

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 SICILIA	ST0189
<i>Tipo di sistema</i>	STAZIONI - OPERE CIVILI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	STAZIONE ANNUNZIATA	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE – OPERE CIVILI	
<i>Titolo del documento</i>	MURI DI SOSTEGNO PARCHEGGI - RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	G	D	S	C	S	2	S	G	0	0	0	0	0	0	0	3	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20-06-2011	EMISSIONE FINALE	S. BIANCHI	G. SCIUTO	F. COLLA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

INDICE

INDICE.....	3
PREMESSA.....	5
1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	6
3 CARATTERISTICHE MATERIALI	7
3.1 Calcestruzzi (Secondo UNI 11104 - 2004).....	7
3.2 Acciaio per armature di conglomerato cementizio armato (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008)	8
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	9
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA	9
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO	12
4.2.1 Descrizione delle litologie.....	12
4.2.2 Indagini previste	12
4.2.3 Caratterizzazione geotecnica	14
4.2.4 Parametri principali assunti	53
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO	55
4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE	56
4.4.1 Verifiche di resistenza	57
4.4.1.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi	57
4.4.2 Verifiche agli stati limite di esercizio.....	57
4.4.2.1 Definizione degli stati limite di fessurazione	57
4.4.2.2 Condizioni ambientali	58
4.4.2.3 Sensibilità delle armature alla corrosione.....	58
4.4.2.4 Scelta degli stati limite di fessurazione.....	58
4.4.2.5 Verifiche allo stato limite di fessurazione.....	59
4.4.2.6 Verifiche delle tensioni in esercizio.....	60
4.4.3 Azioni sismiche.....	61
4.4.3.1 Vita nominale.....	61
4.4.3.2 Classe d'uso	62
4.4.3.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica	62
4.4.3.4 Classificazione sismica del terreno	62

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

5 ELABORATI DI RIFERIMENTO 63

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

PREMESSA

La presente relazione tratta i muri di sostegno indicizzati con le lettere A, B, C e D, facenti parte delle opere di sostegno per la realizzazione dei parcheggi, a servizio della stazione ferroviaria Annunziata.

1 RIFERIMENTI NORMATIVI

I calcoli delle strutture sono stati eseguiti in base alle seguenti disposizioni:

- Legge 5/11/1971 n° 1086: "Norme per le discipline delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. del 14/01/2008 - "Norme Tecniche per le Costruzioni 2008"
- Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14/01/2008 – Circolare 2 febbraio 2009 n. 617
- Norma UNI EN 206-1 : 2006 "Calcestruzzo. Parte 1 : specificazione, prestazione, produzione e conformità"
- Norma UNI EN 206-1 : 2006 "Calcestruzzo. Parte 1 : specificazione, prestazione, produzione e conformità"

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] SEAOC Blue Book "Conceptual Framework for Performance-Based Seismic Design", Appendix B (2000).
- [2] Gruppo di Lavoro (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici).
- [3] Priestley M.J.N., Seible F. e Calvi G.M. "Seismic Design and Retrofit of Bridges", J. Wiley & Sons, Inc. (1996).
- [4] Migliacci A. e Mola F., "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.". Parte prima e seconda, Ed. Masson. 1996.
- [5] FEMA 440 – "Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures", prepared by ATC, ATC-55 Project, Redwood City CA, June 2005.
- [6] FEMA 440 – "Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures", prepared by ATC, ATC-55 Project, Redwood City CA, June 2005.
- [7] M. W. O'Neill and L. C. Reese "Drilled shafts: construction procedures and design methods", prepared for U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration; printed by ADSC: The International Association of Foundation Drilling, pub. n. ADSC-TL 4, August 1999.
- [8] CALTRANS "Seismic Design Criteria" Version 1.1; California department of transportation, USA, July 1999.
- [9] ATC-32 "Improved Seismic Design Criteria for California Bridges: Provisional Recommendations" Version 1.1; California, USA, June 1996.
- [10] ATC-49 "Recommended LRFD guidelines for the seismic design of highway bridges. Part I: Specifications. Part II: Commentary and Appendices", ATC/MCEER Joint Venture, USA, June 2003.
- [11] Roesset J.M. [1969] "Fundamentals of soil amplification", Conference on Seismic Design for Nuclear Power Plants, MIT, Ed. by Robert J. Hansen, Vol 1, pp. 183-244.
- [12] Mylonakis G. [2001] "Simplified model for seismic pile bending at soil layer interfaces", The Japanese Geotechnical Society, Vol. 41, No. 4(20010815), pp. 47-58.
- [13] Joseph E. Bowles. [1988] "Fondazioni – progetto e analisi", McGraw-Hill.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE		<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011

3 CARATTERISTICHE MATERIALI

3.1 Calcestruzzi (Secondo UNI 11104 - 2004)

Fondazioni

classe di resistenza	C25/30
modulo elastico	$E_c = 31.447 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 24,90 \text{ N/mm}^2$
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = 32,90 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 14,11 \text{ N/mm}^2$
resistenza a trazione (valore medio)	$f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 1,79 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{ctfk} = 2,15 \text{ N/mm}^2$
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C = 14,94 \text{ N/mm}^2$
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C = 11,20 \text{ N/mm}^2$
copriferro	$C = 40 \text{ mm}$
classe di esposizione	XC2
classe di consistenza slump	S4
max dimensione aggregati	$D_{max} = 32 \text{ mm}$
rapporto A/C massimo	0,50

Elevazioni

classe di resistenza	C32/40
modulo elastico	$E_c = 36.050 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 33,20 \text{ N/mm}^2$
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = 39,84 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 18,81 \text{ N/mm}^2$
resistenza a trazione (valore medio)	$f_{ctm} = 3,16 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 2,21 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{ctfk} = 2,65 \text{ N/mm}^2$
tensione a SLE – combinazione rara	$\sigma_C = 19,92 \text{ N/mm}^2$
tensione a SLE – combinazione quasi permanente	$\sigma_C = 14,94 \text{ N/mm}^2$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

copriferro	C =	40	mm
classe di esposizione	XC4	XS1	XF2
classe di consistenza slump		S4	
max dimensione aggregati	Dmax =	32	mm
rapporto A/C massimo		0,50	

Per il calcestruzzo ordinario armato si assume il seguente peso per unità di volume:

$$\rho'_{cls} = \boxed{25} \text{ kN/m}^3$$

3.2 Acciaio per armature di conglomerato cementizio armato (Secondo NTC 2008 – D.M. 14/01/2008)

		B450C	
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	450	N/mm ²
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	540	N/mm ²
resistenza di calcolo a trazione	$f_{vd} =$	391,30	N/mm ²
modulo elastico	$E_s =$	206.000	N/mm ²
deformazione caratteristica al carico massimo	$\varepsilon_{uk} =$	7,50	%
deformazione di progetto	$\varepsilon_{ud} =$	6,75	%
coeff. resistenza a instabilità delle membrature	$\gamma_m =$	1,10	

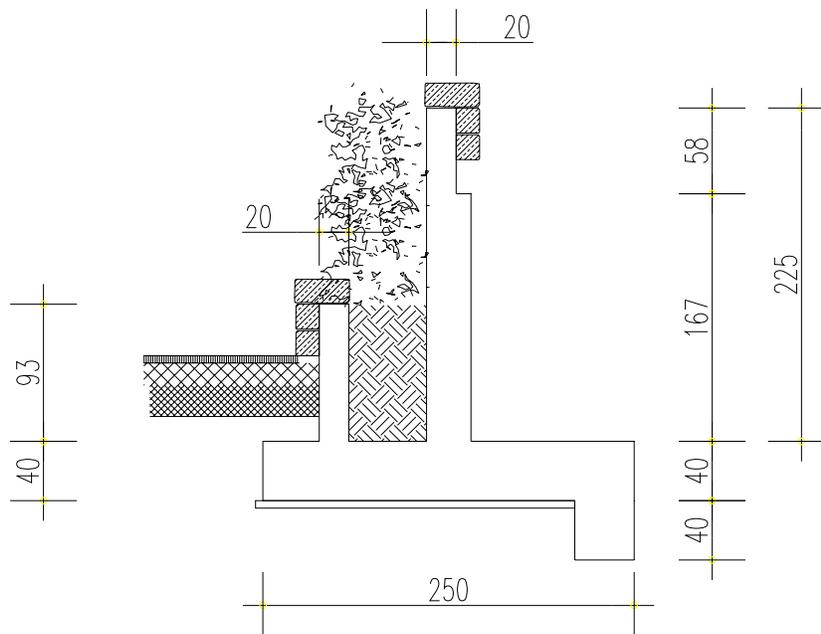
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

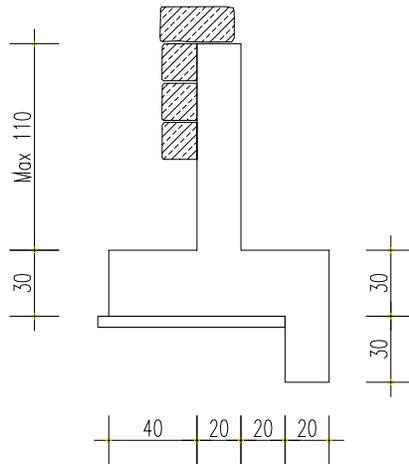
Il progetto prevede la realizzazione di quattro diverse tipologie di muri di sostegno in c.a. gettato in opera.

1) TIPOLOGIA A: il muro presenta un'altezza di 2,25 m dallo spiccato di fondazione. La fondazione è di tipo diretto e realizzata tramite una soletta di spessore 0,40 m dotata di un dente a monte profondo anch'esso 0,40 m. L'opera in c.a. è poi rivestita previa utilizzo blocchi di pietra.

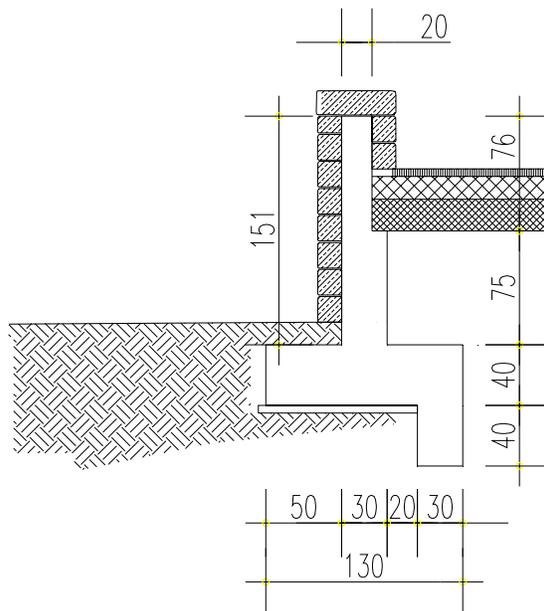


2) TIPOLOGIA B: il muro presenta un'altezza di 0,94 m dallo spiccato di fondazione. La fondazione è di tipo diretto e realizzata tramite una soletta di spessore 0,30 m dotata di un dente a monte profondo anch'esso 0,30 m. L'opera in c.a. è poi rivestita mediante utilizzo di blocchi in pietra.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE		<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011

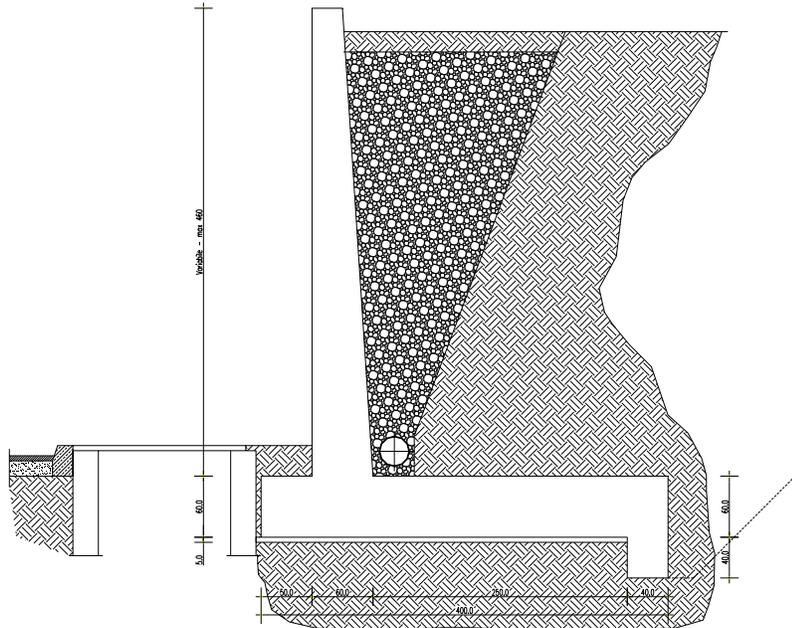


3) TIPOLOGIA C: il muro presenta un'altezza di 1,51 m dallo spiccatto di fondazione. La fondazione è di tipo diretto e realizzata tramite una soletta di spessore 0,40 m dotata di un dente a monte profondo anch'esso 0,40 m. L'opera in c.a. è poi rivestita mediante utilizzo di blocchi in pietra.



4) TIPOLOGIA D: il muro presenta un'altezza variabile con valore 4,40 m dallo spiccatto di fondazione. La fondazione è di tipo diretto e realizzata tramite una soletta di spessore 0,60 m

dotata di un dente a monte profondo anch'esso 0,40 m.



L'analisi statica dei muri in esercizio è stata effettuata considerando una profondità unitaria. Con tale ipotesi sono state pertanto trascurate, a favore di sicurezza, le effettive diffusioni dei carichi e delle sollecitazioni nella parete verticali con allargamento delle traiettorie di diffusione verso il basso e conseguente sensibile riduzione delle sollecitazioni al nodo inferiore, nella fondazione e sul terreno.

L'analisi dei carichi è stata effettuata in ottemperanza alla Normativa vigente.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

4.2.1 Descrizione delle litologie

Le litologie prevalenti sono costituite dalla formazione dai Depositi alluvionali, dalla Serie gessoso solfifera (Calcari brecciati e argille gessose) e dal San Pier Niceto argilloso.

Depositi alluvionali: si tratta prevalentemente di depositi sabbioso-ghiaiosi olocenici di fondo alveo. L'incisione operata dai corsi d'acqua determina la diretta sovrapposizione di tali depositi sul substrato cristallino-metamorfico. Gli spessori massimi dedotti da affioramento e sondaggi non è superiore alla decina di metri.

Serie gessoso solfifera (Calcari brecciati e Argille gessose): si tratta delle evaporiti relative alla crisi di salinità che ha interessato il Bacino Mediterraneo durante il Messiniano.

La litofacies evaporitica è caratterizzata da gessi e argille gessose, prevalentemente alla base della successione, e da calcari brecciati e vacuolari affioranti discontinuamente. L'appoggio della formazione è sempre sulle varie litofacies della Formazione di S. Pier Niceto.

La formazione del San Pier Niceto è costituita essenzialmente da due facies distinte, una basale conglomeratica ed arenacea e l'altra superiore di natura prevalentemente argillosa.

Alla base il conglomerato è costituito da grossi ciottoli poligenici arrotondati e ghiaie di colore marrone-avana in una matrice arenacea rossastra con sabbia sempre più fine man mano che ci si sposta verso l'alto. Nella parte superiore assume l'aspetto di un ammasso roccioso che affiora estesamente in banchi.

Superiormente la porzione arenacea lascia il posto a strati limo argillosi di potenza metrica.

La falda risulta interferente con le opere e localizzabile a profondità di circa 10m da p.c..

4.2.2 Indagini previste

I sondaggi di riferimento per la presente tratta sono S452 e S452bis.

Data l'esiguità delle prove, si è scelto di tenere conto anche delle indagini effettuate in altre tratte.

Localmente non ci sono indagini che raggiungono i primi 30 m di profondità per la caratterizzazione sismica del suolo.

Le simiche a rifrazione effettuate in località La Giostra (SR5-S454) in un contesto litostratigrafico simile forniscono una categoria di suolo variabile tra **B** ($V_{s30}=410\text{m/s}$) e **C** ($V_{s30}=300\text{m/s}$).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

Depositi alluvionali

Le prove localmente utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prove SPT (S452, S452bis)
- prove sismiche a rifrazione (S454-SR5)
- prove di laboratorio per la determinazione delle granulometrie e delle caratteristiche fisiche (S452)

Calcari brecciati

Data l'esiguità dei sondaggi che caratterizzano la presente formazione nella tratta in esame, si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prove pressiometriche (S451, S451bis)
- prove sismiche a rifrazione (SR5, SR10)

Argille gessose

Data l'esiguità dei sondaggi che caratterizzano la presente formazione nella tratta in esame, si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prove pressiometriche (S432, S454)
- prove dilatometriche (S451, S452, S452bis, S455)
- prove sismiche a rifrazione (SR5, SR10)
- prove di laboratorio per la determinazione dei parametri di resistenza (I2, S434, SPP07, SPP08)
- prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici.
- prove edometriche (SPP07, SPP08)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE		<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011

San Pier Niceto argilloso

Data l'esiguità dei sondaggi che caratterizzano la presente formazione nella tratta in esame, si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

Le prove utilizzate nella caratterizzazione sono:

- prove pressiometriche (S432, S454)
- prove dilatometriche (S459bis, S453)
- prove sismiche a rifrazione (SR2, SR3, SR5)
- prove di laboratorio per la determinazione dei parametri di resistenza (S457, S465)
- prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici.

4.2.3 Caratterizzazione geotecnica

Per i criteri e per gli aspetti generali di caratterizzazione si rimanda a quanto riportato nella relazione Elab. CG0800PRBDSSBC8G00000001A. Per la definizione delle categorie di suolo si rimanda al medesimo elaborato ed alla relazione sismica di riferimento.

Depositi alluvionali

L'andamento del fuso evidenzia che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 39%), sia di materiali intermedi (sabbie 45%). Il contenuto di fino è mediamente del 14%.

Con riferimento al fuso medio:

- Il valore di D_{50} è pari a 0.8mm
- Il valore di D_{60} è pari a 2 mm
- Il valore di D_{10} è pari a 0.01 mm

Il peso di volume dei grani medio γ_s è risultato pari a circa 26.5 kN/m³.

Non si hanno a disposizione i valori di γ_{dmax} e γ_{dmin} .

Per quanto riguarda lo stato iniziale:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE		<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011

- **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 0.305 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. Il valore di e_o risulta pari a 0.5-0.6;
- **γ_d :** si ottiene un pari a 17-19 KN/m^3 .
- **K_0 :** si considera la relazione di Jaky.

z(m)	Dr(%) Sabbie e ghiaie	K_0
0-10	40-80	0.36-0.4
>10	50-60	0.38

Per quanto riguarda i parametri di resistenza, sulla base delle prove SPT si è ottenuto:

z(m)	ϕ'_p (pff=0-272KPa) (°)	ϕ'_p (pff=272-350KPa) (°)	ϕ'_{cv} (°)
0-10	37-40	33-36	33-35
Come	38	35	33-35

parametri operativi di picco si utilizzeranno:

$$c'=0$$

$$\phi' = 37^\circ - 39^\circ$$

Per i parametri di deformabilità, i valori di G_0 da prove SPT hanno un andamento che, stimato graficamente con una linea di tendenza, risulta pari a:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

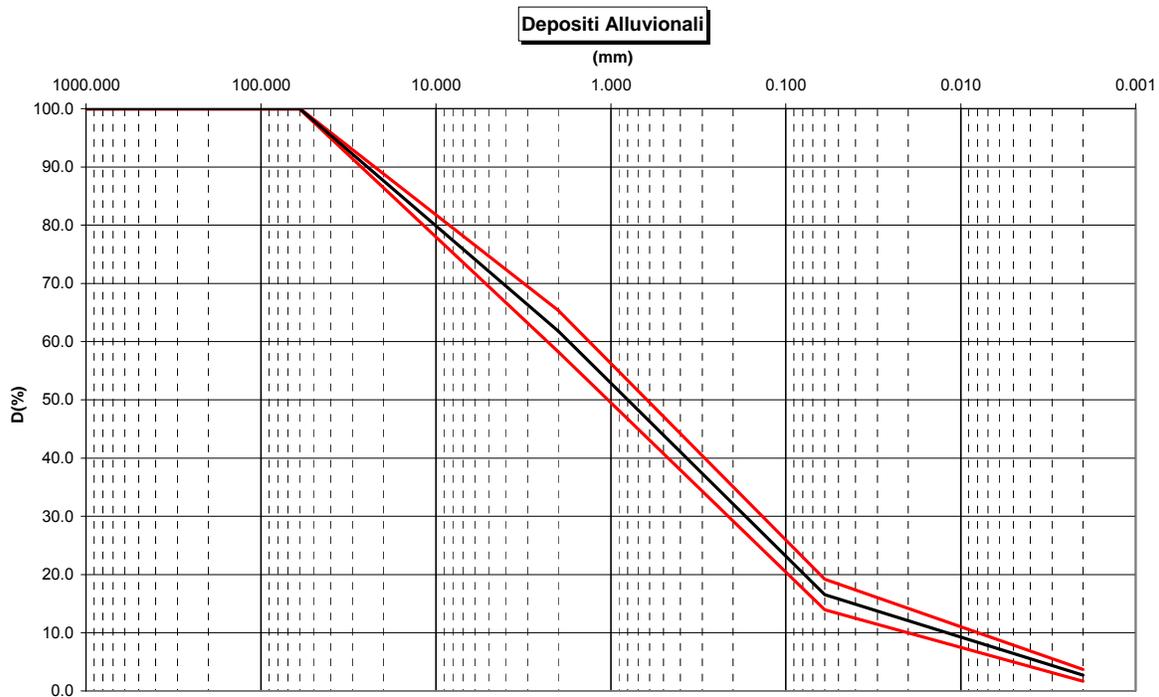
$$G_o = 39 \cdot (z)^{0.59}$$

$$E_o = 93 \cdot (z)^{0.59}$$

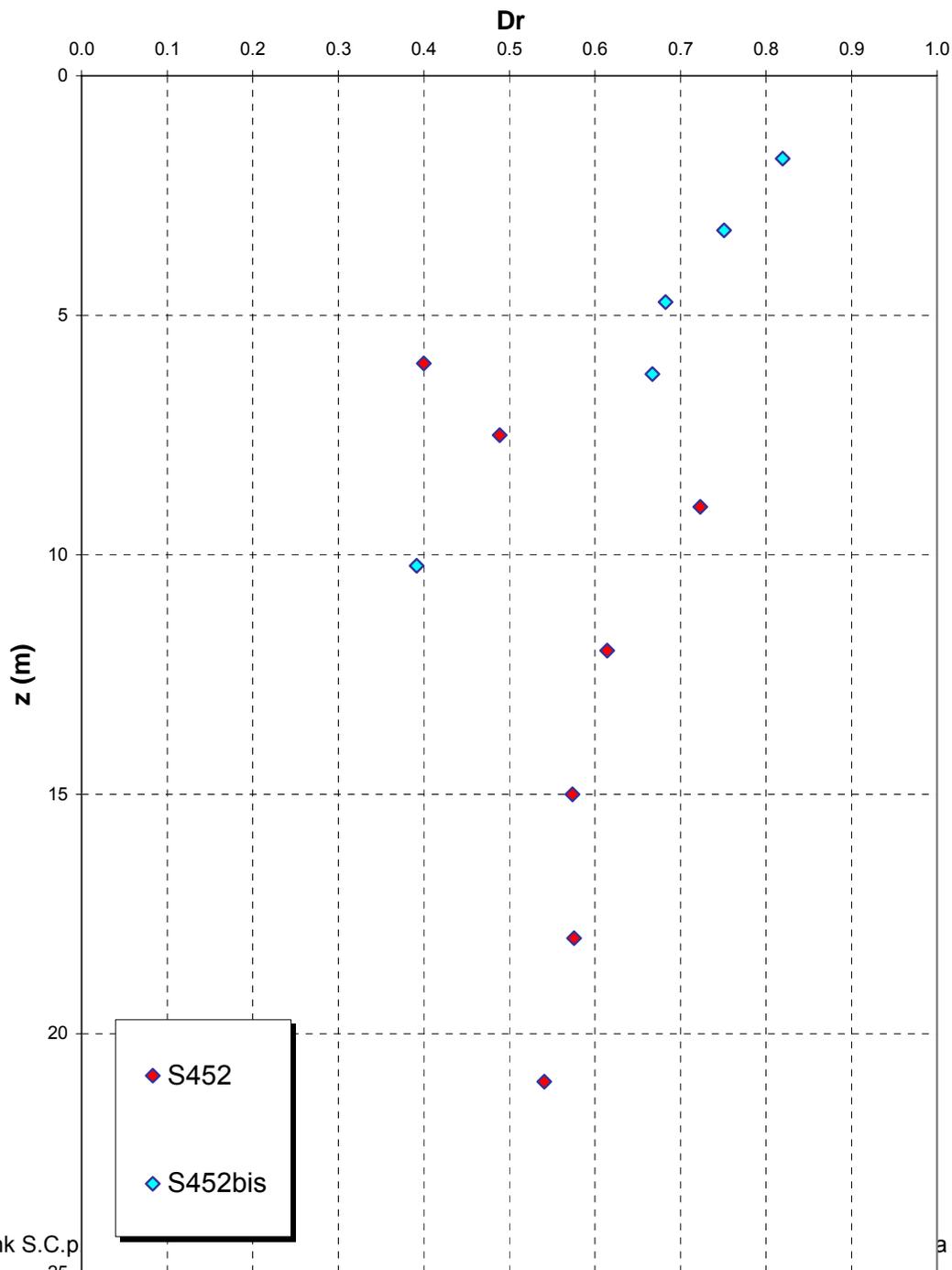
I moduli di Young “operativi” a medie deformazioni, valutati sulla base dei criteri descritti nei capitoli precedenti risulteranno pari a:

$$E = (12 \div 31) \cdot (z)^{0.59}$$

pari rispettivamente a circa 1/10÷1/5 (medie e grandi deformazioni) ed ad 1/3 (piccole deformazioni) di quelli iniziali.



Dr Cubrinovski e Ishihara (1999)
Componente ghiaiosa e sabbiosa
DEPOSITI ALLUVIONALI





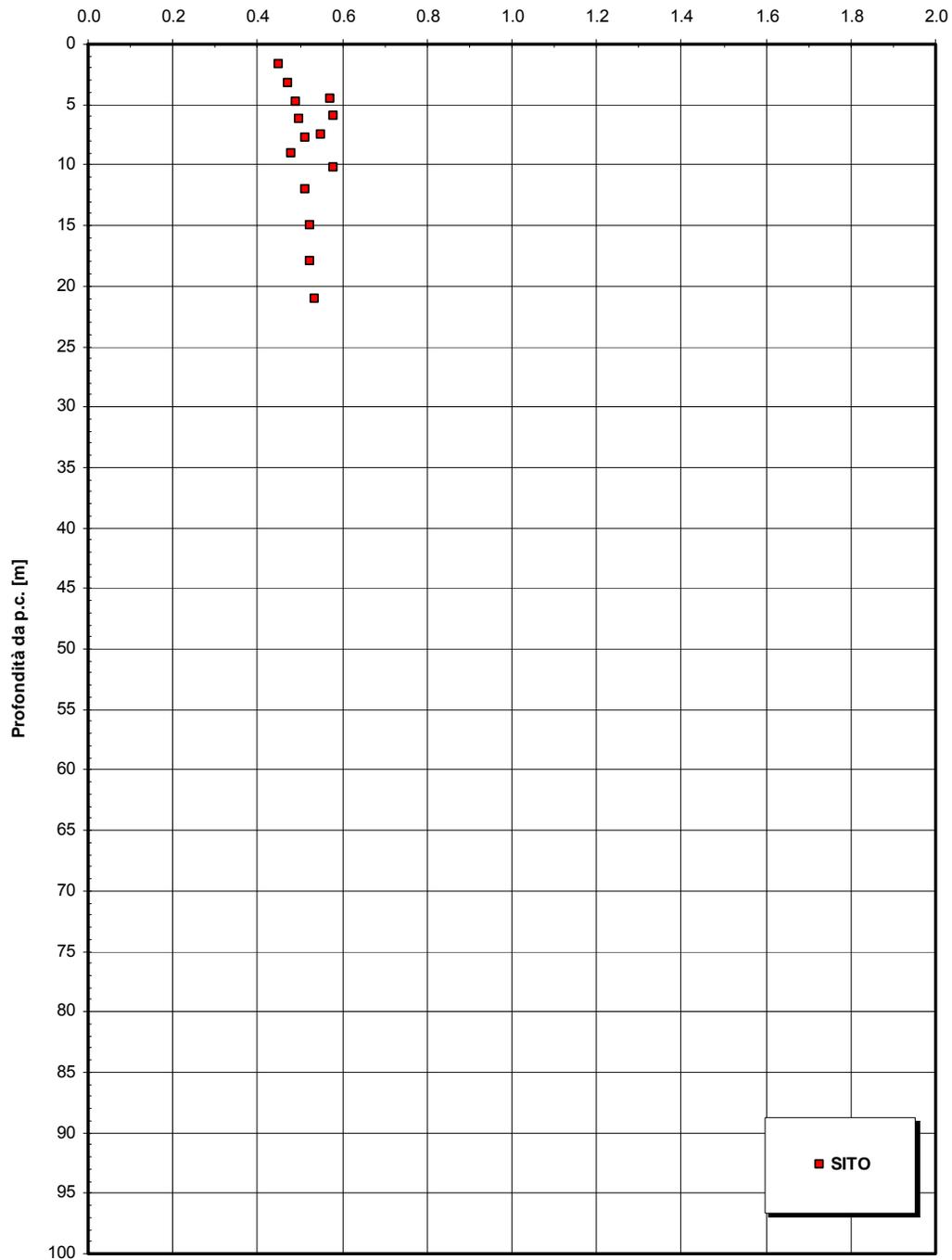
Ponte sullo Stretto di Messina
PROGETTO DEFINITIVO

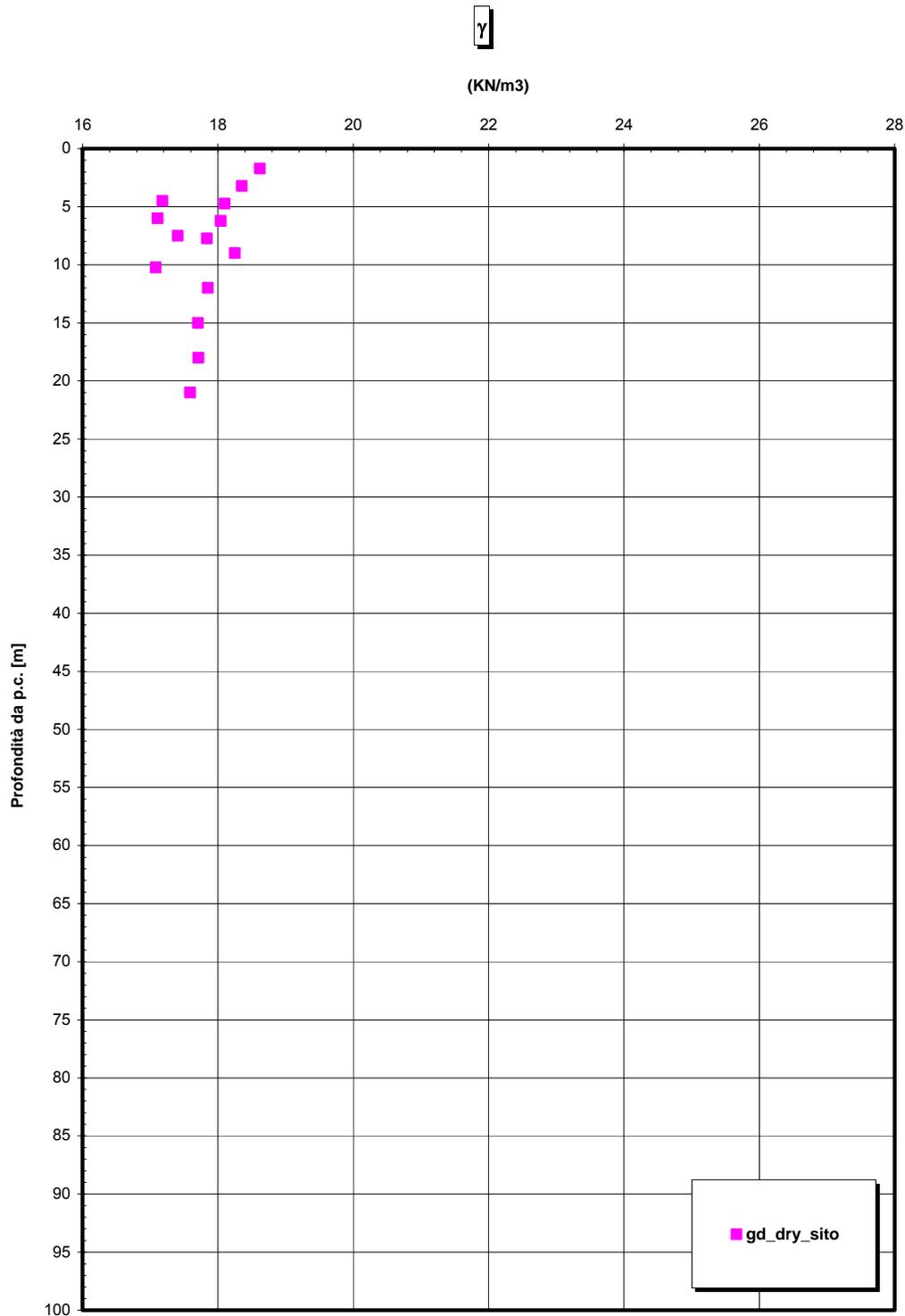
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE

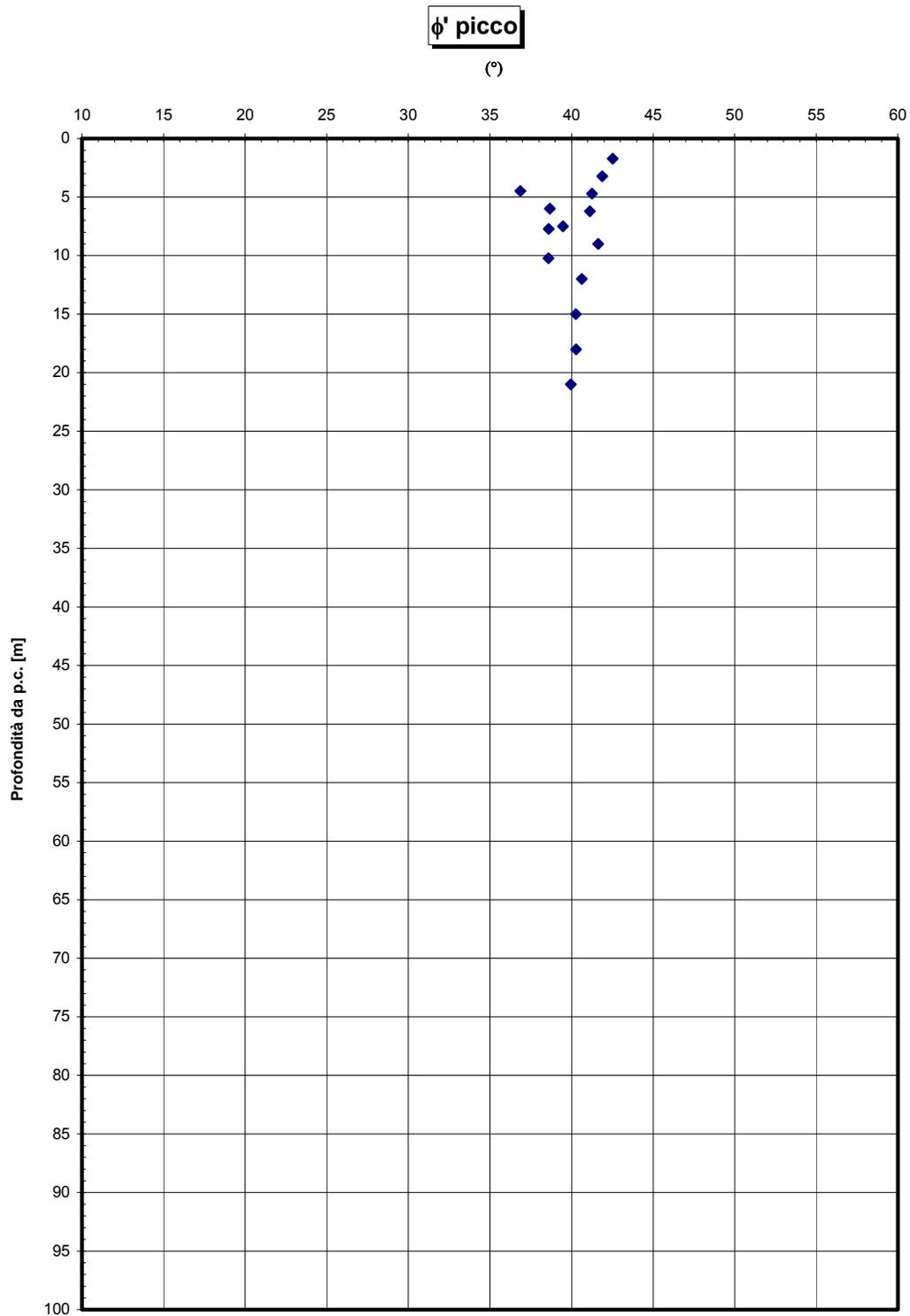
Codice documento
ST0189_F0

<i>Rev</i>	<i>Data</i>
0	05/04/2011

eo



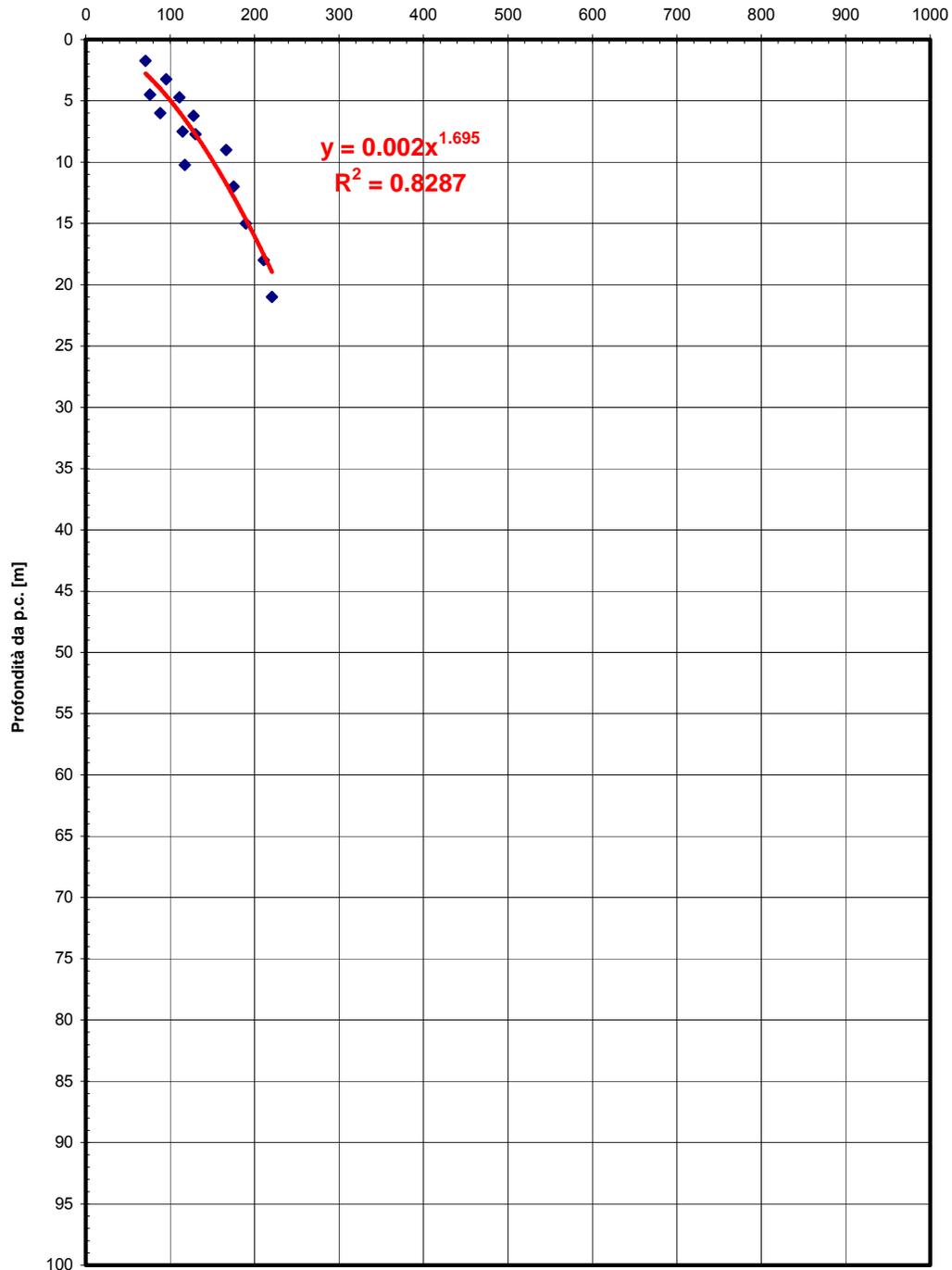




		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE</p>	<p><i>Codice documento</i> ST0189_F0</p>		<p><i>Rev</i> 0</p>	<p><i>Data</i> 05/04/2011</p>

Go spt

(MPa)



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

Calcarì brecciatì

Per le caratteristiche fisiche Non avendo a disposizione prove di laboratorio si può stimare un peso di volume γ pari a 19-21 KN/m³.

Per i parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci in mancanza di rilievi su affioramenti, una stima del parametro RMR'89 risulta difficile a partire dalle informazioni ricavabili dalle stratigrafie e dalle foto delle cassette (es: RQD) anche a causa del disturbo causato dal carotaggio.

Cautelativamente quindi si pone:

$$c' = 0.020 \div 0.050 \text{ MPa}$$

$$\phi' = 25^\circ - 30^\circ$$

Per le caratteristiche di deformabilità i risultati dalle prove dilatometriche e pressiometriche effettuate negli strati più profondi (60-90m) nella nuova campagna di indagine 2010 (S451e S451bis) mostrano valori molto variabili di E' e pari a 800 ÷ 2500 MPa nel caso di scarico e ricarico e a 150 ÷ 400 MPa nel caso di primo carico. Ciò è da imputare alla struttura molto complessa della formazione costituita da calcari e brecce calcaree e da livelli di laminati marnose.

Anche i risultati dalle prove sismiche a rifrazione risulterebbero fra loro variabili. Facendo riferimento alle stese sismiche in località Annunziata (SR10) ed in corrispondenza del sondaggio S454 (SR5) e riferendosi a profondità medie di 15-20m, si sono riscontrati velocità medie V_s rispettivamente pari a 300 (SR5) ÷ 400 m/s (SR10) circa, alle quali corrisponderebbe un modulo elastico iniziale medio G_0 pari a 250 MPa a cui corrisponde $E_0 = 600$ MPa. In zona Annunziata la formazione si presenta già a basse profondità come una breccia calcarea; in corrispondenza del sondaggio S454 (località Giostra), invece, è descritto come una sabbia limosa con inclusi clasti eterometrici. Le sismiche forniscono per gli strati un valore medio del modulo elastico ($1/10 E_0$ ed $1/3 E_0$) pari a 60 e 200 MPa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

Nella porzione più superficiale ed alterata (10-20m), si pone:

$$E' = 60 \div 200 \text{ MPa}$$

Per problemi di grandi deformazioni e caratterizzate da condizioni di primo carico (fondazioni, rilevati) si farà riferimento ai valori minimi del range mentre per opere di sostegno si farà riferimento a valori contenuti nel range.

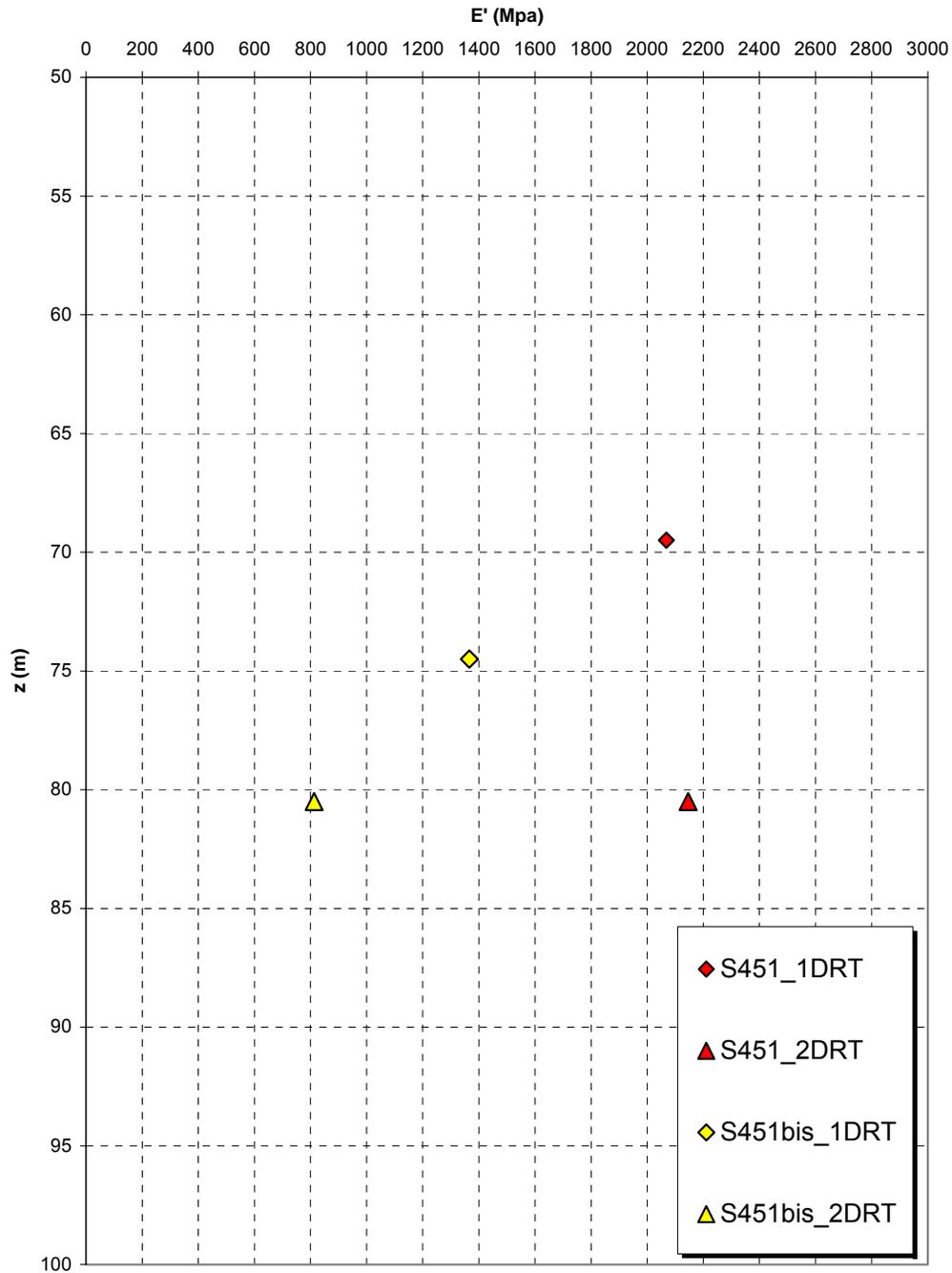
Nella parte più massiva e per problemi caratterizzati da piccole deformazioni in condizioni di scarico o scarico e ricarico (opere di sostegno) i valori operativi dei moduli potranno essere posti pari a:

$$E' = 200 \div 800 \text{ Mpa}$$

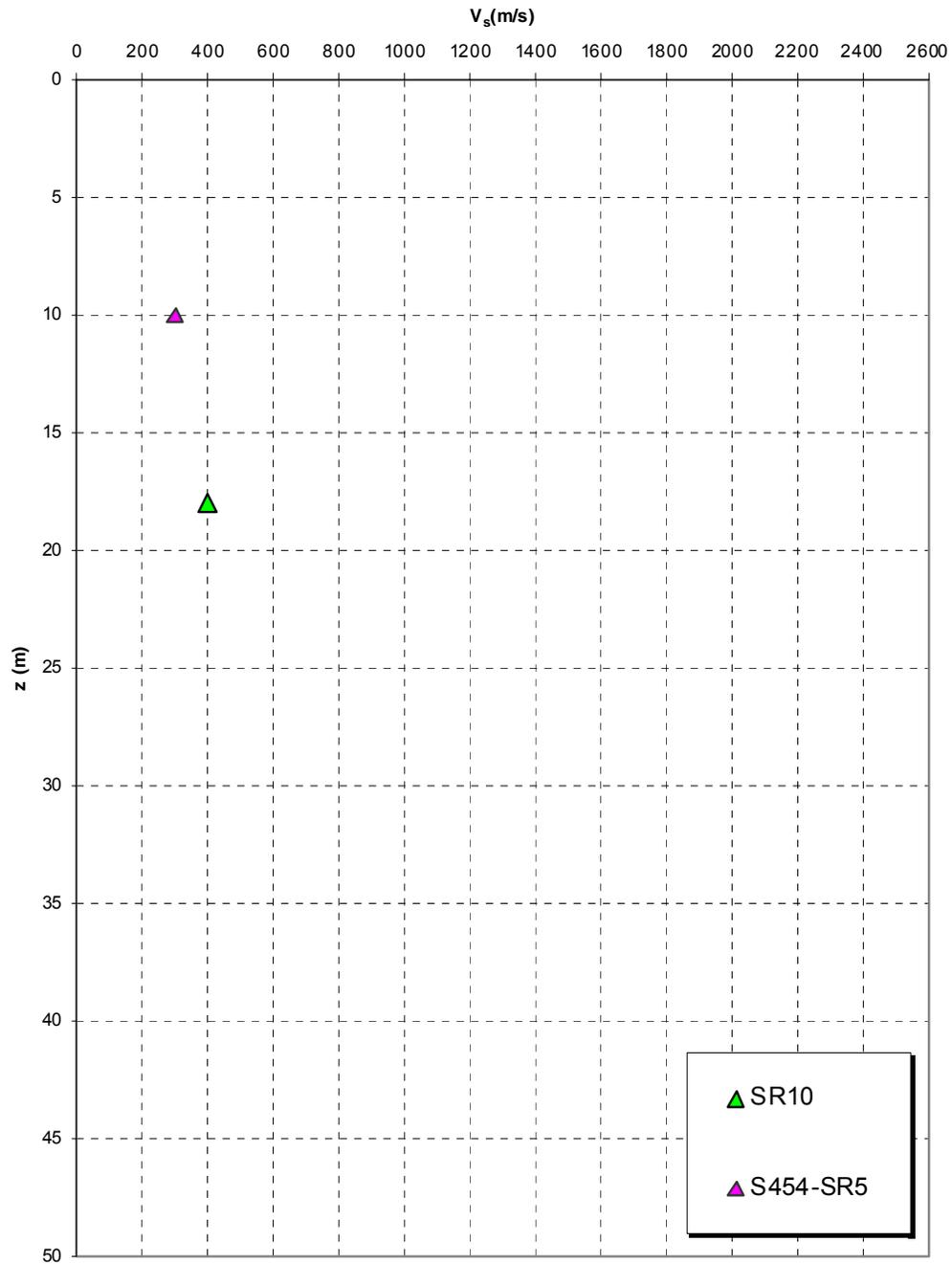
Il massimo valore è da riferire agli strati più profondi (60-90m).

Per la permeabilità le due prove Le Franc localmente previste danno un valore medio pari a circa 10^{-7} m/s.

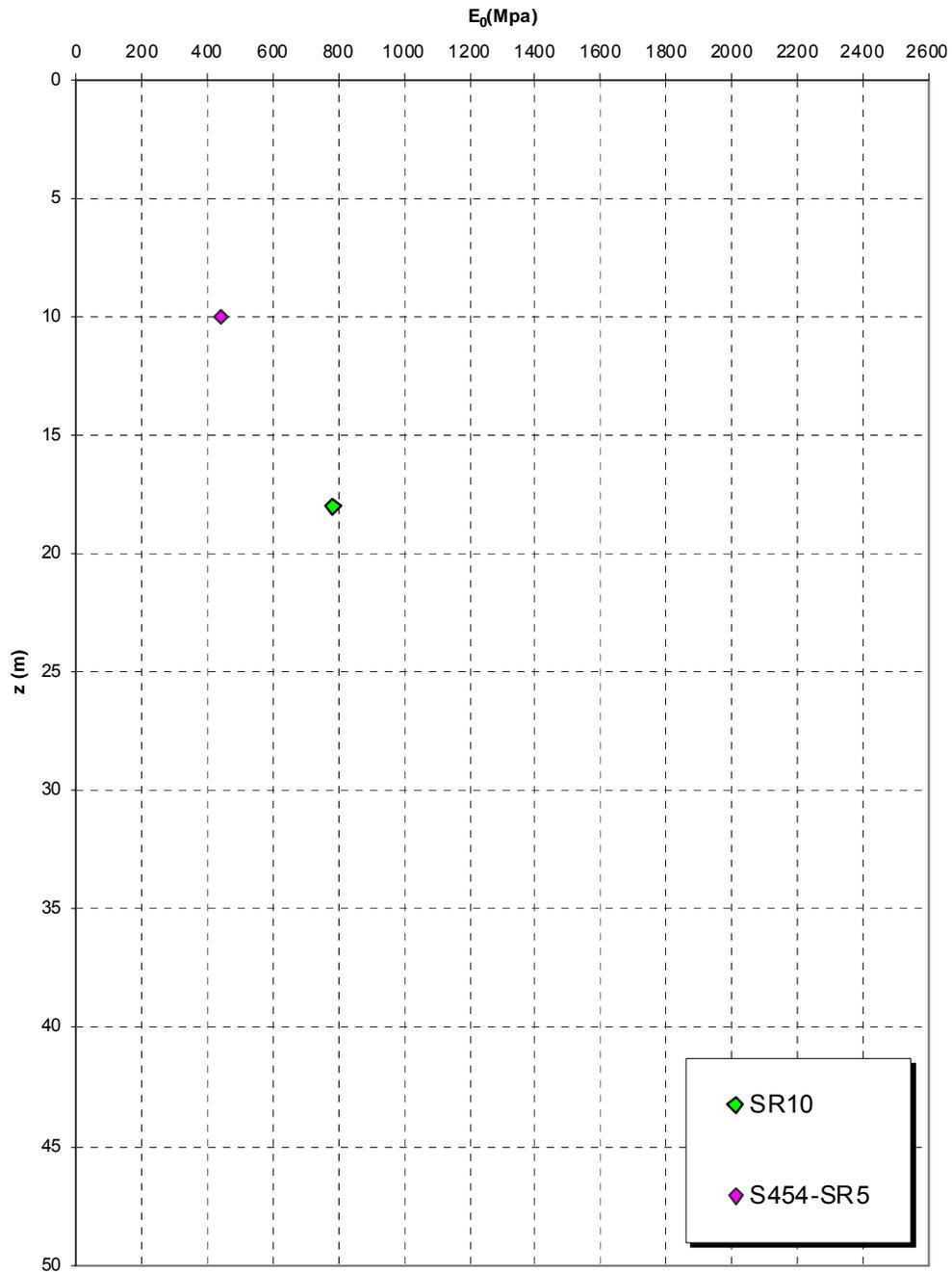
**Prove dilatometriche
CALCARI BRECCIATI**



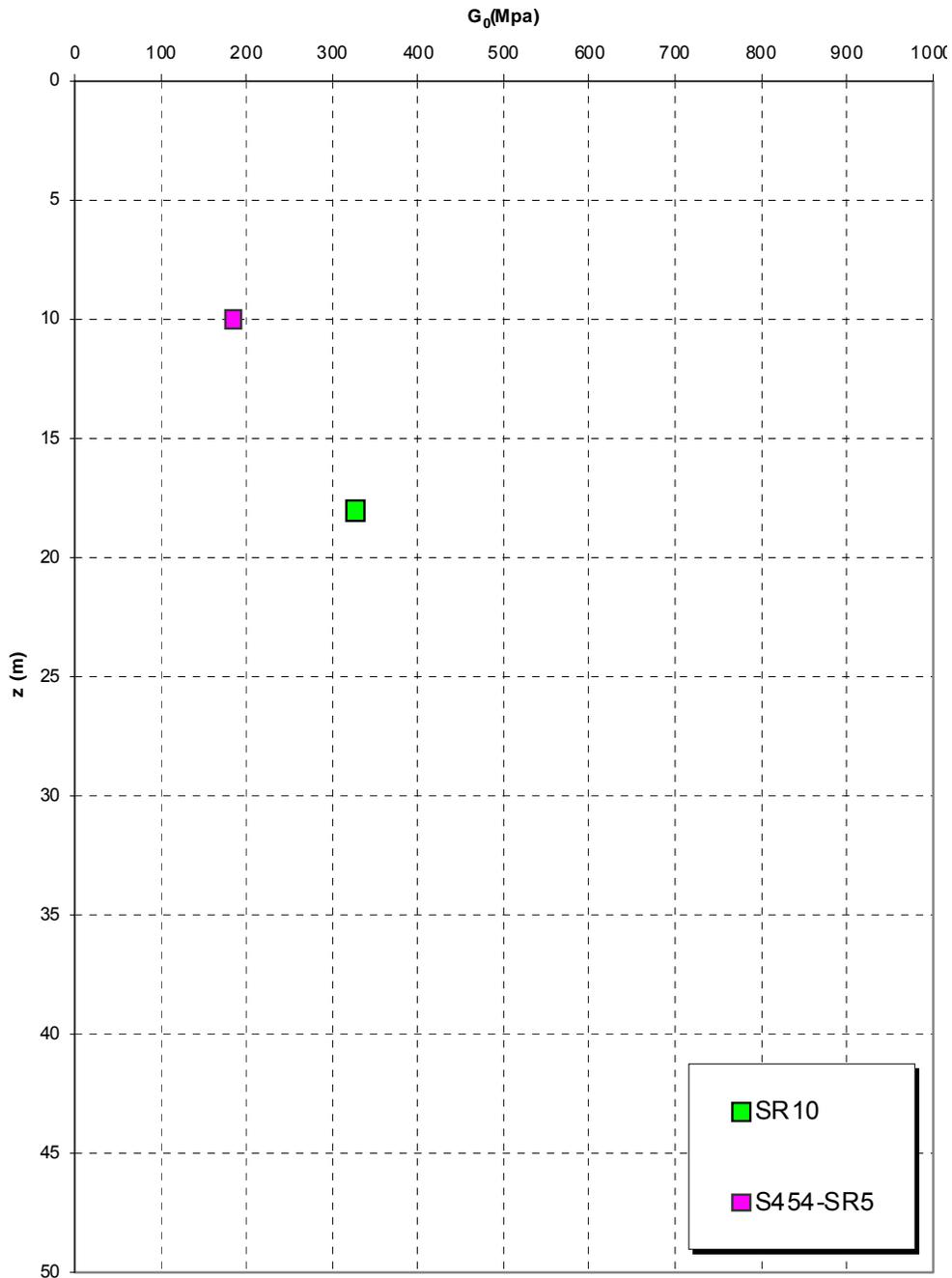
**Prove sismiche
CALCARI BRECCIATI**



**Prove sismiche
CALCARI BRECCIATI**



**Prove sismiche
CALCARI BRECCIATI**



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

Argille gessose

Il fuso granulometrico mostra che le caratteristiche sono tipiche di materiali a grana fine con percentuale media di ghiaia al 14%, sabbia al 30%, limo al 43% ed argilla al 16%.

Inoltre $D_{50}=0.025\text{mm}$, $D_{60}=0.05\text{mm}$ e $D_{10}=0.001\text{mm}$

Per quanto riguarda i limiti di Atterberg si ha $W_n=33\%$, $W_l=46\%$, $W_p=24\%$, $IP=22\%$.

Dalla carta di Casagrande la posizione corrisponderebbe ad argille di medio-alta plasticità.

Per il peso di volume γ si è ottenuto un valore di $19\div 21\text{KN/m}^3$.

Per il peso di volume γ_s si è ottenuto un valore medio di 26.6KN/m^3 .

Per il peso di volume γ_d si è ottenuto un valore medio di 14.5KN/m^3 .

Per quanto riguarda la determinazione delle caratteristiche iniziali e per la determinazione delle pressioni verticali di consolidazione:

- **OCR:** è stato possibile stimare il grado di sovraconsolidazione a partire dai valori di C_u calcolati con le prove pressiometriche ottenendo un valore massimo pari a 3 tra 35 e 40m di profondità. A partire dalle prove SPT si ottiene che per $15\text{m}<z<20\text{m}$ il materiale è caratterizzato da un $OCR=2.5\div 4$ sino a 35m, diminuendo in profondità ($OCR=6.8-0.174 z$) ad un valore di OCR prossimo ad 1 per $z>35\text{m}$;
- e_0 è stato stimato dalle prove di laboratorio: si è ottenuto un valore compreso tra 0.7 e 0.8;
- k_0 è stimabile sulla base della seguente espressione:

$$k_0 = (1 - \sin \varphi') \cdot \sqrt{OCR}$$

essendo:

φ' = angolo di attrito.

Per quanto riguarda i parametri di resistenza, si hanno a disposizione 12 prove di laboratorio su campioni prelevati fra 8m e 50m; le condizioni di rottura delle prove sono caratterizzate sia da $\sigma'_2 \neq \sigma'_3$ che da $\sigma'_2 = \sigma'_3$.

Dall'interpretazione dei dati, nell'ambito delle pressioni di prova, si ottengono i seguenti range di valori di resistenza di picco:

	c' piccolo [Mpa]	φ' piccolo [°]	c' cv [Mpa]	φ' cv [°]	c' r [Mpa]	φ' r [°]
--	-----------------------------------	---------------------------------	------------------------------	----------------------------	-----------------------------	---------------------------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE		<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011

$(\sigma'_2 \neq \sigma'_3)$	0.010-0.050	30-20	0	28-30	0	16
$(\sigma'_2 = \sigma'_3)$	0.010-0.040	30-25	0	23	0	16

Il valore operativo è dato da:

$$c' = 0.010 \div 0.050 \text{ MPa}$$

$$\varphi' = 30^\circ \div 20^\circ$$

$$c'_{cv} = 0 \text{ MPa}$$

$$\varphi'_{cv} = 23^\circ \div 28^\circ$$

I valori più coesivi ed i corrispondenti angoli di attrito sono da associare allo strato superficiale più sovraconsolidato.

In mancanza di prove di laboratorio TXUU i valori di resistenza non drenata C_u sono stati determinati correlando i valori di N_{spt} ed i risultati delle prove pressiometriche.

In questo contesto dalle pressiometriche si ottengono valori di C_u molto alti e pari da 300-370 a 900 KPa a circa 40m di profondità, trascurando dei valori molto bassi ottenuti nella prove del sondaggio S455 effettuate in strati torbosi.

Invece dalle prove SPT si ottengono valori fra 250 e 400 KPa. Tale discrepanza con le pressiometriche può ricondursi alla elevata plasticità dell'argilla che dovrebbe suggerire l'utilizzo di un fattore moltiplicativo dei valori di N_{spt} maggiore di 5.

Comunque si può assumere:

$$C_u = 400 \text{ KPa per } z < 35\text{m}$$

$$C_u = 250 \text{ KPa per } z > 35\text{m}$$

Per quanto riguarda i parametri di deformabilità, dalle prove dilatometriche (S451, S452, S452bis) si evince un modulo medio variabile da circa 40 MPa a 100 MPa tra 17 e 53m di profondità, con valori ottenuti nel sondaggio S455 troppo bassi (15-30MPa) e da scartare perché effettuati su un livelletto torboso. I valori determinati dalle prove corrispondono al primo ciclo di carico.

Dalla prova sismica down hole effettuata nel sondaggio SPPS08 si ottengono valori di V_s molto elevati (1100 m/s) corrispondenti ad uno strato molto consistente. Il modulo G_0 corrispondente risulterebbe pari a 2300 MPa.

Dalla prove sismiche a rifrazione (S432-SR10, S454-SR5), ad una profondità media di 20-25m, si registra un valore medio di V_s pari a 400÷450m/s a cui corrisponde un valore di G_0 pari a circa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

300÷400 Mpa e quindi $E_0 = 720 \div 960 \text{ Mpa}$.

Vista la grande discrepanza fra i risultati e visto il numero esiguo di prove si ritiene cautelativo quindi assumere, un modulo operativo a medie - grandi deformazioni pari a:

$E' = 80 \div 160 \text{ MPa}$

compatibile con

$E' = 200 \text{ Cu}$ nel valore minimo

$E' = 400 \text{ Cu}$ nel valore massimo

avendo posto un valore di $\text{Cu} = 400 \text{ Kpa}$

Tale range corrisponde ad $1/10 \div 1/5$ del valore di E_0 determinato con le sismiche a rifrazione.

Le prove di laboratorio edometriche (SPP07, SPP08) per la determinazione delle caratteristiche di compressibilità e per la determinazione dei coefficienti di consolidazione non sono ritenute significative per il presunto disturbo dei campioni.

Il valore di E_{ed} medio si attesta infatti intorno a 14Mpa.

Il valore di C_c medio è pari a 0.13

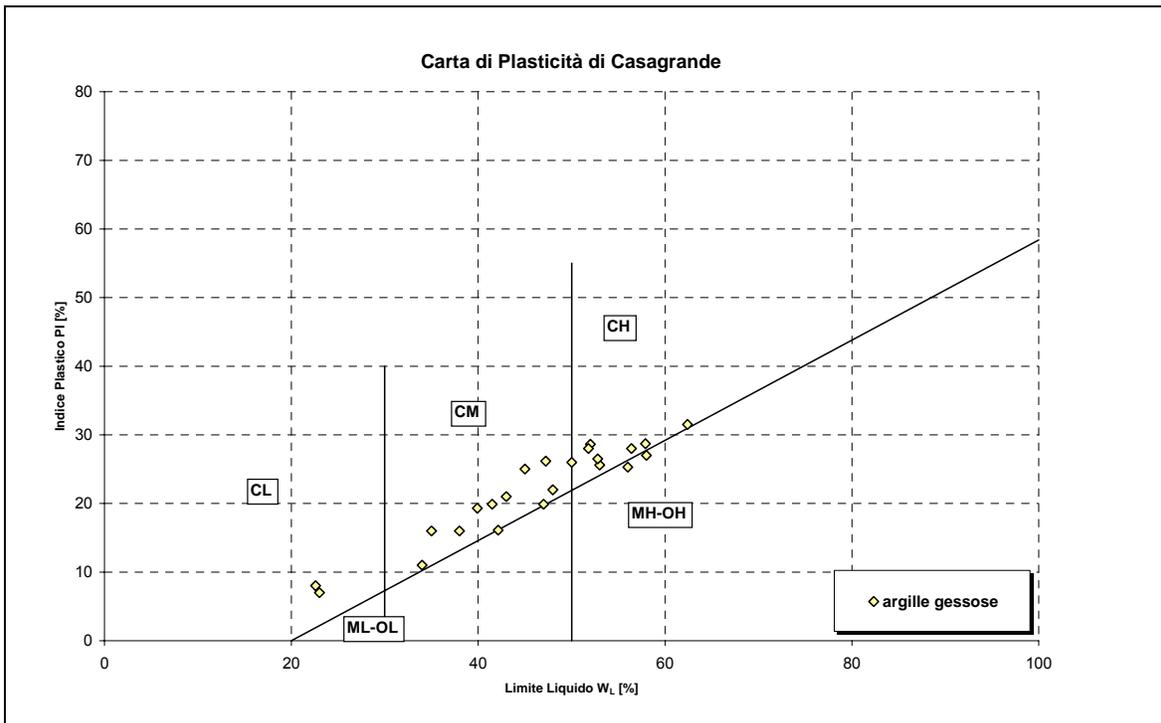
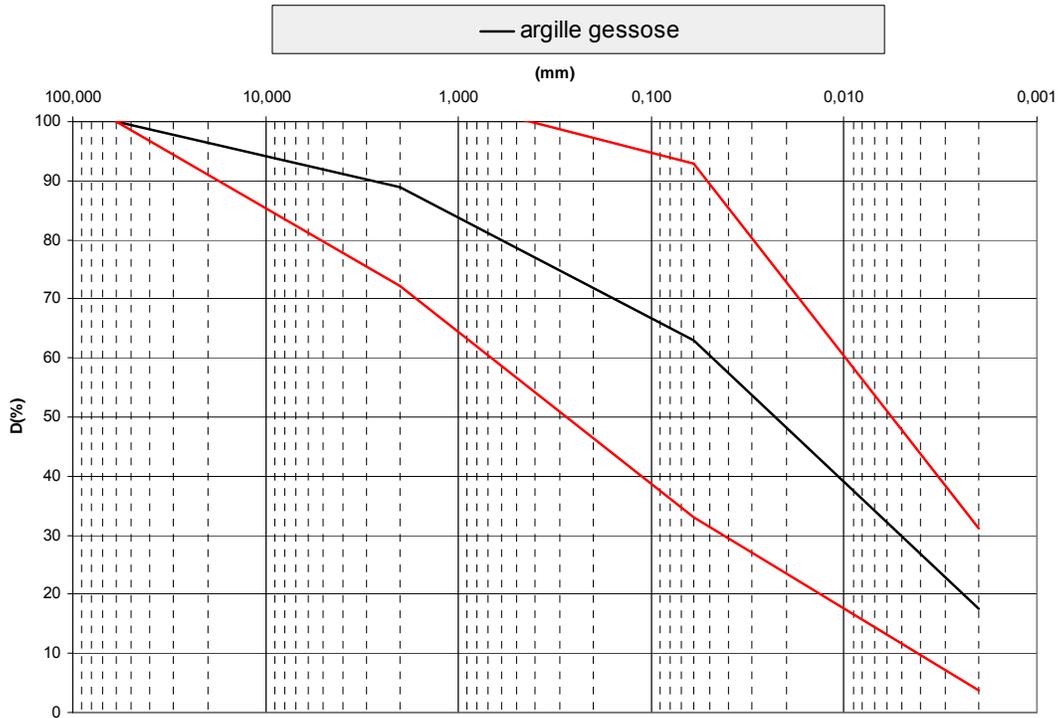
Il valore di c_s medio è pari a 0.034

Il valore di c_v medio è pari a $1.87 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

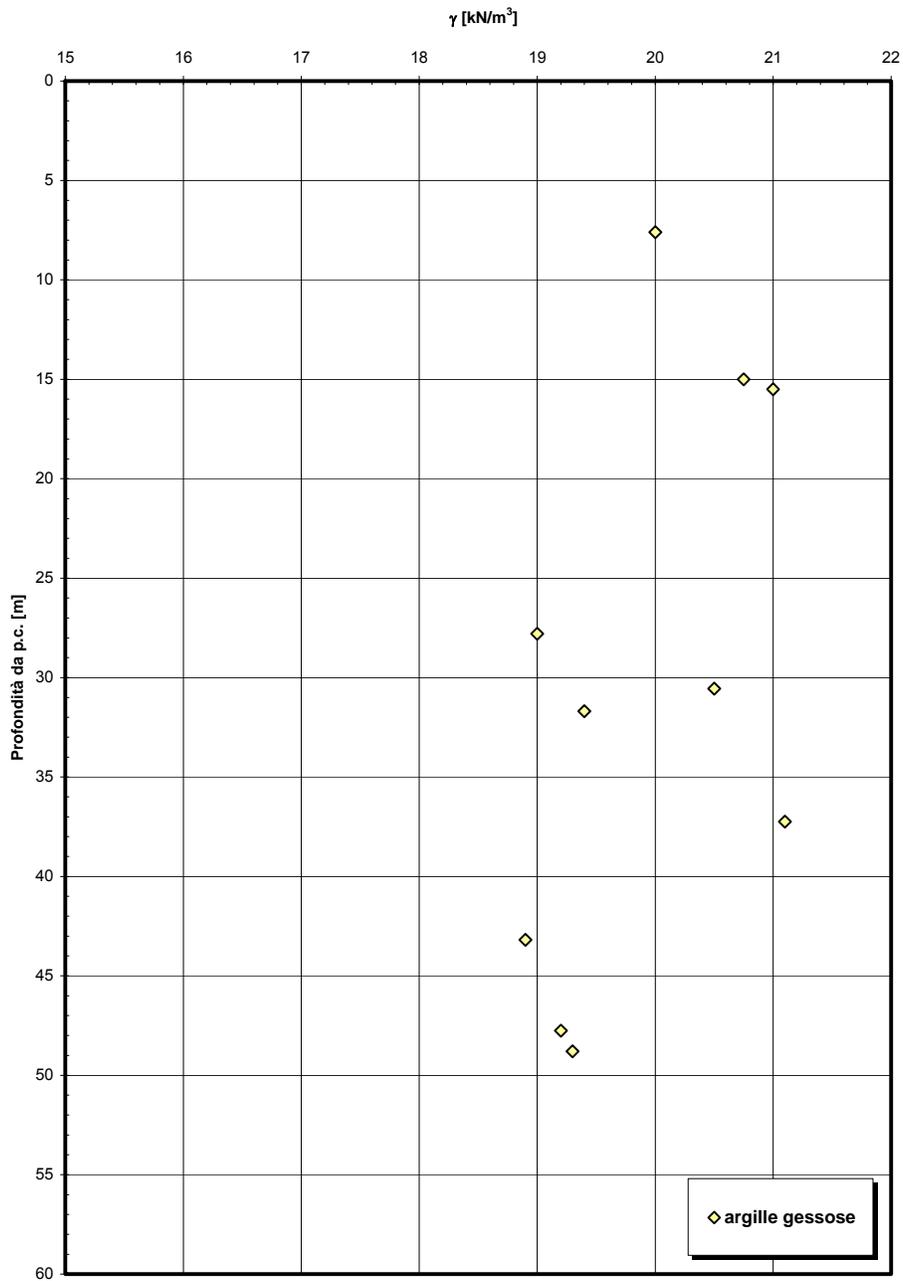
Il valore di c_α medio è pari a 1.4×10^{-3}

Per quanto concerne la permeabilità le prove edometriche non determinano il valore di K che quindi verrà stimato in base alla correlazione di Rocchi (2003): per e_L che assume un valore medio pari a 1.456 si ottiene un valore della permeabilità verticale di $1 \times 10^{-8} \text{ m/sec}$.

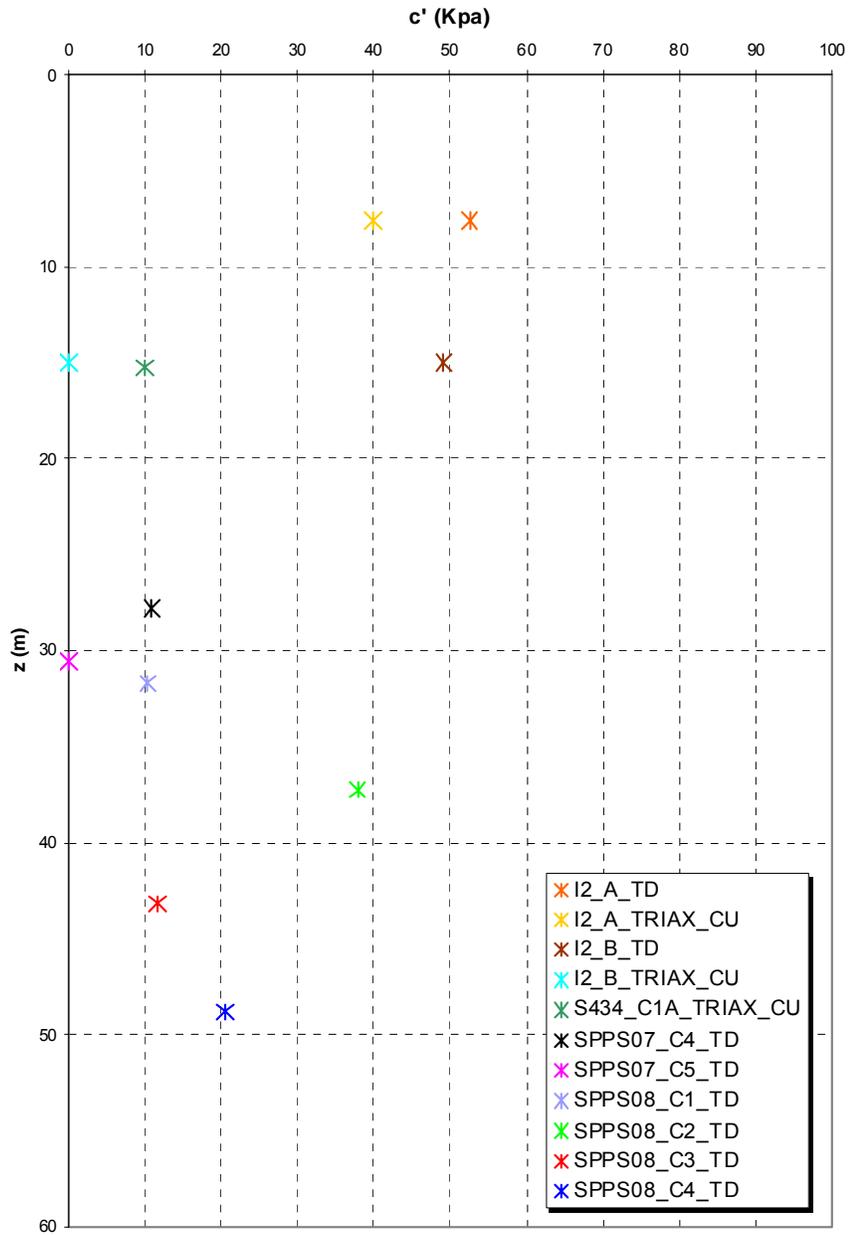
C'è da dire, però, che la permeabilità a grande scala di tale ammasso risente degli eventuali livelli più permeabili (sabbiosi, gessosi, etc,...) e quindi, considerando più rappresentativo l'esito delle prove in situ, si considerano invece valori della permeabilità (orizzontale) dell'ordine di $6 \times 10^{-7} \text{ m/sec}$.



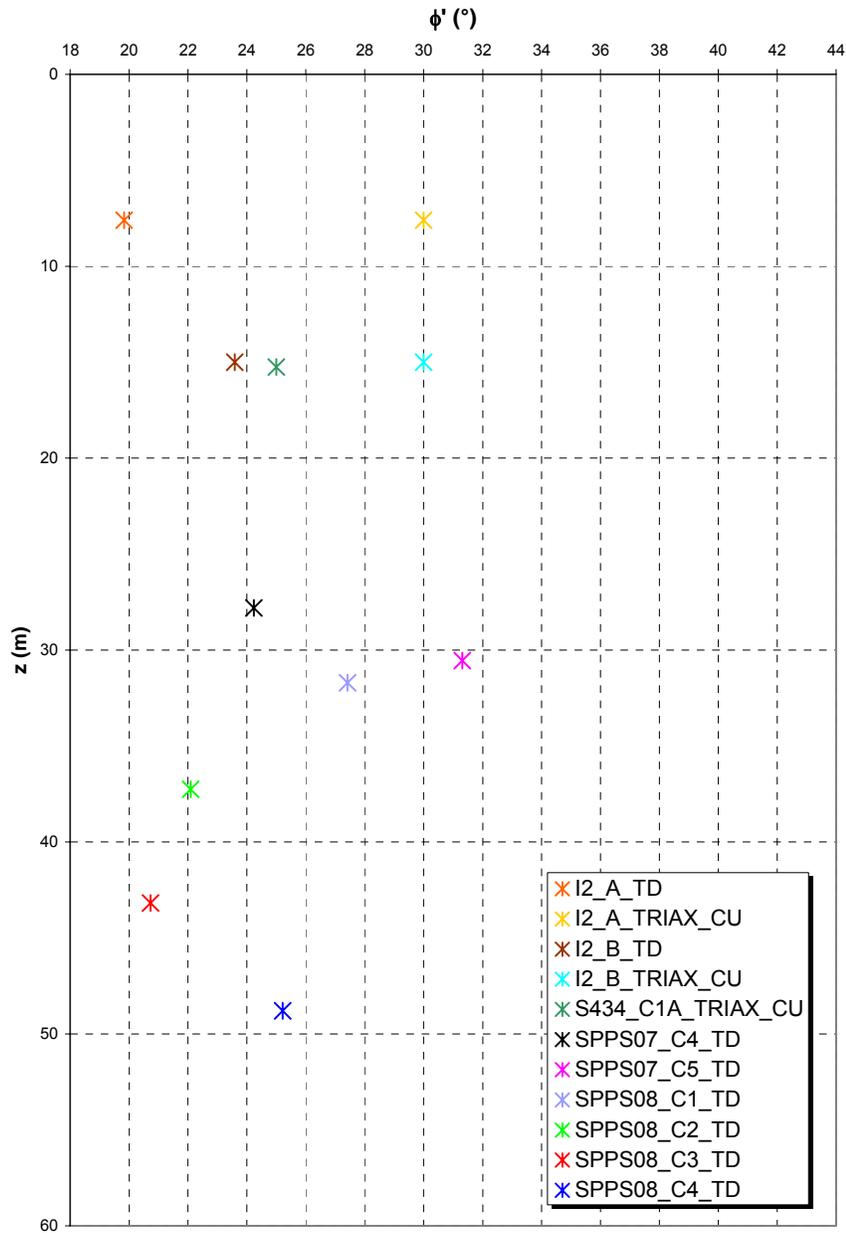
Peso di volume naturale



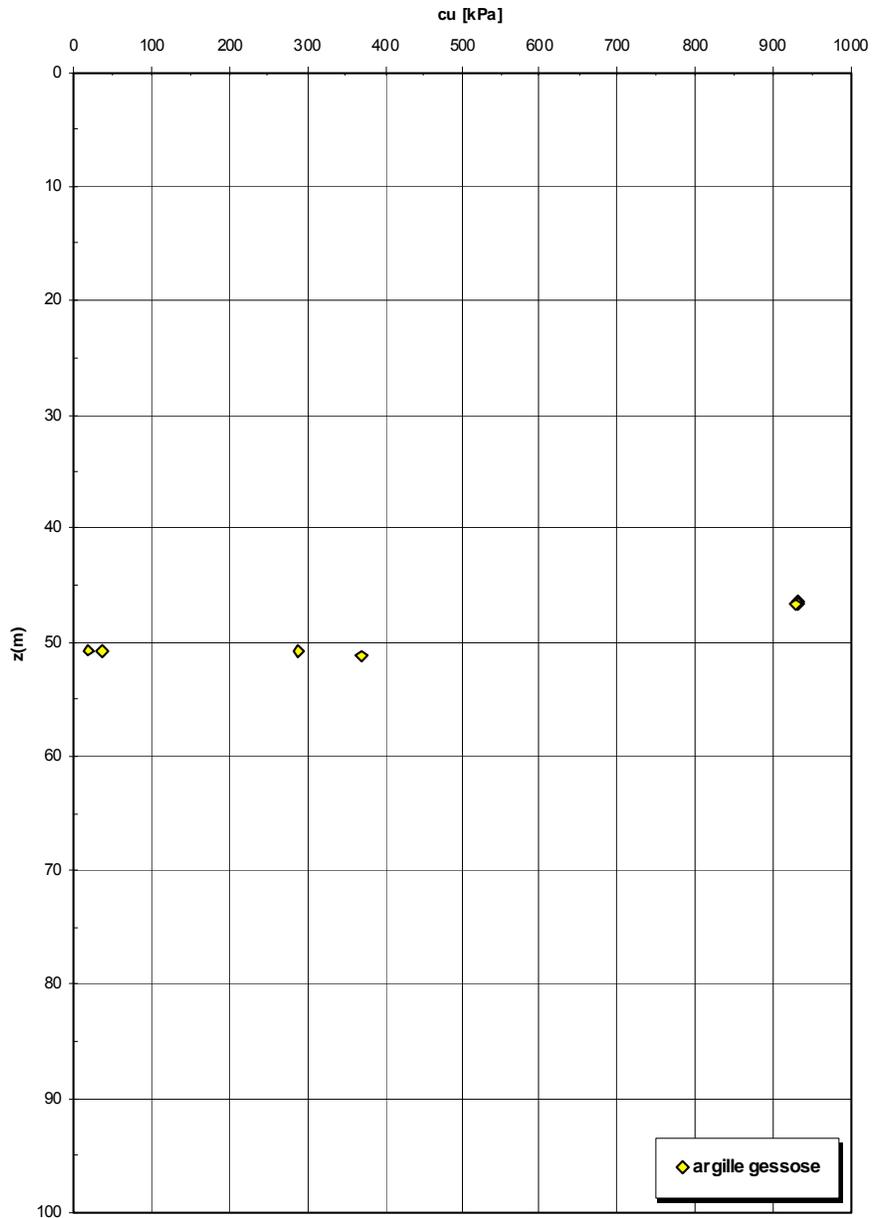
**Coesione
ARGILLE GESSOSE**



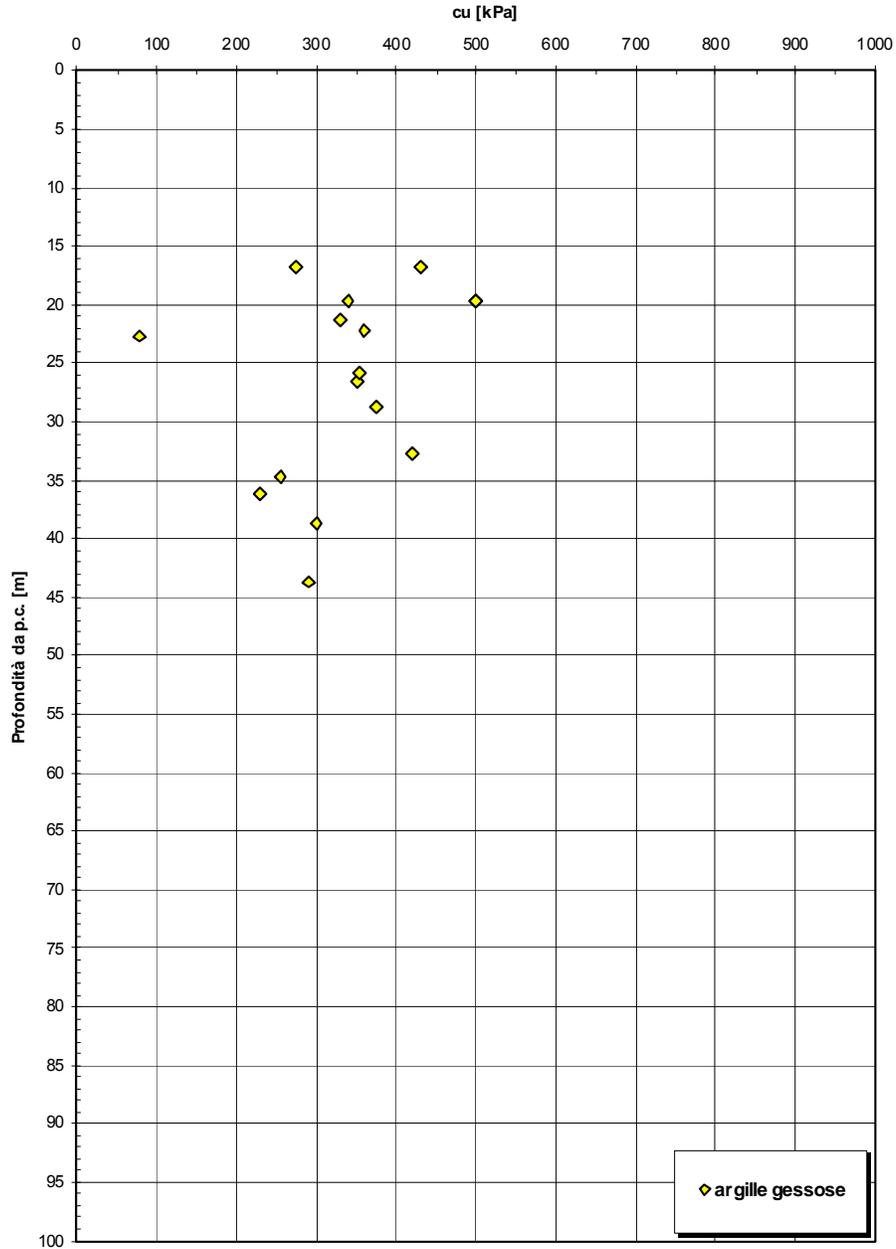
**Angolo di attrito
ARGILLE GESSOSE**



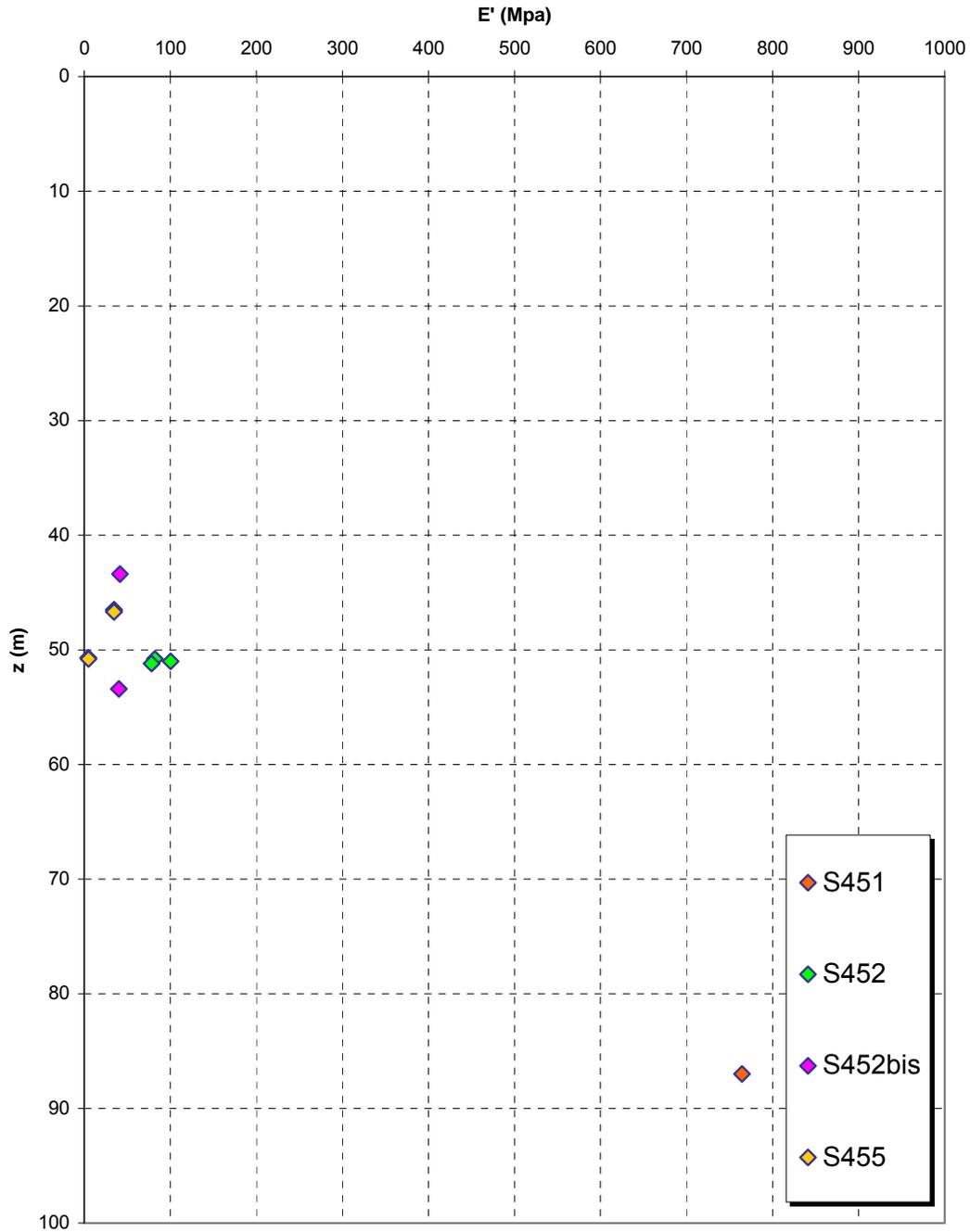
Coesione non drenata da prove pressiometriche



Coesione non drenata da prove SPT



**Prove dilatometriche
ARGILLE GESSOSE**



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

San Pier Niceto argilloso

Data l'esiguità dei sondaggi che caratterizzano la presente formazione nella tratta in esame, si fa riferimento alla caratterizzazione generale.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche il fuso granulometrico mostra che le caratteristiche sono tipiche di materiali a grana medio fine con percentuale media di sabbia al 20%, limo al 62% ed argilla al 18%. Si ha che $D_{50}=0.06$, $D_{60}=0.15$ e $D_{10}=0.001$ mm.

Per quanto riguarda i limiti di Atterberg si ha $W_n=30\%$, $W_l=50\%$, $W_p=35\%$, $IP=15\%$

Dalla carta di Casagrande la posizione corrisponderebbe a limi di medio alta plasticità.

Per il peso di volume γ si assume un valore medio di 20KN/m^3 .

Per quanto concerne le caratteristiche di resistenza non si hanno a disposizione localmente delle prove per cui si fa riferimento alle 6 prove di laboratorio (4TD e 2 CID) su campioni prelevati fra 6m e 35m in altri sondaggi (S457, S465) .

	c'_{picco} [Mpa]	ϕ'_{picco} [°]	c'_{cv} [Mpa]	ϕ'_{cv} [°]
TD (S457)	0.050-0.080	27-20	0	25-20
TRIAX (S465)	0.016-0.020	21-22	0	21

Il valore operativo è dato da:

$$c'=0.020\div 0.050 \text{ MPa}$$

$$\phi'=30^\circ\div 22^\circ$$

$$c'_{\text{cv}}=0 \text{ MPa}$$

$$\phi'_{\text{cv}}=21^\circ\div 27^\circ$$

Dalle correlazioni con i valori di N_{spt} si ottiene un valore di C_u mediamente pari a 370 MPa.

Per i parametri di deformabilità, dalle prove dilatometriche (S459bis, S453) effettuate sulla componente argillosa si evince un range del modulo pari a 55-75 Mpa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

Un valore singolo (S459bis a 54m) raggiunge invece 1000 MPa ma sembrerebbe essere stato effettuato su un livello conglomeratico che si alterna a quello argilloso.

Dalle prove di sismica a rifrazione (S454-SR3 e SR5 e S434-SR2) si ottengono valori medi di velocità Vs ascrivibili all'intero pacchetto del San Pier Niceto argilloso molto elevate e pari a 800 e 1500 m/s fra 20 e 50m di profondità.

A tali valori corrisponderebbe un range di moduli G_0 pari a 1100 e a 4600 MPa, e quindi di E_0 pari a 2640 e a 11000 MPa con $E'=264-1100$ MPa e $1100-3670$ MPa (rispettivamente pari a $1/10 E_0$ ed $1/3 E_0$).

Si ritiene cautelativo assumere, per la sola facies prettamente argillosa, un modulo operativo pari a:

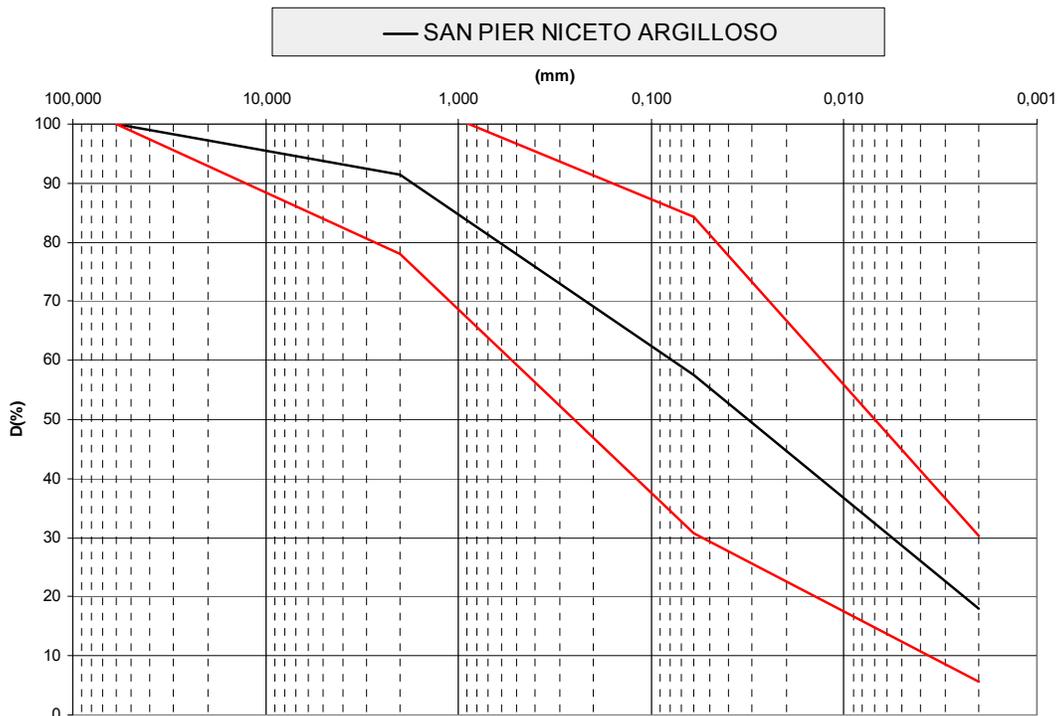
$E' = 70 \div 120$ MPa

compatibili rispettivamente con:

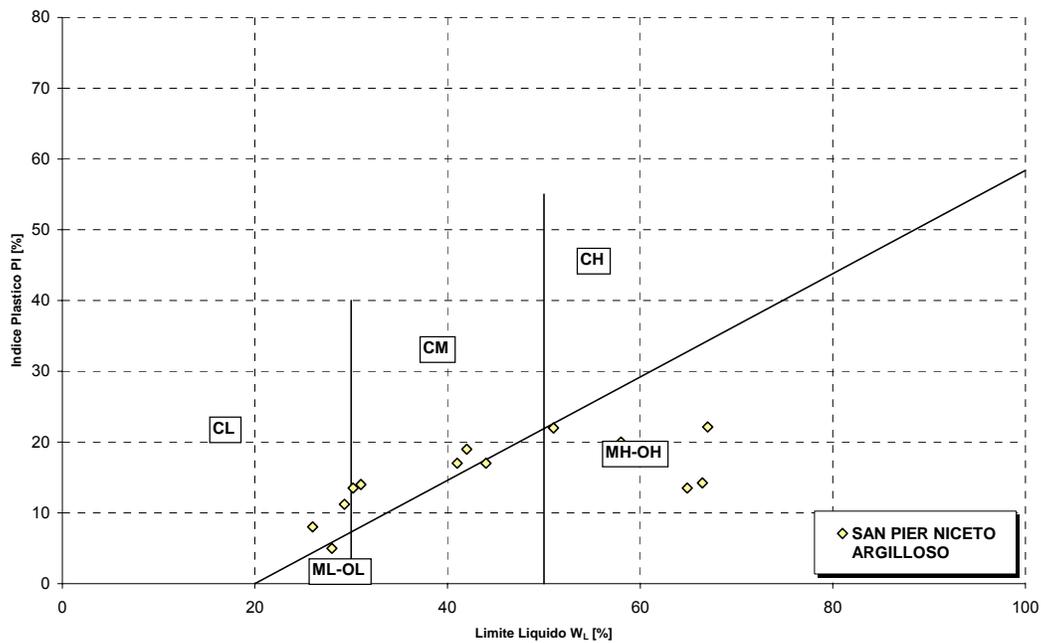
$E' = 200$ Cu (valore minimo)

$E' = 400$ Cu (valore massimo)

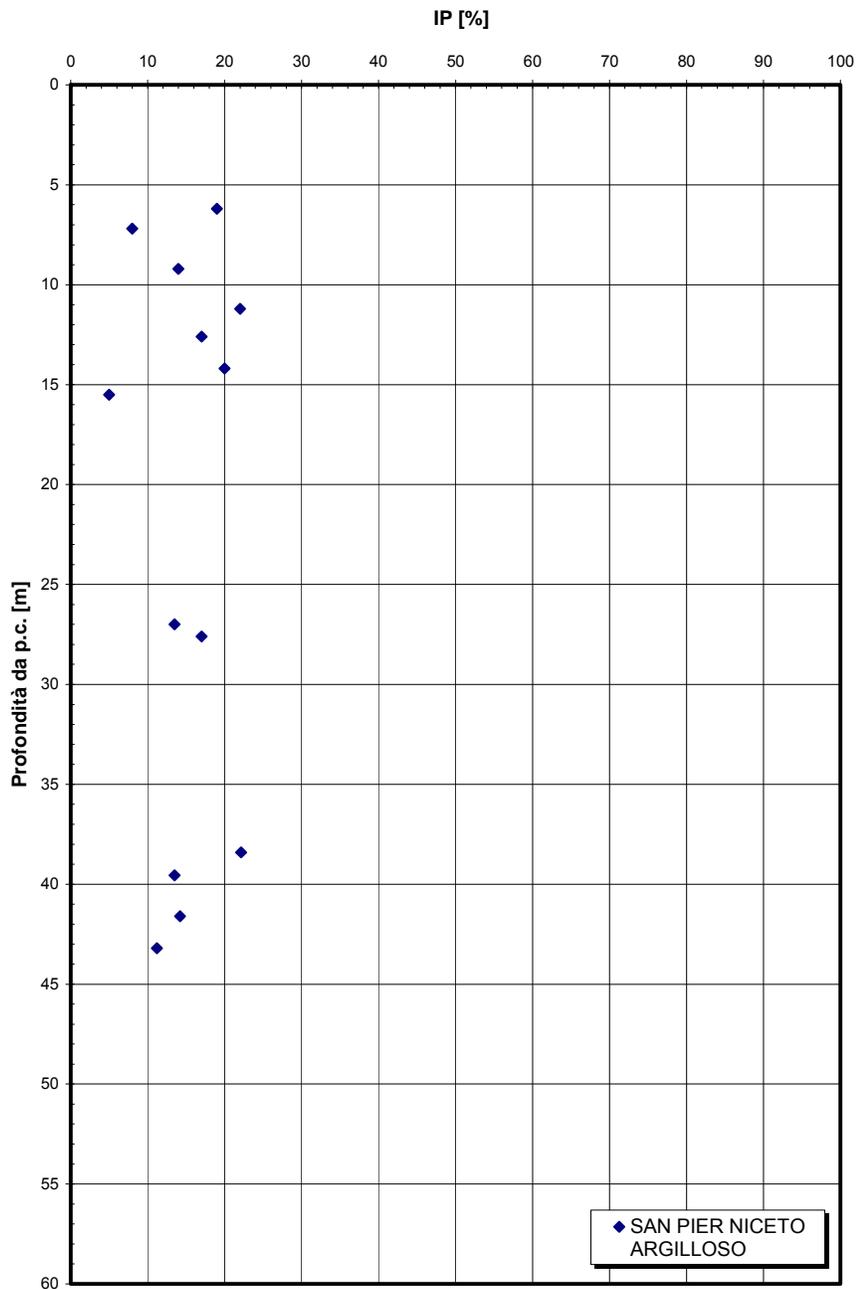
avendo posto un valore cautelativo di $Cu = 300$ Kpa



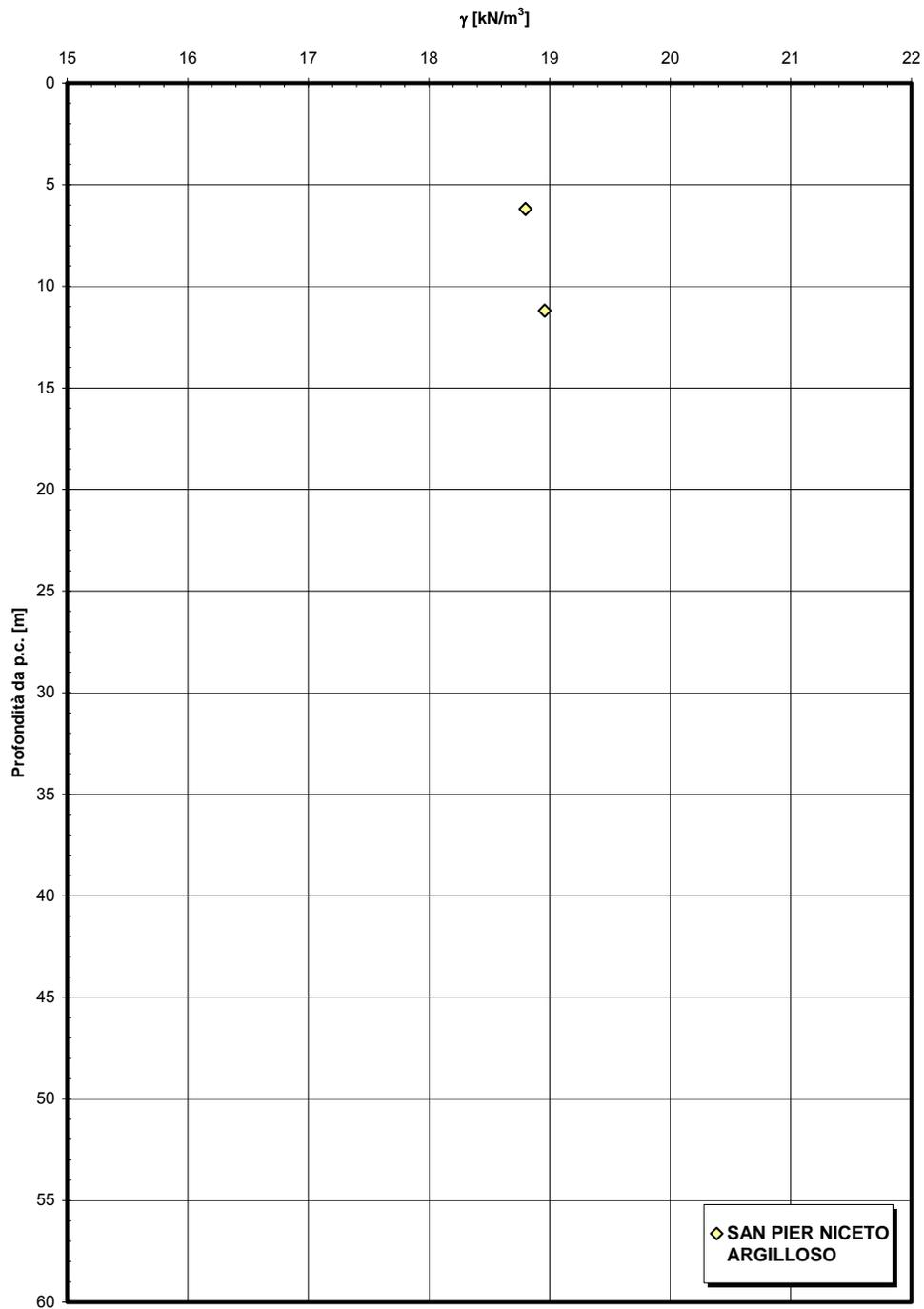
Carta di Plasticità di Casagrande



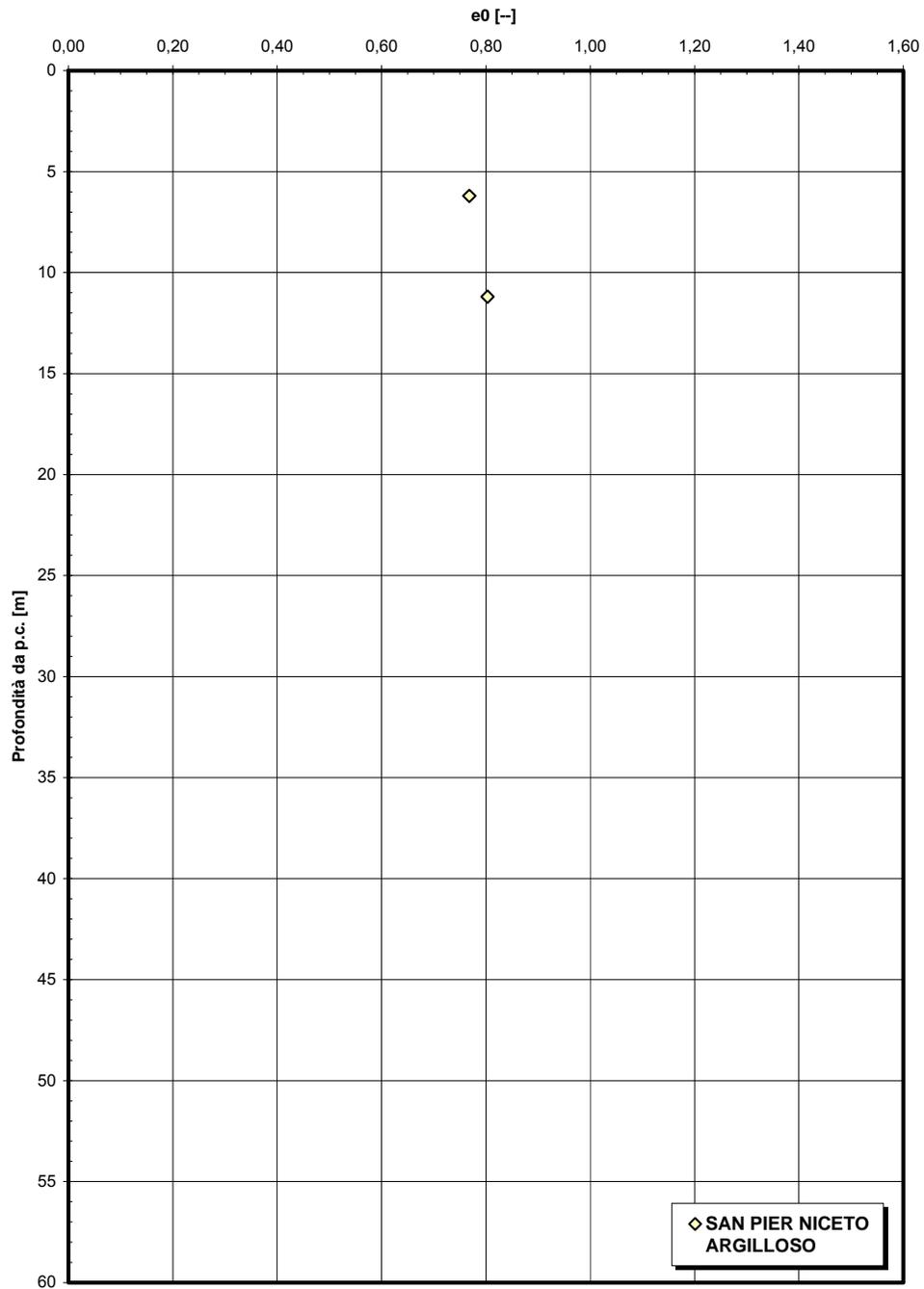
Indice di plasticità



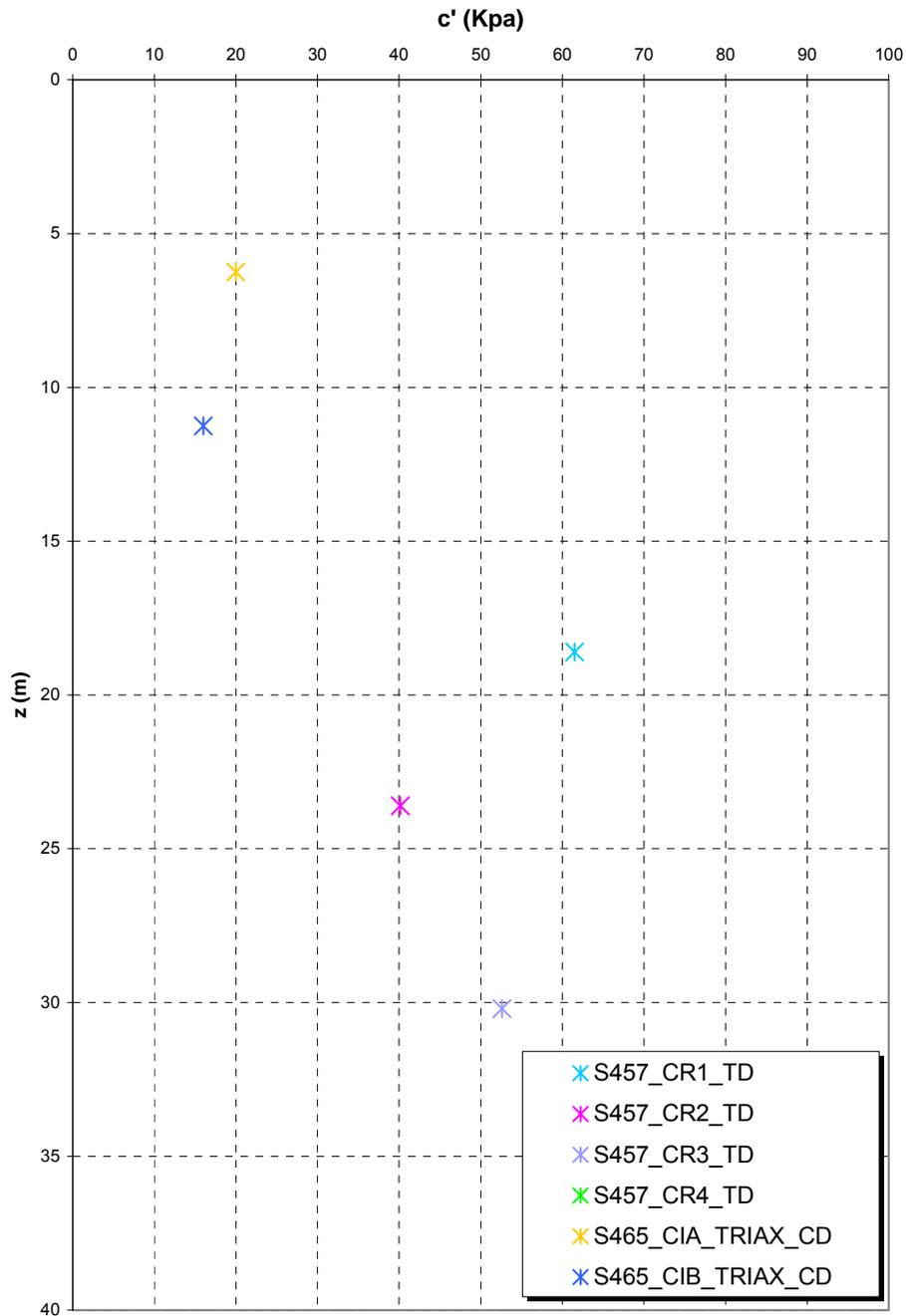
Peso di volume naturale



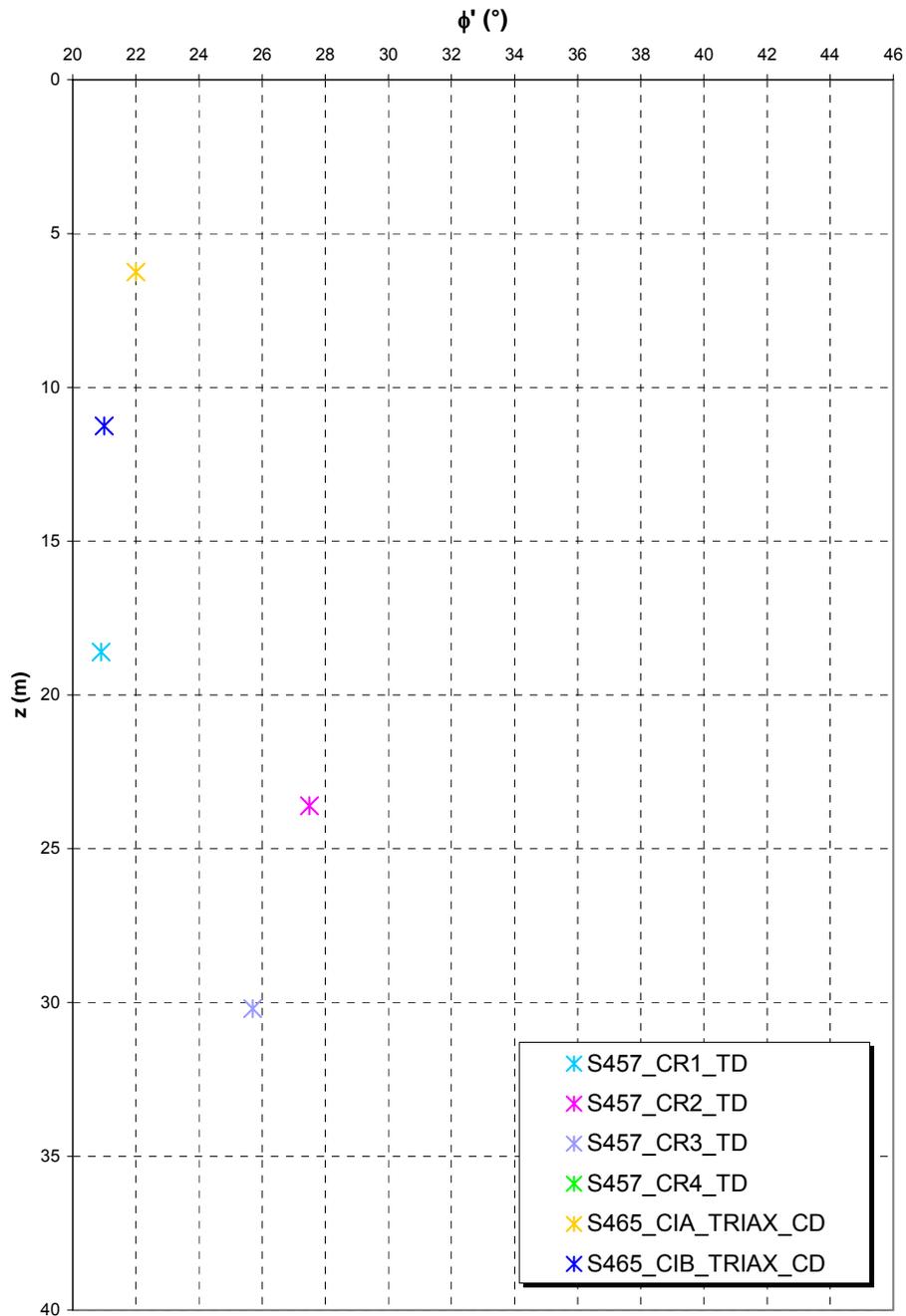
Indice dei vuoti iniziale



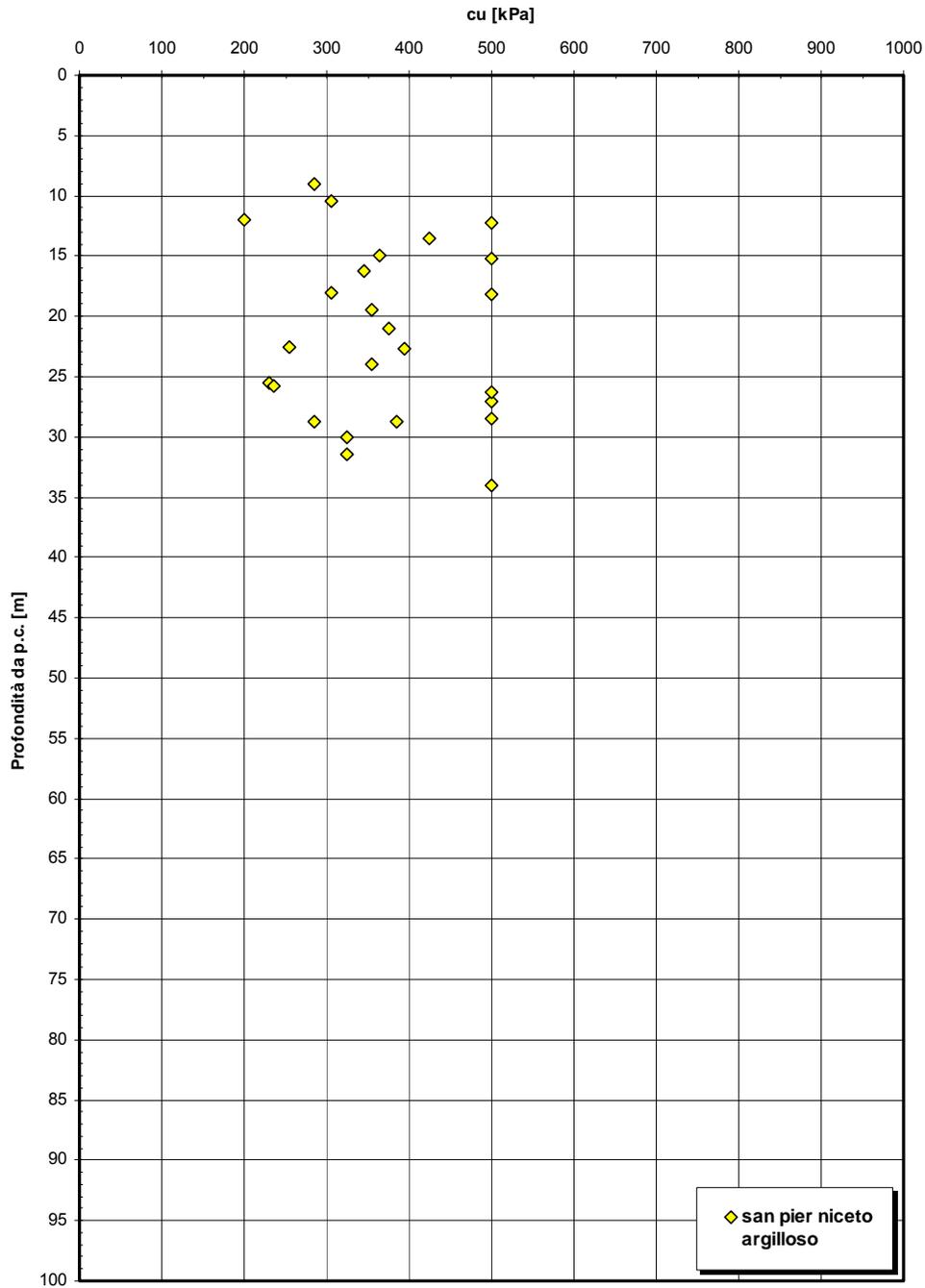
**Coesione
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**

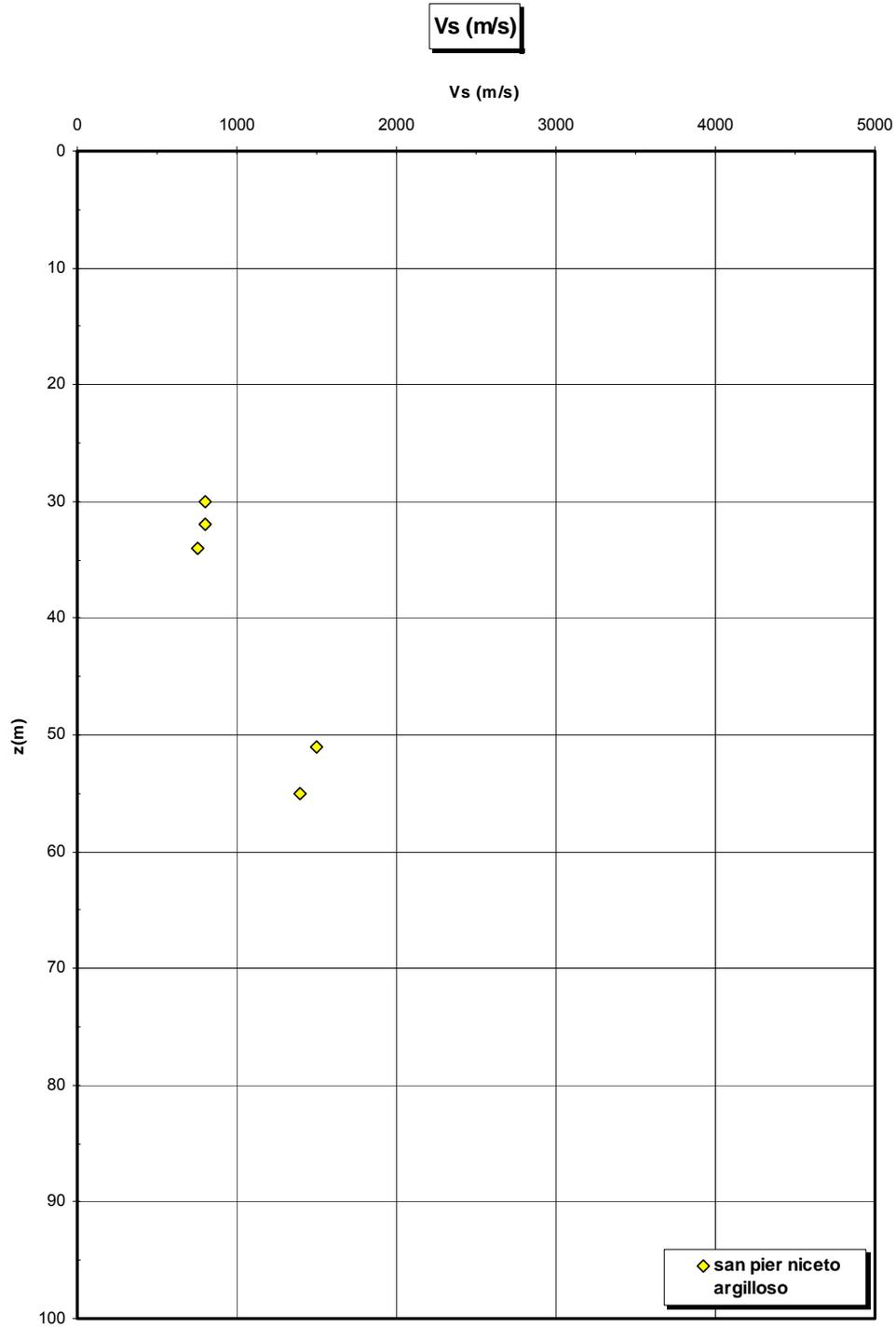


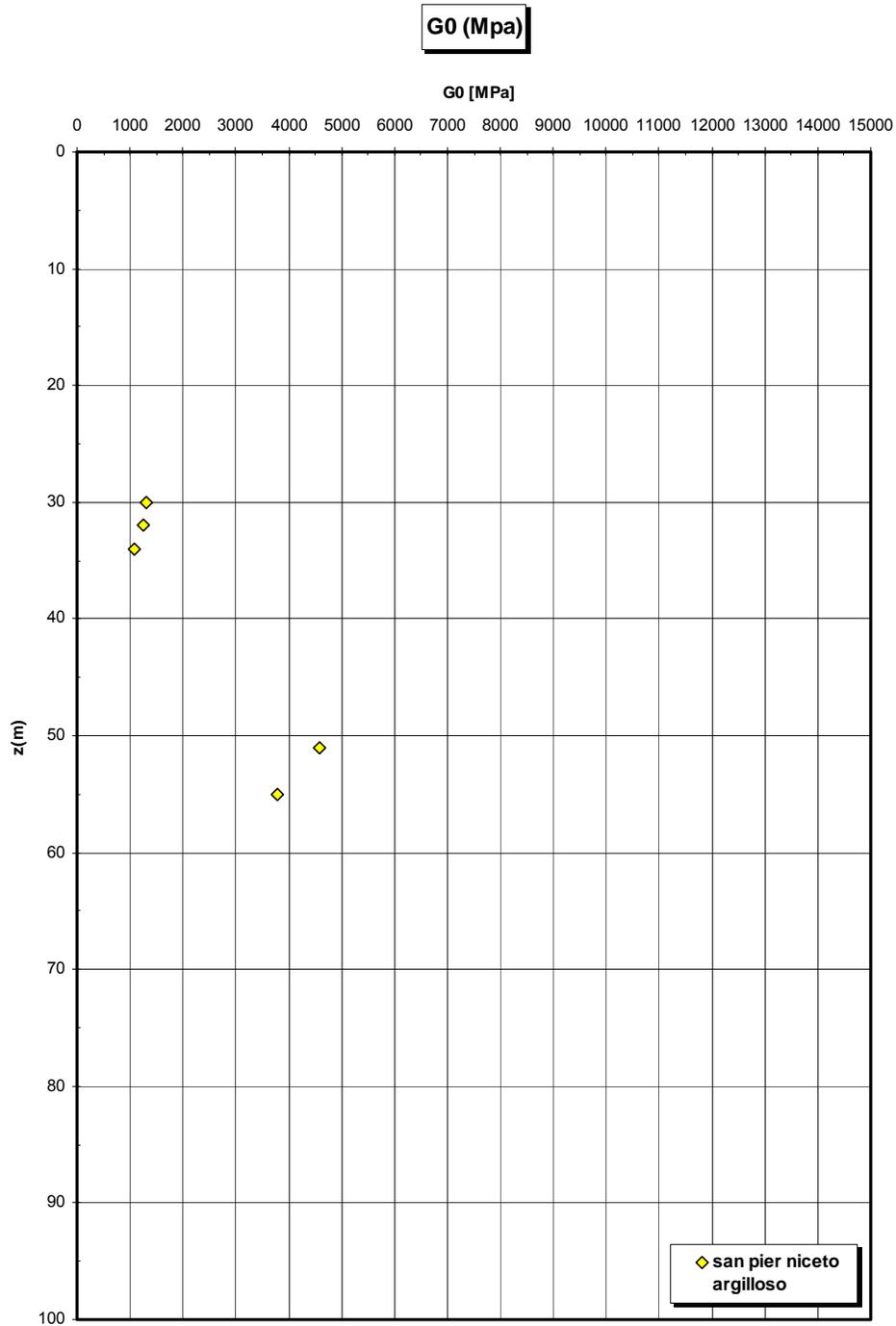
**Angolo di attrito
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**



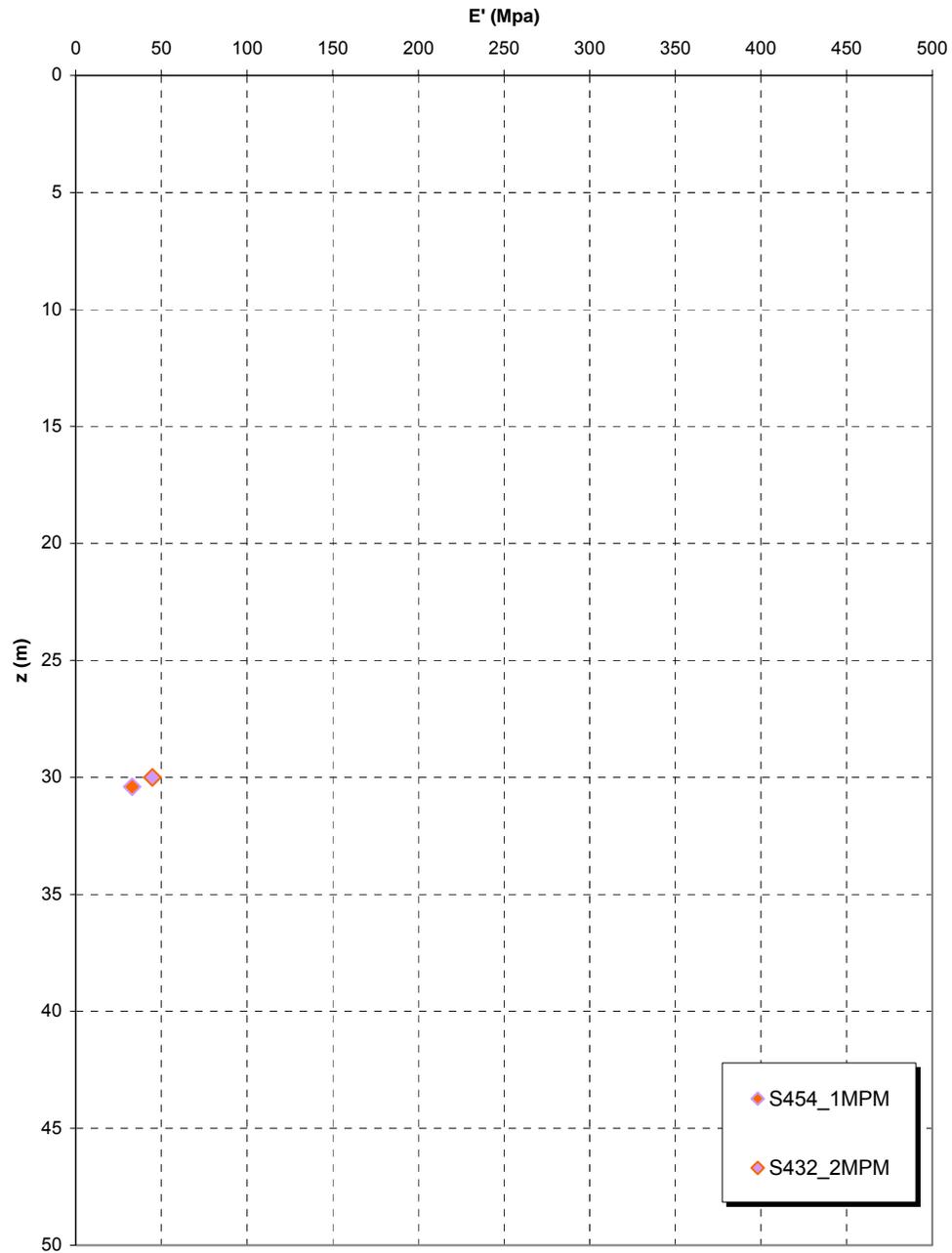
Coesione non drenata da prove SPT



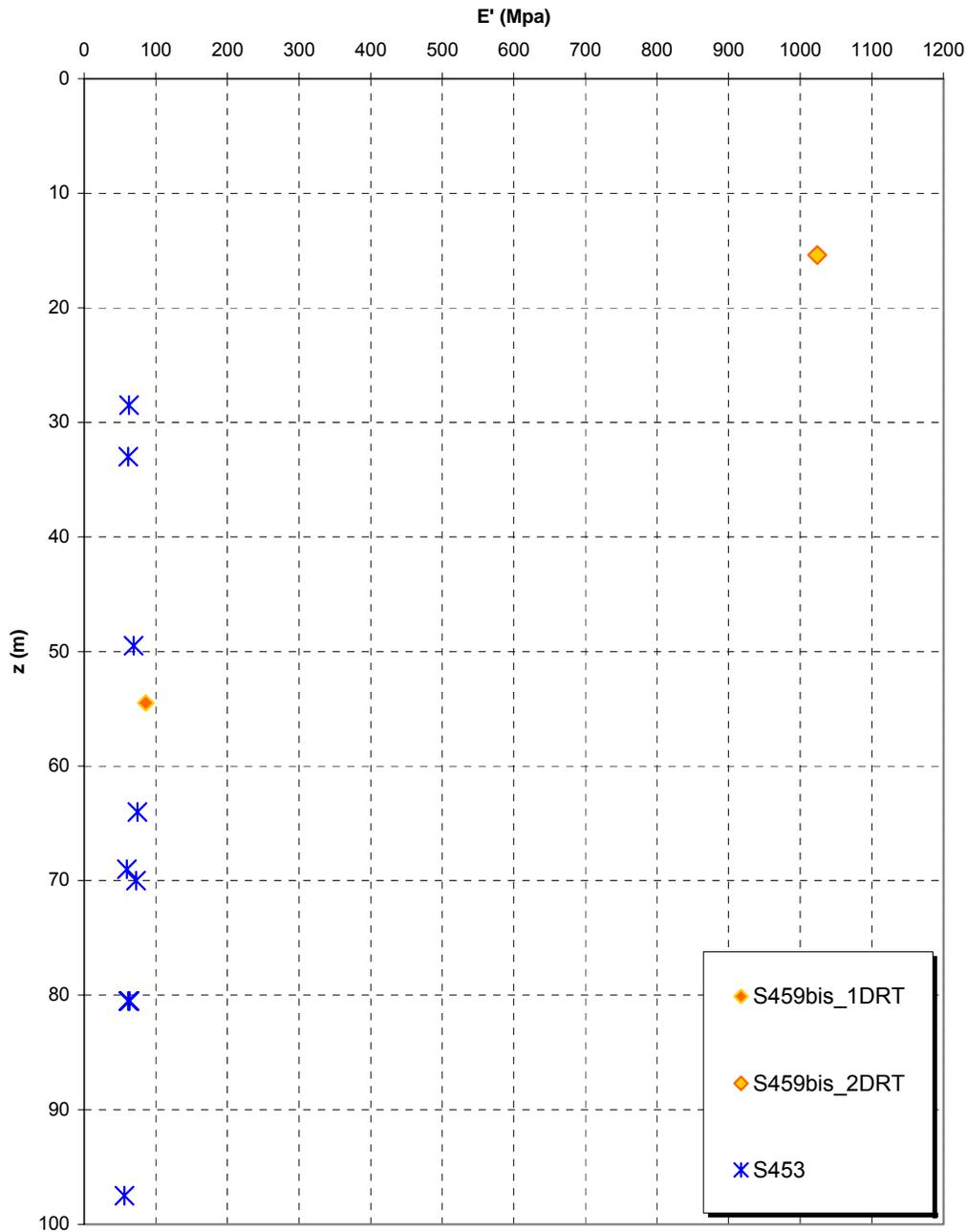




**Prove pressiometriche
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**



**Prove dilatometriche
SAN PIER NICETO ARGILLOSO**



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

4.2.4 Parametri principali assunti

La stratigrafia assunta per le verifiche geotecniche è estrapolata dal profilo geotecnico generale e così riassunto:

da p.c a -14,00 m depositi alluvionali

da -14,00 a -42,00 m calcari brecciati

da -42,00 a -61,00 m argille gessose

la quota della falda è assunta a -10,00 m dal piano campagna.

Parametri principali assunti – DEPOSITI ALLUVIONALI

Peso di volume $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Peso di volume saturo $\gamma_s = 26,5 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito interno $\phi' = 38^\circ$ (prudenziale limite massimo)

Angolo di attrito terreno – palo $\phi' = 38^\circ$

Modulo deformazione elastico (z=6 m) $E' = 50 \text{ MPa}$

Parametri principali assunti – CALCARI BRECCIATI

Peso di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

Peso di volume saturo $\gamma_s = 27 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito interno $\phi' = 27^\circ$

Angolo di attrito terreno – palo $\phi' = 27^\circ$

Modulo deformazione elastico $E' = 130 \text{ MPa}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad:

a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica;

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

A tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante

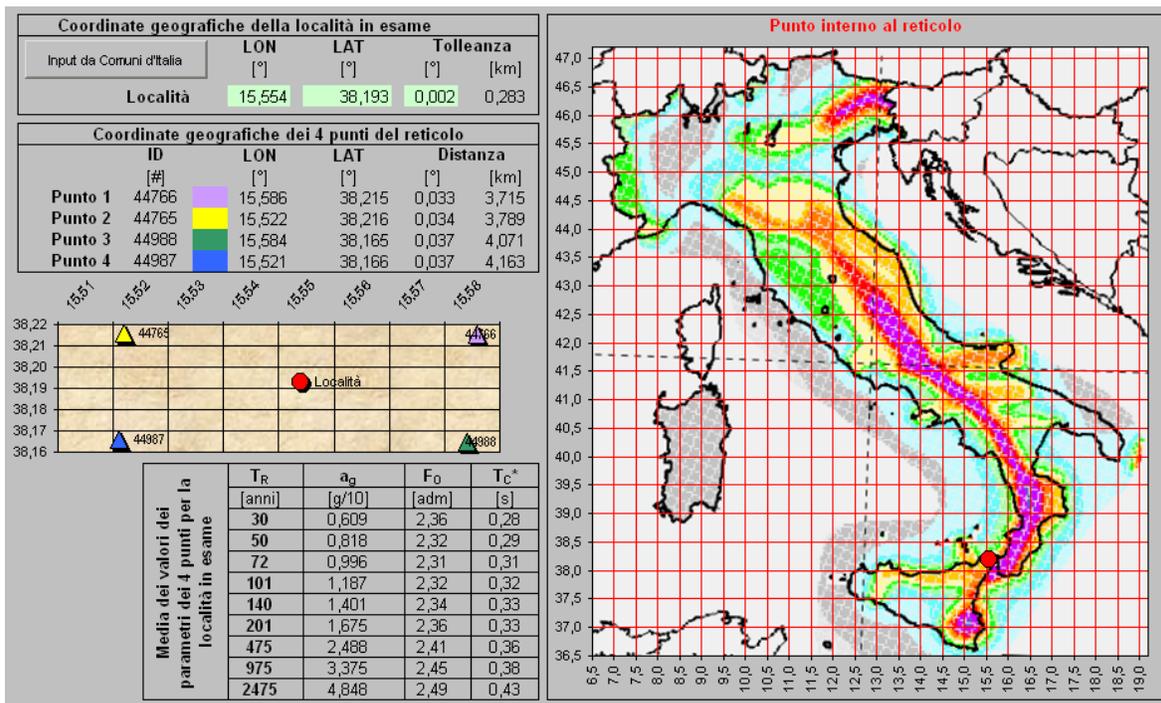
l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{200}{\ln(1 - 0.1)} = 1.898 \text{ anni}$$

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC.

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine. L'accelerazione al sito a_g è espressa in g/10; F_0 è adimensionale, T_C^* è espresso in secondi.

Nel seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri che caratterizzano il Comune di Messina:



4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

4.4.1 Verifiche di resistenza

Le verifiche delle sezioni più sollecitate sono state condotte seguendo le prescrizioni del D.M.14/01/08 e seguendo le indicazioni della norma UNI EN 1992-2005.

Più specificatamente la verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto della verifica agli stati limite ultimi, e delle verifiche nei riguardi della fessurazione e delle tensioni di esercizio.

4.4.1.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi

Si è verificato che il valore di progetto degli effetti delle azioni, ovvero delle sollecitazioni flettenti M_d sia minore dei corrispondenti momenti resistenti M_r delle sezioni di progetto.

La verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

Le combinazioni e i coefficienti moltiplicativi delle singole azioni vengono definiti in base a quanto indicato nel D.M. 14 gennaio 2008.

Per quanto riguarda le verifiche a taglio ultimo, si è fatto riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 "Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti" del D.M. 14 gennaio 2008.

4.4.2 Verifiche agli stati limite di esercizio

4.4.2.1 Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità crescente si distinguono i seguenti stati limite:

- a) stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0 ;
- b) stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2}$$

- c) stato limite di apertura delle fessure nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE		<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011

$w_1 = 0,1 \text{ mm}$

$w_2 = 0,2 \text{ mm}$

$w_3 = 0,3 \text{ mm}$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

4.4.2.2 Condizioni ambientali

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni ordinarie.

4.4.2.3 Sensibilità delle armature alla corrosione

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso. Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari. Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili si può tener conto della loro minor sensibilità alla corrosione.

4.4.2.4 Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella tabella sottostante sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE		<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011

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

4.4.2.5 Verifiche allo stato limite di fessurazione

Stato limite di decompressione e di formazione delle fessure

Le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE		<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011

Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non deve superare i valori nominali w_1, w_2, w_3 secondo quanto riportato nella Tabella sopra riportata.

Il valore caratteristico di calcolo è dato da:

$$w_d = 1,7 \cdot w_m$$

dove w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure w_m è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ε_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ε_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica. ε_{sm} può essere calcolato tenendo conto dell'effetto del "tension stiffening" nel rispetto della limitazione:

$$\varepsilon_{sm} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

con σ_s tensione nell'acciaio dell'armatura tesa (per sezione fessurata) nelle condizioni di carico considerate ed E_s è il modulo elastico dell'acciaio.

4.4.2.6 Verifiche delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck} \quad \text{per la combinazione caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} \quad \text{per la combinazione caratteristica quasi permanente.}$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

Per l'acciaio la tensione massima, σ_s , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk}$$

4.4.3 Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Nel presente progetto è stata verificata la combinazione di carico sismica con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV): a seguito del terremoto la struttura subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; mentre conserva invece una parte della esistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

4.4.3.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto, l'opera ricade all'interno del tipo di costruzione: "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali" (paragrafo 2.4 delle 'Nuove Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 14 gennaio 2008'). La vita nominale si assume pertanto pari a **$V_N = 50$ anni**.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

4.4.3.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un'eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla Classe II: ostruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.....”

Il coefficiente d'uso si assume pertanto pari a $c_U = 1,0$ anni.

4.4.3.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso.

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 2 = 100 \text{ anni}$$

Le probabilità di superamento P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, sono pari al 10% nel caso dello stato limite SLV.

4.4.3.4 Classificazione sismica del terreno

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in accordo con le NTC, si fa riferimento all'approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Le simiche a rifrazione effettuate in località La Giostra (SR5-S454) in un contesto litostratigrafico simile forniscono una categoria di suolo variabile tra **B** ($V_{s30}=410\text{m/s}$) e **C** ($V_{s30}=300\text{m/s}$).

Prudenzialmente si assume quindi una tipologia di terreno di categoria **C**.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA DELLE OPERE	<i>Codice documento</i> ST0189_F0	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 05/04/2011	

5 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nell'eseguire le verifiche relative all'opera di cui alla presente relazione si fa riferimento ai seguenti elaborati:

CG0700	P	RG	D	S	CS	2S	G0	00	00	00	03	B
CG0700	P	SH	D	S	CS	2S	G0	00	00	00	02	B
CG0700	P	CL	D	S	CS	2S	G0	00	00	00	02	B
CG0700	P	P8	D	S	CS	2S	G0	00	00	00	03	B
CG0700	P	PA	D	S	CS	2S	G0	00	00	00	22	B
CG0700	P	SZ	D	S	CS	2S	G0	00	00	00	05	B