,188	0,105
	1,281	0,091
	1,375	0,079
	1,469	0,069
	1,563	0,061
	1,656	0,054
	1,750	0,049
	1,844	0,044
	1,938	0,040
	2,031	0,036
	2,125	0,033
	2,219	0,030
	2,313	0,028
	2,406	0,026
	2,500	0,024
	2,594	0,022
	2,688	0,021
	2,781	0,019
	2,875	0,018
	2,969	0,017
	3,063	0,016
	3,156	0,015
	3,250	0,014
	3,344	0,013
	3,438	0,013
	3,531	0,012
	3,625	0,011
	3,719	0,011
	3,813	0,010
	3,906	0,010
	4,000	0,009

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'applicazione delle azioni sismiche alle sottostrutture, in particolar modo alle Spalla, viene affrontato mediante il metodo pseudostatico ([NT\_1] § 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

L'analisi sismica è stata fatta considerando il valore di ancoraggio dello spettro.

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti.

Essendo le spalle opere a comportamento deformabile (potendo permettere movimenti relativi di roto-traslazione fra struttura e terreno), l'azione sismica viene valutata in accordo con UNI EN 1998-5:2005 secondo la relazione di Mononobe-Okabe:

$$\beta \leq \phi - \theta: \quad K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \phi - \theta: \quad K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

In cui:

- $\phi'_d$  è il valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno, cioè:  $\phi'_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan \phi'}{\gamma_{\phi'}}\right)$ ;
- $\psi$  e  $\beta$  sono gli angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale, rispettivamente della parete del muro rivolta a monte e della superficie del terrapieno, come mostrato in figura E.1;
- $\delta_d$  è il valore di progetto dell'angolo di attrito tra terreno e muro, cioè:  $\delta_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan \delta}{\gamma_{\phi'}}\right)$ ;
- $\theta$  è l'angolo definito sotto nei punti da **E.5** a **E.7**.

Il punto di applicazione della spinta è posto  $h_{tot}/2$ , con "h<sub>tot</sub>" altezza del muro di sostegno.

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontali  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \qquad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità;

$\beta$  = parametro riduttivo dell'azione sismica in accordo con il §7.11.6.2.1 di [NT\_1] (cautelativamente si assumerà  $\beta = 1,00$ ).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

### 4.4.1 Durabilità delle opere

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adottano le classi di esposizione indicate al §3.1 ricordando che per ciascuna classe di esposizione le condizioni ambientali da considerare sono le seguenti (in accordo con [NT\_1]):

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
<i>Ordinarie</i>	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
<i>Aggressive</i>	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
<i>Molto aggressive</i>	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nella tabella seguente si riportano per completezza anche i limiti di apertura delle fessure in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature secondo [NT\_1]:

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	<i>Ordinarie</i>	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	<i>Aggressive</i>	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	<i>Molto aggressive</i>	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Per tutte le parti strutturali componenti l'opera in progetto si utilizzano armature **poco sensibili**.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.4.2 Definizione della larghezza collaborante

La valutazione della larghezza collaborante della soletta sia in fase di modellazione sia in fase di verifica della resistenza è riferita alle indicazioni del § 4.3.2.3 del D.M. 14-01-2008 e § 5.4.1.2 di UNI EN 1994-2:2006.

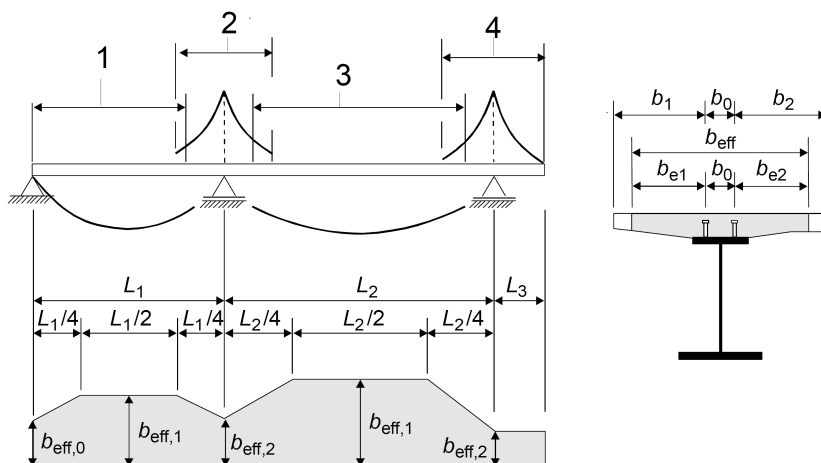
La larghezza collaborante  $b_{eff}$  si ottiene come somma delle due aliquote  $b_{e1}$  e  $b_{e2}$  ai due lati dell'asse della trave e della larghezza  $b_0$  impegnata direttamente dai connettori:

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2} + b_0$$

dove  $b_0$  è la distanza tra gli assi dei connettori e le aliquote  $b_{e1}$  e  $b_{e2}$  ( $b_{ei}$ ;  $i=1,2$ ), che costituiscono il valore della larghezza collaborante da ciascun lato della sezione composta, si assumono pari a:

$$b_{ei} = \min \left[ \frac{L_e}{8}; b_i - \frac{b_0}{2} \right]$$

Il valore di  $L_e$  nelle travi semplicemente appoggiate coincide con la luce della trave; nelle travi continue  $L_e$  è la distanza indicata nella figura sottostante:



#### Legenda:

- 1  $L_e = 0,85 L_1$  for  $b_{eff,1}$
- 2  $L_e = 0,25(L_1 + L_2)$  for  $b_{eff,2}$
- 3  $L_e = 0,70 L_2$  for  $b_{eff,1}$
- 4  $L_e = 2 L_3$  for  $b_{eff,2}$

Negli appoggi di estremità la determinazione della larghezza collaborante  $b_{eff}$  si ottiene con la formula:

$$b_{eff} = \beta_1 b_{e1} + \beta_2 b_{e2} + b_0$$

dove  $\beta_i = \left( 0,55 + 0,025 \frac{L_e}{b_{ei}} \right)$ .

I valori numerici della larghezza collaborante, determinati in base ai criteri di cui sopra ed in corrispondenza delle varie ascisse, sono riportate di seguito, per ciascuna trave:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

LARGHEZZA COLLABORANTE SECONDO UNI EN 1994-2				
[DIMENSIONE IN m]				
N° TRAVE	TRAVE 1	TRAVE 2	TRAVE 3	TRAVE 4
ASCISSA				
x = 0 m	2,40 m	2,70 m	2,70 m	2,40 m
x = 9,35 m	2,40 m	2,70 m	2,70 m	2,40 m
x = 28,05 m	2,40 m	2,70 m	2,70 m	2,40 m
x = 37,40 m	2,40 m	2,70 m	2,70 m	2,40 m
x = 42,65 m	2,40 m	2,70 m	2,70 m	2,40 m
x = 53,15 m	2,40 m	2,70 m	2,70 m	2,40 m
x = 58,40 m	2,40 m	2,70 m	2,70 m	2,40 m

Si adotterà nella modellazione e nell'analisi un larghezza collaborante per ciascuna trave pari a **2,40 m**.

#### 4.4.3 Definizione del coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clt

Per tenere conto delle effettive caratteristiche geometrico-inerziali dell'impalcato, si considera un coefficiente di omogeneizzazione tra le strutture metalliche resistenti (travi longitudinali) e la soletta in calcestruzzo armato, modellando il comportamento del calcestruzzo per azioni di breve e lunga durata.

Nell'analisi strutturale si tiene quindi conto delle fasi transitorie e di esercizio e si opera considerando 3 modelli di calcolo:

- *Modello 1*: ottenuto considerando le proprietà inerziali delle sole travi metalliche ed utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dal peso proprio dell'acciaio e della soletta.
- *Modello 2*: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione composta con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente  $n = 6,30$ . Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di breve durata.
- *Modello 3*: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione mista con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente  $n = 17,58$ . Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di lunga durata.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I coefficienti di omogeneizzazioni sono stati determinati in accordo con § 5.4.2.2 UNI EN 1994-2:2006, come evidenziato nel seguito.

- Per azioni di breve durata, la soletta, realizzata in conglomerato cementizio di resistenza caratteristica  $f_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$ , ha modulo elastico istantaneo pari a:

$$E_{cm} = 22 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3} = 35220 \text{ N/mm}^2$$

Il coefficiente di omogeneizzazione risulta pertanto:

$$n_0 = E_s / E_{cm} = 210000 / 33346 = 6,30$$

- Per azioni di lunga durata, adottando un coefficiente di viscosità per il conglomerato della soletta pari a  $\varphi (t_\infty, t_0) = 2,239$  da cui:

$$E_{cls, \infty} = 10296 \text{ N/mm}^2$$

Il coefficiente di omogeneizzazione a tempo infinito risulta:

$$n_L = n_0 \cdot (1 + \psi_L \cdot \varphi) = 17,58 \quad \text{con} \quad \psi_L = 0,8$$

#### 4.4.4 Classificazione delle sezioni in acciaio

Con riferimento alle norme vigenti (vedi § 4.2.3.1 del D.M. 14-01-2008 e § 5.5 di EN 1993-1-1:2005) la sezione delle travi d'impalcato viene classificata come **classe 3**:

$$\frac{c}{t} = \frac{1400}{25} = 56,0 \leq 124 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}} = 100$$

Si riporta nel seguito le caratteristiche geometrico inerziali della sezione:

H1500		$N_{by,Rd}$ [kN] 36.734	$M_{cy,Rd}$ [kNm] 22.726	Classe Sezione	
$g$ (Kg/m): 942	$N_{bz,Rd}$ [kN] 36.734	$M_{cz,Rd}$ [kNm] 4.073	Compressione 4	?	
$h$ (mm): 1.500	$V_{ply,Rd}$ [kN] 6.832	$V_{plz,Rd}$ [kN] 16.592	Flessione My 3	?	
$b$ (mm): 850	$A$ (cm <sup>2</sup> ): 1.200	$i_y$ (cm): 64,82	$i_z$ (cm): 20,65	Flessione Mz 3	
$t_w$ (mm): 25	$I_y$ (cm <sup>4</sup> ): 5.041.250	$I_z$ (cm <sup>4</sup> ): 511.953	$I_T$ (cm <sup>4</sup> ): 7.813	Presso-Flessione 3	
$t_f$ (mm): 50	$W_y$ (cm <sup>3</sup> ): 67.217	$W_z$ (cm <sup>3</sup> ): 12.046	$I_w$ (cm <sup>6</sup> ): 2.690.953,5	Verifiche	
$r$ (mm): 0	$W_{pl,y}$ (cm <sup>3</sup> ): 73.875	$W_{pl,z}$ (cm <sup>3</sup> ): 18.281	Presso Flessione		
			Svergolamento		

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA		<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5 FASI COSTRUTTIVE

La realizzazione dell'opera prevede le seguenti fasi principali di costruzione:

### *ESECUZIONI DI PRIMA FASE:*

- sbancamento e preparazione del piano di posa del cls magro di sottofondazione
- getto del cls magro e realizzazione della soletta di fondazione successivamente al disarmo dei casseri;
- eseguire il riempimento dello scavo fino alla quota di estradosso della fondazione in c.a.

### *ESECUZIONI DI SECONDA FASE*

- cassetatura delle elevazioni e getto delle parti in c.a. successivamente al disarmo dei casseri;
- eseguire il riempimento dello scavo fino alla quota di +50cm dall'estradosso della fondazione in c.a.;
- installazione degli apparecchi di appoggio;

### *ESECUZIONI DI TERZA FASE*

- assemblaggio degli elementi metallici costituenti l'impalcato;
- posizionamento della gru;
- varo dell'impalcato;
- sistemazione dei rilevati come da elaborato CG0700PPZDCSC00CV2C000001F0



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA	<i>Codice documento</i> CS0486_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 6 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati di riferimento per l'opera in esame sono i seguenti:

Relazione tecnico descrittiva dell'opera	CG0700	P	RG	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	01	F0
Scheda riassuntiva di rintracciabilità dell'opera	CG0700	P	SH	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	01	F0
Relazione di calcolo	CG0700	P	CL	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	01	F0
relazione geotecnica	CG0700	P	RB	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	01	F0
Planimetria di progetto	CG0700	P	P8	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	01	F0
Sezione longitudinale e pianta fondazioni	CG0700	P	Z9	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	01	F0
Pianta dell'opera, prospetti e sezioni trasversali	CG0700	P	PZ	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	01	F0
Carpenteria spalla B	CG0700	P	BA	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	04	F0
Carpenteria pile	CG0700	P	BA	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	02	F0
Carpenteria impalcati	CG0700	P	BZ	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	01	F0
Particolari costruttivi impalcati	CG0700	P	SZ	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	01	F0
Fasi costruttive dell'opera d'arte	CG0700	P	SZ	D	C	SC	00	CV	2C	00	00	02	F0