



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE

MAGISTRATO ALLE ACQUE

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

LEGGE 29/11/1984 N. 798

CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04.10.1991

ATTI ATTUATIVI 7395 DEL 23.11.1993 E 8149 DEL 10.05.2006

INTERVENTI PER L'ARRESTO E L'INVERSIONE
DEI PROCESSI DI DEGRADO DELLA LAGUNA








CONCESSIONARIO: CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DEL CANALE INDUSTRIALE SUD A PORTO MARGHERA 4° STRALCIO – SPONDA SUD E DARSENA TERMINALE LOTTO 9 (SPONDA ALCOA)

PROGETTO ESECUTIVO DI MESSA IN SICUREZZA

RELAZIONE GEOTECNICA

Gennaio 2008

COORDINAMENTO	PROGETTAZIONE	
 CONSORZIO VENEZIA NUOVA Ing. JOHANN STOCKER Verif.:  Contr.: 	 Protecno s.r.l. – Padova Direttori tecnici: Prof. Ing. A. Adam Dott. Ing. C. Comola  Collaboratori: Dott. Ing. A. Venuti	 STUDIO ALTIERI S.p.A. Responsabile della progettazione: Dott. Ing. Guido Zanovello  Direttore tecnico: Dott. Ing. Everardo Altieri

149023R0102-1EE M0016 EB RLA 0002

RELAZIONE GEOTECNICA

INDICE

1.	INTRODUZIONE	pag.	3
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	“	4
3.	INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI	“	5
	3.1 Sondaggi geognostici	“	6
	3.2 Prove penetrometriche statiche con piezocono tipo CPTU	“	8
	3.3 Prove di laboratorio	“	10
4.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEI TERRENI INDAGATI	“	18
5.	PARAMETRI GEOTECNICI	“	23
6.	STRATIGRAFIE DI PROGETTO	“	25
7.	BIBLIOGRAFIA	“	38

ALLEGATO 3 – Planimetria e profili stratigrafici

RELAZIONE GEOTECNICA

1. INTRODUZIONE

A Venezia Marghera, nell'ambito degli interventi per l'arresto e l'inversione dei processi di degrado, è stata programmata la realizzazione di un nuovo fronte banchina, comprendente degli accorgimenti costruttivi necessari all'isolamento delle acque superficiali e delle acque sotterranee dei primi acquiferi dalle acque interne al canale.

La presente relazione geotecnica si basa sui risultati dei precedenti studi condotti in sede preliminare, integrandoli con i dati ottenuti da una nuova ampia campagna di indagini geognostiche comprendente sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati e disturbati, prove di laboratorio, prove penetrometriche con piezocono condotte a terra e nell'alveo del canale.

Le nuove indagini sono estese anche alle sponde ovest e nord della darsena, zona non compresa negli studi geotecnici preliminari condotti nel 2001.

Con la presente fase di studio si giunge alla definizione di livello esecutivo della successione litostratigrafica ed alla caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti nel sottosuolo dell'allineamento individuato dal margine meridionale del suddetto canale industriale; viene inoltre operata la suddivisione del fronte banchina in zone omogenee ai fini dell'esecuzione delle verifiche di calcolo necessarie al dimensionamento esecutivo delle opere di banchinamento e delle infrastrutture di esercizio ad esse correlate.

RELAZIONE GEOTECNICA

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

I litotipi costituenti l'intera serie stratigrafica superficiale, oggetto degli interventi in progetto, appartengono per la porzione più superficiale ai **depositi dei sedimenti lagunari – costieri** di età olocenica costituiti in ordine deposizionale (dal basso verso l'alto) da: limi con noduli di “Caranto”, sabbie oloceniche, argille grigio-azzurre o verdi, argille con vegetali e torbe di copertura.

La porzione terminale di copertura della successione stratigrafica attuale è stata oggetto di numerosi interventi di colmata e di sopralzo della quota naturale.

Detti riempimenti sono stati eseguiti sia con materiali provenienti dallo scavo o ripristino di canali limitrofi, sia con materiali provenienti da accumuli di svariato genere correlati alle attività industriali sviluppatesi nell'area circostante la banchina in esame.

I depositi lagunari costieri sono sovrapposti ai preesistenti **sedimenti continentali** di età pleistocenica a loro volta costituiti, dal fondo della serie verso la superficie, da: sabbie e limi, limi, argille limose compatte, argille limose, argille limose e limi argillosi molto compatti “Caranto” .

I litotipi continentali sono riferibili all'ambiente deposizionale della foce del Fiume Brenta, che ha dato luogo alle “Alluvioni Recenti” , i depositi lagunari costieri rappresentano l'alternanza degli ambienti deposizionali costituiti principalmente da sedimenti fini propri della laguna interna, a questi si interdigitano sedimenti sabbiosi e sabbioso-limosi correlati all'ambiente costiero sabbioso con barene.

Dal punto di vista dell'evoluzione geomorfologica e antropica dell'area in esame sono da evidenziarsi la preesistenza di un ambiente di transizione fra piccole lagune interne e terre emerse variamente intersecate da canali naturali e, nei tempi più recenti, dalla preesistenza all'interno dell'area di interesse della struttura in progetto degli allineamenti trasversali alle direzioni principali dell'opera costituiti dagli scavi artificiali dei Canali Brenton e Bondante di Sopra, in seguito dismessi e colmati nelle fasi di bonifica dell'intera area industriale.

RELAZIONE GEOTECNICA

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

Lo sviluppo longitudinale dell'opera lungo la sponda sud del canale industriale sud raggiunge approssimativamente 3.3 km. A tale estensione si aggiungono le aree situate a ovest e a nord della darsena, non inserite negli studi preliminari di definizione geologico-geotecnica effettuati nel 2001.

Le indagini geognostiche disponibili e utilizzate per la definizione stratigrafica sono:

A) le indagini disponibili all'atto dello studio di relazione geotecnica preliminare, consistenti in:

- n. 7 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti a profondità comprese fra 5 e 25 m;
- n. 6 prove penetrometriche statiche con piezocono tipo CPTU;
- alcune analisi di laboratorio eseguite su campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati nei sondaggi di cui sopra.

B) le indagini integrative finalizzate alla progettazione esecutiva dell'opera, condotte in situ tra settembre 2001 e febbraio 2002, consistenti in:

- n. 32 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti a profondità comprese fra 6 e 30 m dal piano campagna;
- n. 62 prove penetrometriche statiche con piezocono tipo CPTU;
- analisi di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati nei sondaggi.

Il posizionamento delle verticali di indagine eseguite e considerate nella presente relazione viene riportato nell'Allegato 3 della presente relazione, nella tavola T1.

RELAZIONE GEOTECNICA

3.1 Sondaggi geognostici

Le diverse campagne geognostiche condotte hanno portato complessivamente alla realizzazione di 39 sondaggi geognostici la cui collocazione risulta significativa per la caratterizzazione stratigrafica locale lungo lo sviluppo della banchina in esame.

I sondaggi sono stati eseguiti adottando il metodo di perforazione a rotazione, con carotaggio continuo a secco tramite carotiere semplice del diametro di 101 mm e rivestimento 127/160 mm.

Nella seguente tabella 3.1.I sono riportate le principali informazioni inerenti a tali sondaggi.

In tabella sono inseriti i valori di progressiva dei sondaggi, riferiti agli assi indicati in figura 3.1 e in allegato 3 (Planimetria e profili stratigrafici). Si considerano un asse di riferimento per le sponde nord e ovest della darsena (progressive contrassegnate con la lettera “D”) ed un asse per la sponda sud del Canale Industriale.

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici della campagna 2001/2002 sono stati prelevati in modo continuo sull'intera area campioni indisturbati e rimaneggiati. Su tali campioni sono state eseguite le prove descritte nel successivo paragrafo 3.3.

RELAZIONE GEOTECNICA

Sigla	Campagna (anno)	Progr. (m)	Prof. (m)
SC	1996	520	25
S30	1996	630	10
SE	1996	830	25
S1	1996	1500	20
S10	1993	1770	5
S9	1993	1840	5
S6	1996	1880	15
S1 Pz1	2001/2002	D 85	30
S2 Pz2	2001/2002	D 190	30
SS1 PZ23	2001/2002	D 410	6
S4	2001/2002	D 510	30
SS2 PZ24	2001/2002	10	6
S5 Pz3	2001/2002	105	30
S6 Pz4	2001/2002	255	30
S7 Pz5	2001/2002	435	30
SS3 PZ25	2001/2002	590	6
SS 3bis	2001/2002	690	6
S8 Pz6	2001/2002	755	30
S9 Pz7	2001/2002	920	30
S10 Pz8	2001/2002	1035	24
S12 Pz10	2001/2002	1330	30
SS4 PZ26	2001/2002	1415	30
S13 Pz11	2001/2002	1515	30
S14 PZ28	2001/2002	1750	6
S15 Pz32	2001/2002	1950	24
S16 Pz12	2001/2002	2060	30
S17	2001/2002	2160	30
S18 Pz14	2001/2002	2255	30
S30 Pz33	2001/2002	2325	30
S19 Pz15	2001/2002	2375	30
S21 Pz17	2001/2002	2780	30
SS6PZ29	2001/2002	2845	6
S22 Pz18	2001/2002	2920	30
S23 Pz19	2001/2002	2990	30
S24	2001/2002	3055	30
S28 Pz30	2001/2002	3115	30
S29 Pz31	2001/2002	3350	30
S26 Pz21	2001/2002	3435	30
S27 Pz22	2001/2002	3560	30

Tab. 3.1.I – Sondaggi geognostici

RELAZIONE GEOTECNICA

149012 R04 -2 EE

3.2 Prove penetrometriche statiche con piezocono tipo CPTU

Lungo l'allineamento rappresentato dal margine meridionale del canale industriale e nella zona della darsena interessata dal presente progetto sono state eseguite nelle successive campagne di indagine le prove penetrometriche statiche a punta elettrica con piezocono CPTU i cui dati generali di ubicazione e profondità sono indicati nella seguente tabella 3.2.I.

In tabella sono inseriti i valori di progressiva dei sondaggi, riferiti agli assi indicati in figura 3.1 e in allegato 3 (Planimetria e profili stratigrafici).

Sigla	Campagna (anno)	Progr. (m)	Prof. (m)	Sigla	Campagna (anno)	Progr. (m)	Prof. (m)
CPTE-1	1999	325	25	CPTU33	2001/2002	1270	30
CPTE3	2000	1250	25	CPTU35	2001/2002	1515	30
CPTE P4	2000	1380	25	CPTU36	2001/2002	1515	28
CPTE5	1999	2300	25	CPTU37	2001/2002	1790	30
CPTE6	1999	2870	25	CPTU38	2001/2002	1790	30
CPTE7	1999	3280	25	CPTU39	2001/2002	1790	17.5
CPTU1	2001/2002	D 85	30	CPTU40	2001/2002	1885	30
CPTU2	2001/2002	D 85	30	CPTU41	2001/2002	1885	17.5
CPTU3	2001/2002	D 190	28.5	CPTU42	2001/2002	1885	18
CPTU4	2001/2002	D 190	28.5	CPTU43	2001/2002	2025	30
CPTU5	2001/2002	D 410	30	CPTU44	2001/2002	2025	18
CPTU6	2001/2002	26	30	CPTU46	2001/2002	2095	30
CPTU7	2001/2002	26	16.5	CPTU47	2001/2002	2095	26
CPTU9	2001/2002	190	30	CPTU48	2001/2002	2095	15.5
CPTU10	2001/2002	190	18	CPTU52	2001/2002	2325	17
CPTU12	2001/2002	345	28.5	CPTU53	2001/2002	2325	17
CPTU13	2001/2002	475	30	CPTU54	2001/2002	2495	30
CPTU14	2001/2002	475	23	CPTU55	2001/2002	2420	30
CPTU15	2001/2002	475	22	CPTU56	2001/2002	2420	20
CPTU16	2001/2002	590	30	CPTU59	2001/2002	2840	28
CPTU17	2001/2002	590	28.5	CPTU60	2001/2002	2990	21
CPTU18	2001/2002	590	28.5	CPTU61	2001/2002	2990	20
CPTU19	2001/2002	700	30	CPTU63	2001/2002	3115	20
CPTU20	2001/2002	700	29	CPTU64	2001/2002	3115	21
CPTU21	2001/2002	700	25	CPTU66	2001/2002	3590	30
CPTU22	2001/2002	820	33.5	CPTU67	2001/2002	3525	20.5
CPTU23	2001/2002	820	13.5	CPTU68	2001/2002	3525	25
CPTU25	2001/2002	940	29	CPTU69	2001/2002	3700	17.5
CPTU26	2001/2002	940	30	CPTU70	2001/2002	3615	32
CPTU27	2001/2002	1085	30	CPTU71	2001/2002	3615	14.5
CPTU28	2001/2002	1085	20.5	CPTU71b*	2001/2002	-	25
CPTU29	2001/2002	1085	18	CPTU72	2001/2002	3715	32.5
CPTU30	2001/2002	1200	30	CPTU73	2001/2002	3735	32.5
CPTU31	2001/2002	1200	24	CPTU76	2001/2002	2650	30
CPTU32	2001/2002	1200	25				

* *cptu71 ripetuta*

Tab. 3.2.I – Prove penetrometriche statiche tipo CPTU.

RELAZIONE GEOTECNICA

I dati ottenuti durante l'esecuzione di dette prove penetrometriche sono stati memorizzati su supporto magnetico con registrazione continua dei seguenti parametri : profondità – resistenza alla penetrazione della punta – resistenza all'attrito laterale – deviazione dalla verticale.

I valori di q_c registrati sono stati analizzati in funzione della profondità al fine di ottenere una ricostruzione delle differenti successioni litologiche attraversate. Grazie alla quantità di dati disponibili e alla continuità con la profondità delle informazioni ottenibili, tali dati costituiscono la base della definizione stratigrafica di seguito riportata.

I valori di q_c sono stati inoltre utilizzati per la definizione dei parametri geotecnici, sulla base delle correlazioni empiriche ottenibili in letteratura per i terreni in esame.

I risultati di tali correlazioni sono stati confrontati e verificati con i dati provenienti dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nei sondaggi.

RELAZIONE GEOTECNICA

3.3 Prove di laboratorio

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici sono stati prelevati alcuni campioni indisturbati o rimaneggiati da differenti profondità.

Sui campioni indisturbati sono state eseguite prove per la definizione:

- della classificazione;
- dei limiti di Atterberg;
- del contenuto d'acqua;
- del peso di volume e del peso specifico dei grani;
- dei parametri di resistenza meccanica e deformabilità (prove di taglio diretto, prove di espansione laterale libera, prove triassiali, prove edometriche, torvane e pocket penetrometer).

Sui campioni rimaneggiati sono state eseguite prove per la definizione:

- della classificazione;
- dei limiti di Atterberg;
- del contenuto d'acqua;
- del peso specifico dei grani.

Una sintesi dei risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati e rimaneggiati viene riportata nell'allegato 1.

Dall'esame dei dati disponibili si evidenzia che i valori dell'indice di plasticità IP (fig. 3.3.1) risultano nel complesso contenuti in un ambito di variazione sufficientemente ristretto essendo compresi fra 2 e 20%.

Quindi i depositi fini coesivi indagati alle differenti profondità risultano preminentemente caratterizzati da un basso grado di plasticità, fatto direttamente riconducibile alla preponderanza della componente limosa alluvionale poco plastica sulla componente prettamente argillosa di origine organica di ambiente lagunare.

RELAZIONE GEOTECNICA

INDICE PLASTICO

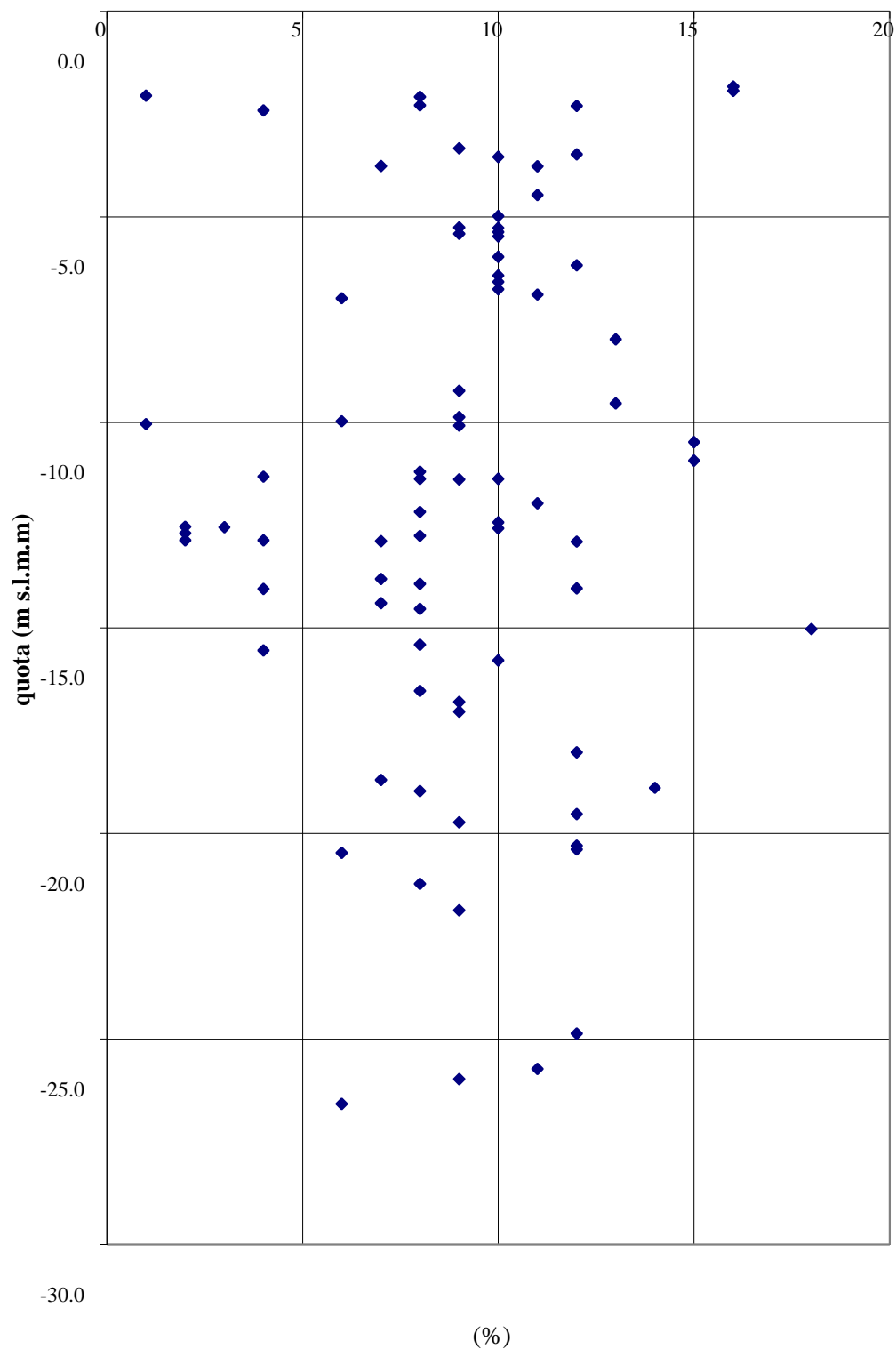


Figura 3.3.1 – Indice plastico con la profondità

RELAZIONE GEOTECNICA

Per quanto riguarda il confronto fra i valori del contenuto d'acqua ed i limiti di consistenza del materiale campionato, si può osservare come nella maggioranza dei casi, nonostante il terreno sia in condizioni di saturazione, il contenuto naturale d'acqua in posto (W_n) sia prossimo al limite di plasticità (W_p).

Questo fatto nuovamente sottolinea la tendenza del materiale campionato ad avere una preponderanza di comportamento caratterizzato da una media consistenza e bassa plasticità.

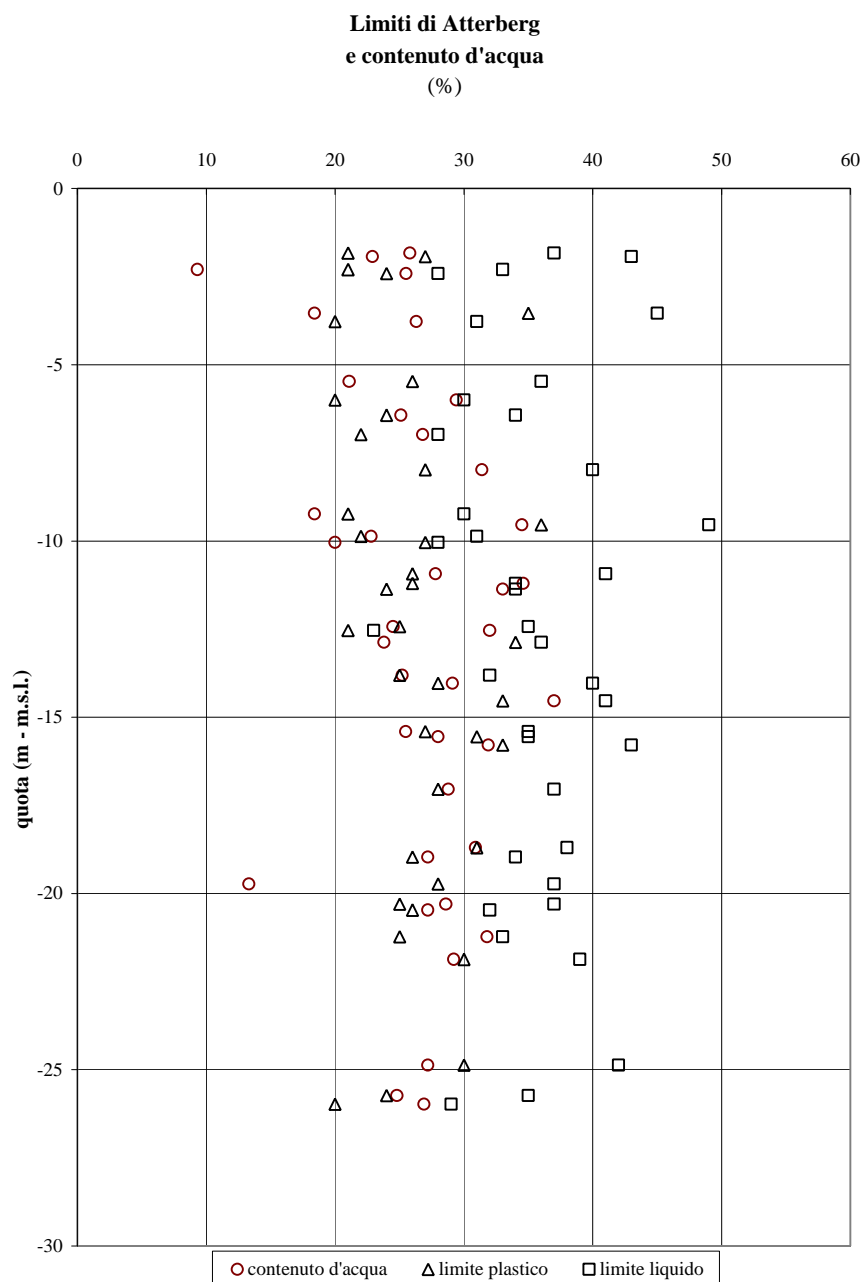


Figura 3.3.2 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua

RELAZIONE GEOTECNICA

Infine collocando i risultati dei limiti di consistenza dei campioni coesivi sulla Carta di Casagrande, figura 3.3.3, si nota come questi si distribuiscano entro i campi denominati CL, (ovvero argille inorganiche a bassa plasticità) e ML, proprio dei limi inorganici argillosi scarsamente plastici.

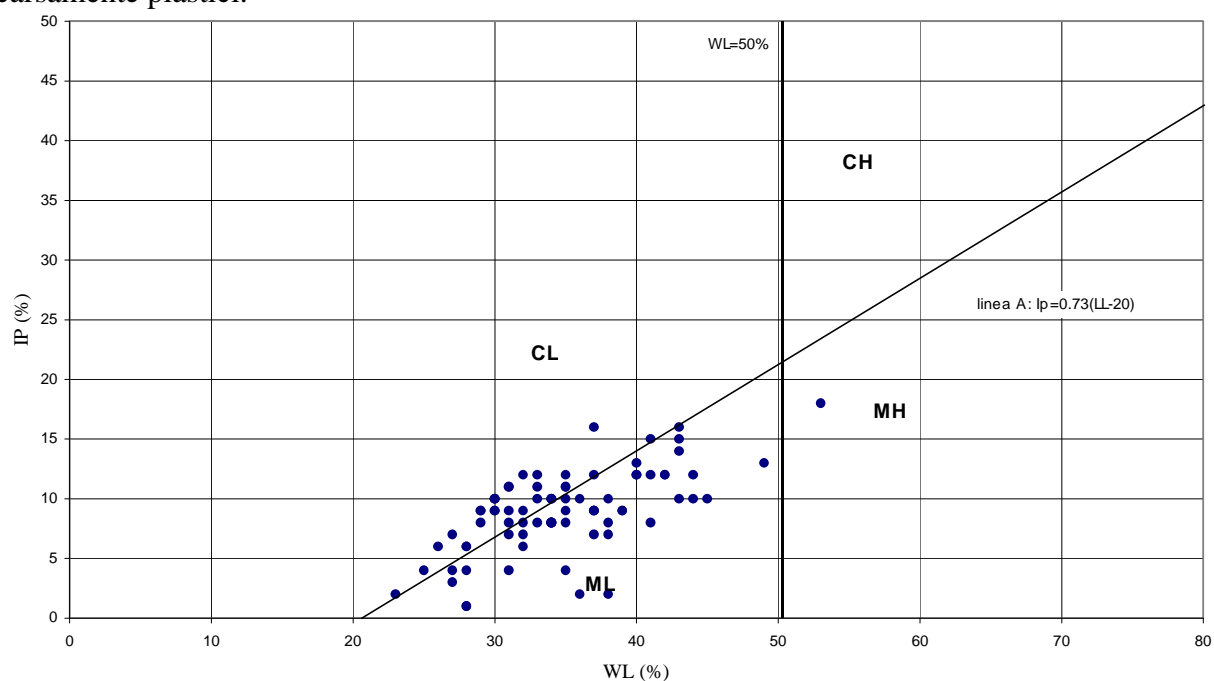


Figura 3.3.3 – Carta di Casagrande - generale

RELAZIONE GEOTECNICA

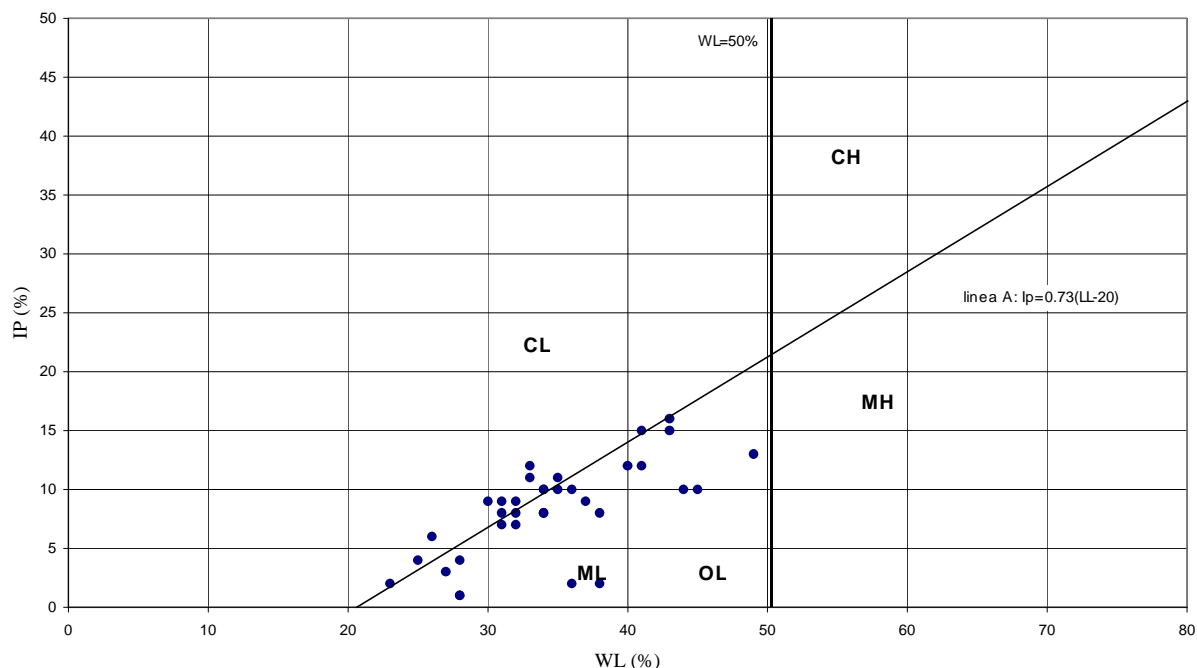


Figura 3.3.4 – Carta di Casagrande – dati fino a 15 m di prof.

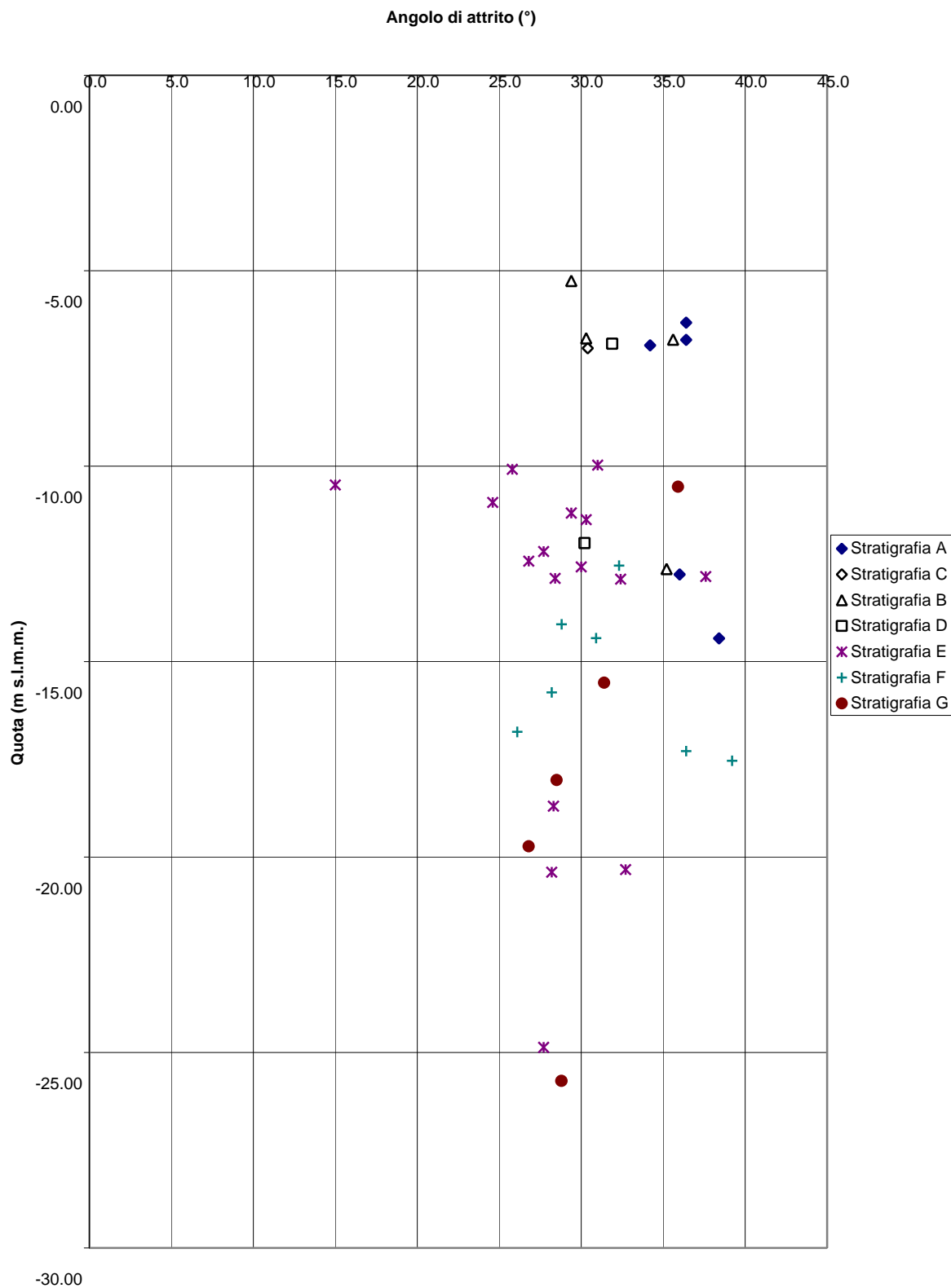
Dall'esame delle figure 3.3.3 e 3.3.4 (che rappresenta la carta di Casagrande con riferimento ai dati da piano campagna fino a 15 m di profondità) si osserva che le caratteristiche sopra descritte sono proprie degli strati coesivi in modo continuo con la profondità.

Nelle figure 3.3.5, 3.3.6 e 3.3.7 sono mostrati rispettivamente i valori di angolo di attrito ricavati dalle prove di taglio diretto e dalle prove triassiali ed i valori di coesione non drenata (media dei valori dei risultati delle due prove eseguite per ciascun campione) ottenuti dalle prove ad espansione laterale libera.

I valori sono riportati in riferimento alla profondità del campione e sono distinti in base alle sette stratigrafie di progetto descritte nel successivo capitolo 6. Tali stratigrafie, da A a G, caratterizzano i terreni interessanti il fronte banchina per tratti susseguentisi da ovest verso est.

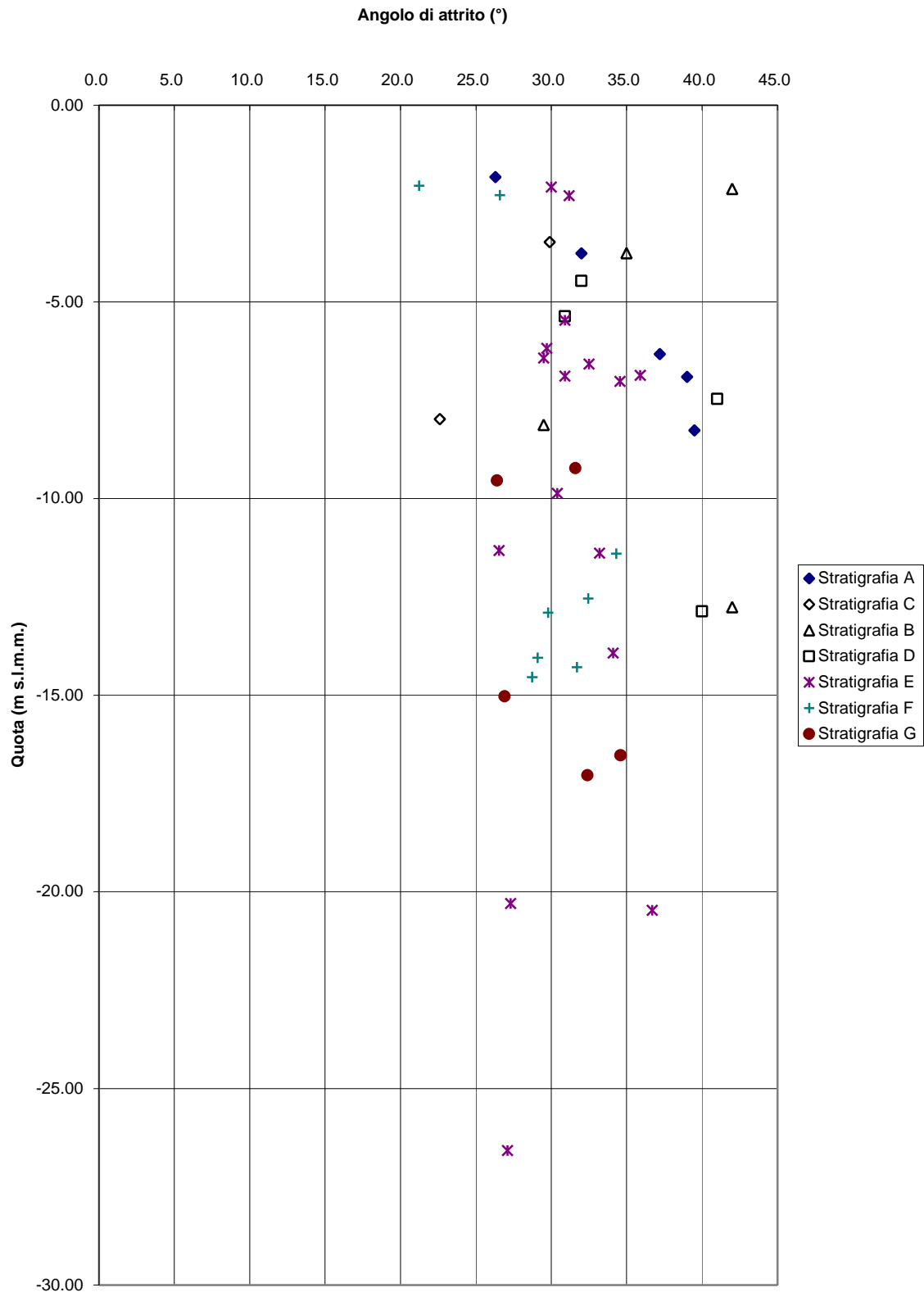
RELAZIONE GEOTECNICA

Figura 3.3.5 - Angolo di attrito dalle prove di taglio diretto



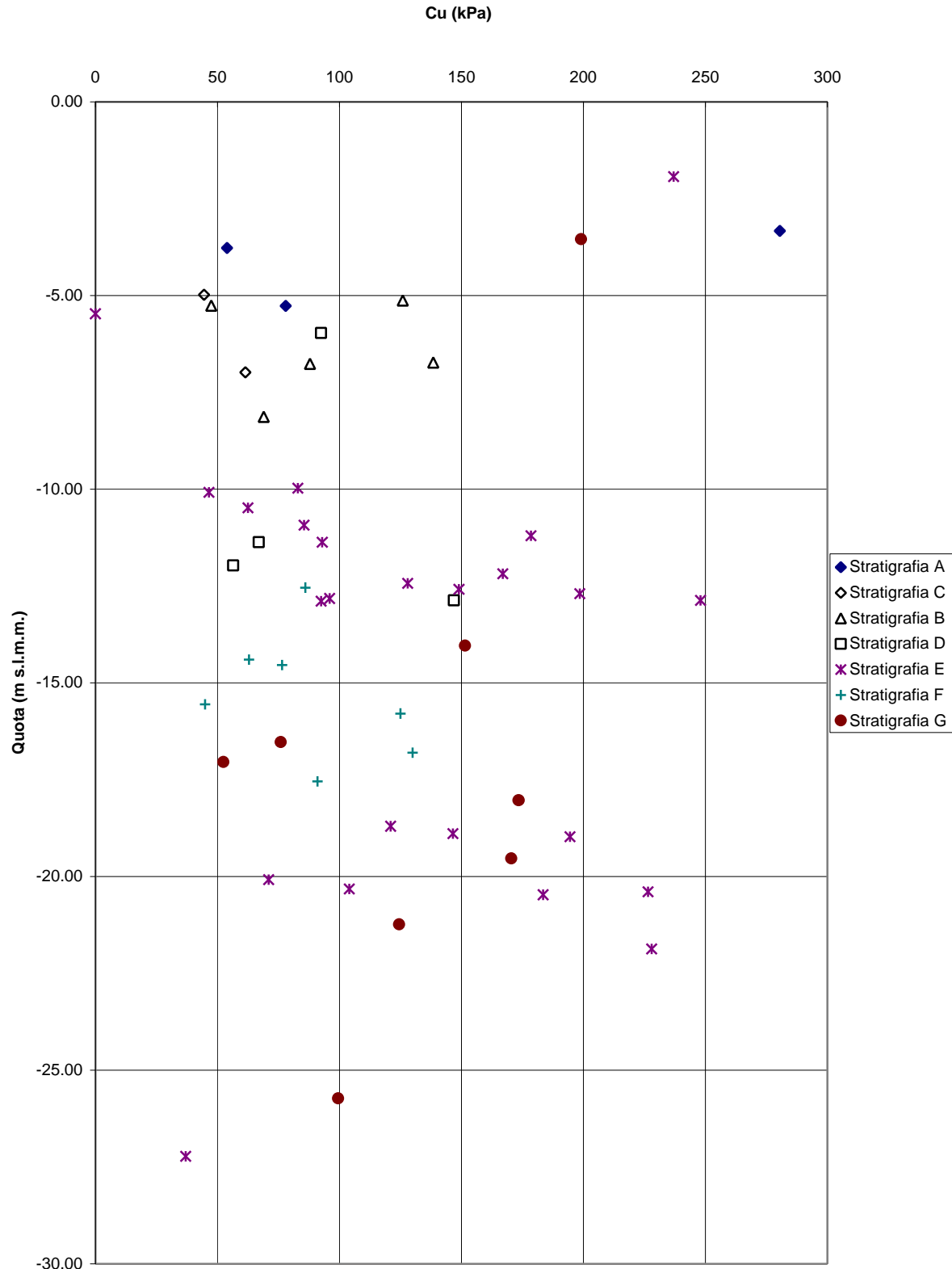
RELAZIONE GEOTECNICA

Figura 3.3.6 - Angolo di attrito dalle prove triassiali



RELAZIONE GEOTECNICA

Figura 3.3.7 - Coesione non drenata da prove a espansione laterale libera



RELAZIONE GEOTECNICA

4. DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEI TERRENI INDAGATI

Le differenti informazioni disponibili, sia sotto forma di stratigrafie di sondaggi geognostici, sia sotto forma di grafici della resistenza alla punta delle prove CPTU, sia infine sotto forma di risultati di prove speditive in sito o di prove di laboratorio, sono state fra di loro confrontate per giungere ad una suddivisione stratigrafica schematica del sottosuolo relativo all'intero sviluppo longitudinale del lato Sud del Canale Industriale e dei lati Ovest e Nord della darsena.

L'esame delle singole stratigrafie e delle prove CPTU evidenzia che la successione stratigrafica locale è quanto mai variabile, poiché si riscontrano a breve distanza planoaltimetrica significative variazioni litologiche con passaggi da depositi preminentemente coesivi fini a depositi sabbioso limosi.

Va inoltre sottolineato che anche quando viene individuata la predominanza o di un litotipo incoerente o di un litotipo coesivo, l'insieme del deposito è comunque costituito da una miscela delle differenti frazioni granulometriche che si intercalano in sottili livelli centimetrici o decimetrici.

Questa variabilità è una delle caratteristiche predominanti dei terreni in esame ed è essenzialmente collegata alla presenza dei due ambienti deposizionali anzi descritti che si sono sovrapposti alternativamente in tempi assai ristretti.

Dovendo giungere comunque ad una schematizzazione stratigrafica che risultasse sufficientemente univoca dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica, sono state eseguite delle suddivisioni in livelli geotecnici dando maggior peso ai risultati delle prove penetrometriche, in quanto, data l'estrema variabilità nella composizione granulometrica, le osservazioni dirette eseguite durante le perforazioni dei sondaggi, non supportate da analisi granulometriche di laboratorio, possono risultare talora non sufficientemente approfondite.

Nelle seguenti pagine vengono descritte le principali caratteristiche litologiche e di consistenza e/o addensamento di ogni singolo livello individuato a partire dalla superficie.

Il piano campagna varia tra +1.7 m e +3.5 m s.l.m., con una quota che nella gran parte delle aree si colloca a circa + 2.5 m s.l.m..

RELAZIONE GEOTECNICA

LIVELLO R

Questo intervallo è generalmente presente da piano campagna a profondità comprese fra 1.8 a 5.0 m . Si tratta di un deposito superficiale di copertura essenzialmente costituito da materiale di riporto. Misto ghiaioso inglobante blocchi di cls in matrice limoso-sabbiosa. Sabbia limosa grigio scura. Argilla limosa marrone rossastra inglobante ciottoli. Alternanze di argilla rossa poco consistente e argilla limosa. Limo grigio scuro compatto. In genere durante l'esecuzione delle prove CPTU questo intervallo è stato attraversato con preforo.

Dove sono state eseguite le registrazioni dei parametri di penetrazione si rinvencono valori di q_c (Resistenza alla punta) compresi fra 1.0 e 2.0 MPa con singoli picchi sino a 3 – 5 MPa. Nei sondaggi eseguiti, nelle porzioni coesive, sono stati registrati valori di P.P. (Pocket Penetrometer) compresi fra 50 e 60 kPa.

LIVELLO A1

Si rinviene sottostante al precedente livello R sino a profondità comprese fra 3.0 e 5.0 m. Questo intervallo è presente a partire dalla porzione centrale della banchina sino all'estremo orientale. E' costituito da **argilla limosa** talora debolmente sabbiosa di colore marrone rossastro, argilla grigio azzurra con torba.

I valori di q_c sono compresi fra 0.5 e 1.5 MPa. Nelle porzioni contenenti livelletti torbosi, i valori di resistenza al Pocket Penetrometer raggiungono i 90 kPa.

LIVELLO B1

Si sostituisce planoaltimetricamente al livello A1 anzi descritto nella porzione occidentale della banchina. Si colloca al letto del precedente livello R e raggiunge profondità comprese fra 3.8 e 4.8 m . E' costituito da **sabbia fine debolmente limosa** colore grigio scuro-rossastro con intercalati livelletti centimetrici di argilla limosa. I valori di q_c registrati dalle prove CPTU sono in genere compresi fra 1.2 e 2.0 MPa, localmente raggiungono i 4.0 MPa.

RELAZIONE GEOTECNICA

LIVELLO A2

Questo intervallo si rinviene con buona regolarità lungo quasi tutto lo sviluppo longitudinale in esame a meno di una porzione circostante la prova CPTU N5 e all'estremo orientale della banchina. E' direttamente sottostante ai livelli A1 e B1 anzi descritti e raggiunge spessori compresi fra 1.0 e 3.5 m . Si tratta di alternanze di **argilla limosa e limo argilloso** molto compatte, caratterizzate dalla presenza di concrezioni e noduli carbonatici di dimensioni centimetriche. E' noto in letteratura come "**Caranto**". L'intervallo è contraddistinto da un elevato grado di consistenza testimoniato da valori di q_c che oscillano fra 4 e 5 MPa e valori al Pocket Penetrometer compresi fra 200 e 450 kPa .

LIVELLO A3

Questo livello è principalmente distribuito nella porzione occidentale e centrale dell'intero tratto in esame con spessori e collocazioni variabili. Il livello A3 a partire dalla porzione centrale sino all'estremo orientale ed in alcune lenti localizzate, si alterna e successivamente viene sostituito eteropicamente dal livello B2 che verrà descritto in seguito.

Ove è presente con buona continuità deposizionale raggiunge spessori compresi fra 7.0 e 8.0 m. Talora è presente sotto forma di lenti ben sviluppate arealmente, ma contraddistinte da spessori inferiori compresi fra 1.5 e 4.0 m. E' costituito da alternanze da decimetriche a metriche di **limo argilloso** talora debolmente sabbioso. Localmente contiene livelletti centimetrici torbosi o sottili intercalazioni limoso sabbiose. I valori di resistenza alla punta q_c mostrano un blando incremento in funzione della profondità risultando compresi fra 1.0 e 1.5 MPa. I valori di resistenza al penetrometro tascabile sono talora variabili, ma in genere compresi fra 70 e 150 kPa. In corrispondenza della prova CPTN3 a tetto del livello è presente una isolata lente di limo sabbioso A3.1 di spessore pari a 1.8 m, caratterizzata da valori di q_c compresi fra 3 e 5 MPa.

LIVELLO B2

Come detto precedentemente questo intervallo si sostituisce planoaltimetricamente al livello A3, nella porzione occidentale della banchina è costituito da lenti di forma talora irregolare caratterizzate da spessori compresi fra qualche metro sino a 6.5 m (sondaggio SC). A partire dalla porzione centrale si presenta sotto forma di una lente, di spessore variabile fra 1.2 e 2.8 m, collocata

RELAZIONE GEOTECNICA

a profondità comprese fra 9.0 e 11.8 m dal piano campagna. A partire dalla prova CPTU N5 e proseguendo verso oriente il deposito risulta progressivamente caratterizzato da spessore crescente e maggiore uniformità deposizionale.

Dal punto di vista litologico si tratta di **sabbia medio fine limosa** con intercalati livelli limosi debolmente sabbiosi.

Talora prevale del **limo sabbioso con intercalazioni sabbioso limose**. Negli orizzonti ove è preponderante la porzione sabbiosa si registrano valori di resistenza alla punta q_c compresi fra 7 e 10 MPa, viceversa ove prevale la componente limosa i valori di q_c risultano in parte minori e compresi fra 3 e 5 MPa. In corrispondenza della prova CPT N7 al letto del livello si rinviene una lente sabbioso limosa debolmente argillosa parzialmente meno consistente (**B2.1**) caratterizzata da valori di q_c compresi fra 2.5 e 5.0 MPa.

LIVELLO B3

Questo intervallo si rinviene essenzialmente nella porzione occidentale ove è presente caratterizzato da un notevole spessore (9.0–13.0 m) ed una uniforme distribuzione planoaltimetrica. A partire dalle verticali CPT N4 e S1, il deposito principale si separa in due lenti sovrapposte di spessore più ridotto che progressivamente fanno transizione verso Est al Livello A4 di natura coesiva descritto in seguito.

Il tetto delle lenti si colloca rispettivamente a circa $14.5 \div 15.0$ m dal piano campagna per la lente superiore, che risulta caratterizzata da uno spessore di circa 5.0 m ; ed a circa $20.8 \div 22.0$ m per la lente inferiore contraddistinta da spessore assai più ridotto e contenuto fra circa 1.0 e 2.2 m.

La composizione litologica predominante è data da alternanze di **sabbia medio fine limosa e limo con sabbia**. Sono talora presenti orizzonti decimetrici di limo sabbioso e di limo debolmente sabbioso. Negli orizzonti ove è preponderante la porzione sabbiosa si registrano valori di resistenza alla punta q_c compresi fra 8 e 15 MPa con tratti locali in cui vengono raggiunti valori prossimi a $15 \div 20$ MPa, viceversa ove prevale la componente limosa i valori di q_c risultano in parte minori e compresi fra 3 e 8 MPa.

RELAZIONE GEOTECNICA

LIVELLO B3.1

Generalmente presente al letto del livello B3, ma localmente (CPT N1) anche all'interno dello stesso intervallo, si rinviene un deposito di spessore fino a 5.0 m circa costituito da **limo sabbioso argilloso**. Questo intervallo è stato localmente solo parzialmente attraversato dalle prove penetrometriche eseguite.

Ove è presente i valori di resistenza alla punta q_c sono generalmente compresi fra 2.0 e 2.5 MPa con singoli picchi che raggiungono i 5 MPa.

LIVELLO A4

Il livello in esame si rinviene con buona regolarità principalmente nella porzione orientale della banchina, ove si ritrova contraddistinto da un notevole spessore (9.0 m circa) ad una profondità compresa fra i 15.0 e i 24.0 m . Spostandosi verso la prova CPT N6, lo spessore del livello si riduce progressivamente a circa 7.1 m , per poi dare luogo ad una lente sottile ed allungata, collocata al letto del deposito, che si sviluppa ulteriormente verso occidente sino alla verticale della prova CPT N4. In questa porzione il deposito è caratterizzato da uno spessore via via più ridotto compreso fra 2.0 e 2.8 m .

Dal punto di vista litologico si tratta preminentemente di **limo argilloso talora intercalato da intervalli decimetrici di argilla limosa** .

Localmente contiene livelletti prettamente limosi o limoso sabbiosi. I valori di resistenza alla punta q_c mostrano un blando incremento in funzione della profondità risultando compresi fra 1.25 e 2.0 ÷ 2.5 MPa.

RELAZIONE GEOTECNICA

5. PARAMETRI GEOTECNICI

Sulla scorta delle informazioni acquisite tramite le indagini in situ e le prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati, si è proceduto alla caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati dalle differenti verticali eseguite.

La definizione dalle prove in situ dei parametri geotecnici è basata su correlazioni empiriche che utilizzano essenzialmente i valori della resistenza alla punta q_c .

Per ottenere una elevata attendibilità dei valori in seguito descritti, per il calcolo dei singoli parametri associati a ciascuno dei livelli stratigrafici individuati, si è ricorso all'utilizzo di correlazioni di provata affidabilità.

Di seguito vengono riportate le varie correlazioni utilizzate.

ANGOLO DI ATTRITO INTERNO

La definizione dai risultati delle prove penetrometriche statiche dell'angolo di attrito interno (φ) è stata effettuata basandosi sulla correlazione proposta da Durgunoglu e Mitchell (1975):

$$J(^{\circ}) = \frac{\log \left[\frac{q_c}{(0.04 \cdot \sigma'_{v0})} \right]}{0.21} \quad (\text{Durgunoglu \& Mitchell, 1975})$$

dove:

q_c = resistenza alla punta;

σ'_{v0} = pressione verticale efficace.

La correlazione indicata ha fornito valori dell'angolo di attrito del tutto confrontabili con i valori noti agli scriventi e con i valori dell'angolo di attrito elaborati dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati prelevati nell'ambito del presente progetto.

RELAZIONE GEOTECNICA

MODULO DI YOUNG

Il modulo di Young (E) è stato determinato tramite le seguenti correlazioni riferite ai valori della resistenza alla punta (q_c):

$$E(MPa) = 8 * \left(\frac{q_c}{q_0} \right)^{0.5} \quad (\text{Denver, 1982})$$

dove:

q_c = resistenza alla punta espressa in MPa;

q_0 = 1 MPa.

MODULO EDOMETRICO

Il modulo edometrico (M) è stato ottenuto tramite la correlazione di Mitchell & Gardner (1975):

$$M (MPa) = \alpha \cdot q_c \quad (\text{Mitchell \& Gardner, 1975})$$

dove:

q_c = resistenza alla punta;

α = costante ricavabile dalla tabella 5.I.

Terreni	q_c (kg/cm ²)	α
Argille di bassa plasticità (CL)	<7	$3 < \alpha < 8$
	$7 < q_c < 20$	$2 < \alpha < 5$
	$q_c > 20$	$1 < \alpha < 2.5$
Limi di bassa plasticità (ML)	$q_c > 20$	$3 < \alpha < 6$
	$q_c < 20$	$1 < \alpha < 3$
Argille e limi di elevata plasticità (CH, MH)	$q_c < 20$	$2 < \alpha < 6$
Limi organici	$q_c < 12$	$2 < \alpha < 8$

Tab. 5.I – Valori delle costanti empiriche α secondo Mitchell & Gardner (1975).

RELAZIONE GEOTECNICA

6. STRATIGRAFIE DI PROGETTO

I dati disponibili hanno portato ad eseguire delle suddivisioni del sottosuolo della banchina in esame in settori omogenei nei quali la suddivisione stratigrafica e la relativa schematizzazione geotecnica hanno valore locale.

Ci si trova di fronte a una stratigrafia fortemente disomogenea sia in senso verticale che planimetricamente; la ricerca di una suddivisione in tratti omogenei si è pertanto centrata sulle caratteristiche salienti ai fini del progetto, qui rappresentata dalla potenza degli strati maggiormente addensati e di migliori caratteristiche geotecniche (B2 e B3) nella zona di piede delle palancole in progetto (tra le quote -12 m s.l.m.m e -20 m s.l.m.m) e all'entità degli strati di migliori caratteristiche situati tra le quote -5 e -12 m.

Questi due elementi caratterizzanti variano planimetricamente con gradualità e consentono una attribuzione di un comportamento omogeneo dei terreni con riferimento all'interazione con le strutture in progetto su tratti relativamente ampi.

Nelle singole zone di pertinenza delle stratigrafie di progetto possono essere presenti delle parziali variazioni localizzate, essenzialmente di carattere litologico; comunque la stratigrafia di progetto indicata è da considerarsi quella più cautelativa ed idonea a caratterizzare l'insieme delle condizioni rinvenute.

In base alle considerazioni dette e tenendo conto di eseguire una suddivisione sufficientemente cautelativa sono state distinte **sette stratigrafie tipo**:

Stratigrafia tipo A – Zona lati nord e ovest darsena

Stratigrafia tipo B – Sponda sud da prog. 0 a prog. 400

Stratigrafia tipo C – Sponda sud da prog. 400 a prog. 650

Stratigrafia tipo D – Sponda sud da prog. 650 a prog. 1400

Stratigrafia tipo E – Sponda sud da prog. 1400 a prog. 2480

RELAZIONE GEOTECNICA

Stratigrafia tipo F – Sponda sud da prog. 2480 a prog. 3150

Stratigrafia tipo G – Sponda sud da prog. 3150 a prog. 3750

Comunque i parametri geotecnici associati a ciascun livello sono da considerarsi cautelativi in quanto determinati in funzione delle condizioni maggiormente sfavorevoli riscontrate in sito.

Di seguito vengono illustrate le informazioni generali per ciascuna delle stratigrafie di progetto identificate e riportate nelle seguenti tabelle 6.I ÷ 6.VII.

Per una più completa visione delle sezioni tipo e dei singoli parametri geotecnici assegnati si rimanda alle figure 6.1 ÷ 6.7 in seguito annesse.

RELAZIONE GEOTECNICA

STRATIGRAFIA DI PROGETTO TIPO A		
Progressive: Lato nord e ovest darsena		
LIVELLO PIEZOMETRICO:		- 2.40 m da p. c.
PROVE DI RIFERIMENTO:		prove CPTU : 01, 03 sondaggio : S1PZ1, S2PZ2, S4
LIVELLO	Spessore medio (m)	DESCRIZIONE
R	1.80	riporto - sabbia limosa in matrice limoso-argillosa con ciottoli
A3	7.8	da limo argilloso ad argilla limosa
B2	1.50	da sabbia limosa a limo sabbioso
B3	1.20	sabbia medio fine limosa
B2	2.70	da sabbia limosa a limo sabbioso
B3	11.30	sabbia medio fine limosa
B3.1	4.50	limo sabbioso argilloso
B3	1.60	da sabbia fine limosa a limo con sabbia

Tabella 6.I

STRATIGRAFIA DI PROGETTO TIPO B		
Progressive: 0 ÷ 400		
LIVELLO PIEZOMETRICO:		- 1.90 m da p. c.
PROVE DI RIFERIMENTO:		prove CPTU : N1, 06, 09 sondaggio : S5PZ3, S6PZ4
LIVELLO	Spessore medio (m)	DESCRIZIONE
R	4.20	riporto - sabbia limosa in matrice limoso-argillosa con ciottoli
A2	1.00	da argilla limosa a limo argilloso molto compatto
A3	6.80	Da limo argilloso ad argilla limosa
B2	2.00	da sabbia limosa a limo sabbioso
A3	1.50	Da limo argilloso ad argilla limosa
B3	2.50	sabbia medio fine limosa
B3.1	4.00	limo sabbioso argilloso
B3	7.00	da sabbia fine limosa a limo con sabbia
B3.1	1.00	limo sabbioso argilloso

Tabella 6.II

RELAZIONE GEOTECNICA

STRATIGRAFIA DI PROGETTO TIPO C		
Progressive: 400 ÷ 650		
LIVELLO PIEZOMETRICO:		- 2.30 m da p. c.
PROVE DI RIFERIMENTO:		prove CPTU : 13, 16 - sondaggi : SC, S30, S7PZ5
LIVELLO	Spessore medio (m)	DESCRIZIONE
R	3.00	riporto – laterizi, argilla debolmente limosa, limo debolmente argilloso
B1	0.80	sabbia fine debolmente limosa
A2	1.00	da argilla limosa a limo argilloso molto compatto
A3	9.00	da limo argilloso ad argilla limosa
B3	12.7	Da sabbia fine limosa a limo con sabbia

Tabella 6.III

STRATIGRAFIA DI PROGETTO TIPO D		
Progressive: 650 ÷ 1400		
LIVELLO PIEZOMETRICO:		- 2.80 m da p. c.
PROVE DI RIFERIMENTO:		prove CPTU : N3, 19, 22, 25, 27, 30 sondaggi : SE, S9PZ7
LIVELLO	Spessore medio (m)	DESCRIZIONE
R	4.00	riporto – limo, sabbia limosa, limo argilloso, sabbia e ghiaia in matrice limoso-argillosa
A2	1.50	da argilla limosa a limo argilloso molto compatto
A3	3.00	da limo argilloso ad argilla limosa
B2	1.50	da sabbia limosa a limo sabbioso
A3	4.80	da limo argilloso ad argilla limosa
B3	7.20	Da sabbia fine limosa a limo con sabbia
A4	4.50	limo argilloso con intercalazioni di argilla limosa

Tabella 6.IV

RELAZIONE GEOTECNICA

STRATIGRAFIA DI PROGETTO TIPO E		
Progressive: 1400 ÷ 2480		
LIVELLO PIEZOMETRICO: - 2.50 m da p. c.		
PROVE DI RIFERIMENTO: prove CPTU : 35, 37, 40, 43, 46		
Sondaggi: S1-S6-S9-S10, S13Pz11, S15Pz32, S17, S18Pz14, S19Pz15		
LIVELLO	Spessore medio (m)	DESCRIZIONE
R	5.00	riporto – limo, sabbia limosa, limo argilloso, sabbia e ghiaia in matrice limoso-argillosa
A2	2.50	da argilla limosa a limo argilloso molto compatto
A3	2.50	da limo argilloso ad argilla limosa
B2	1.50	da sabbia limosa a limo sabbioso
A3	4.50	da limo argilloso ad argilla limosa
B3	5.00	da sabbia fine limosa a limo con sabbia
A4	9.00	limo argilloso con intercalazioni di argilla limosa

Tabella 6.V

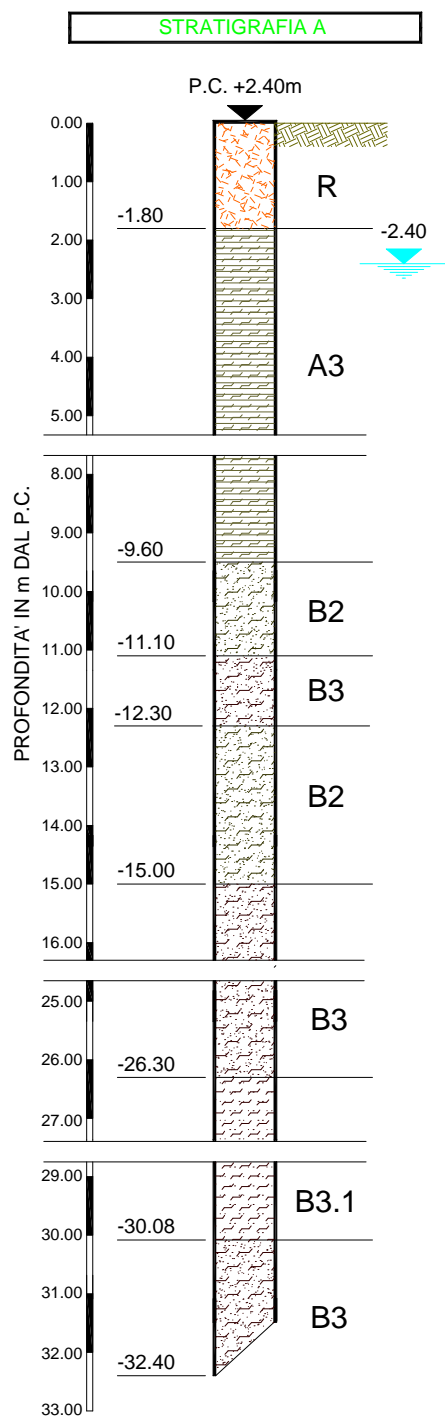
STRATIGRAFIA DI PROGETTO TIPO F		
Progressive: 2480 ÷ 3150		
LIVELLO PIEZOMETRICO: - 2.00 m da p.c.		
PROVE DI RIFERIMENTO: prove CPTU : 54, 59, 76, 60, 63		
Sondaggi : S21Pz17, S22Pz18, S24		
LIVELLO	Spessore medio (m)	DESCRIZIONE
R	5.00	riporto – sabbia limosa, limo argilloso
B2	3.50	da sabbia limosa a limo sabbioso
A3	1.00	da limo argilloso ad argilla limosa
B2	2.50	da sabbia limosa a limo sabbioso
A4	3.00	limo argilloso con intercalazioni di argilla limosa
B2.1	2.00	Limo sabbioso
A4	3.00	limo argilloso con intercalazioni di argilla limosa
B2.1	1.50	Limo sabbioso
A4	3.00	limo argilloso con intercalazioni di argilla limosa
B3	1.50	da sabbia fine limosa a limo con sabbia

Tabella 6.VI

RELAZIONE GEOTECNICA

STRATIGRAFIA DI PROGETTO TIPO G		
Progressive: 3150 ÷ 3750		
LIVELLO PIEZOMETRICO:		- 2.50 m da p. c.
PROVE DI RIFERIMENTO:		prove CPTU : N 7, 66, 69 sondaggi : S29Pz31,S26Pz21,S27Pz22
LIVELLO	Spessore medio (m)	DESCRIZIONE
R	3.00	riporto - sabbia limosa, limo argilloso
A1	2.60	argilla limosa
B2	6.00	da sabbia a sabbia limosa
B2.1	3.40	limo sabbioso
A4	9.00	limo argilloso con intercalazioni di argilla limosa
B3	3.50	sabbia fine limosa

Tabella 6.VII



PARAMETRI GEOTECNICI

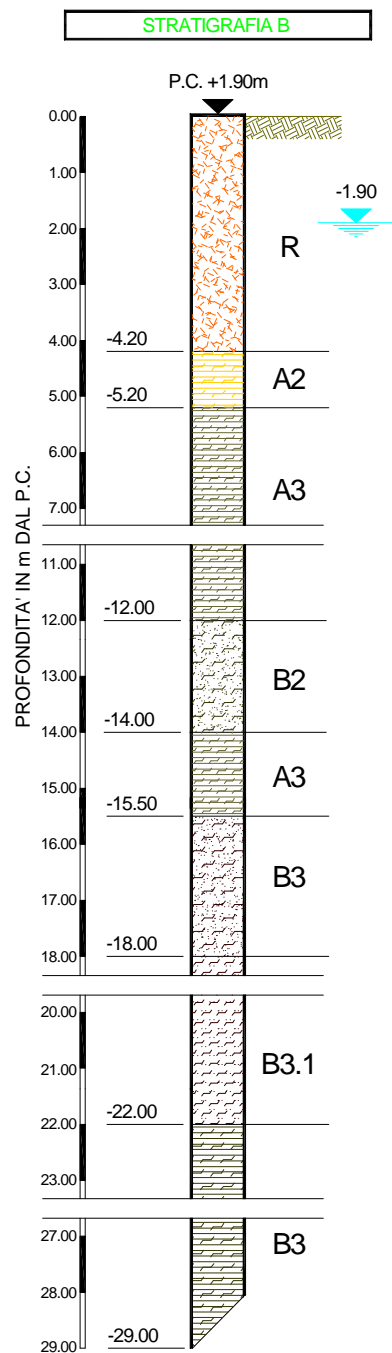
STRATO	Spess. (m)	γ (kN/m ³)	φ (°)	Dr (%)	c_u (kPa)	M (MPa)	E (MPa)	q_c (MPa)
R	1.8	17	25	30	-	-	5	-
A3	7.80	18.5	27	-	55	6	-	1-1.5
B2	1.50	18.5	28	30	-	-	11	4-5
B3	1.20	18.5	34	50	-	-	23	10-14
B2	2.70	18.5	28	30	-	-	11	4-5
B3	11.30	18.5	33	60	-	-	23	8-15
B3.1	3.78	18.5	26	25	-	-	12	2.5
B3	-	18.5	33	60	-	-	23	8-15

LEGENDA

R		Riporto - Sabbia limosa - limo argilloso
A3		Limo argilloso e argilla limosa
B2		Sabbia limosa e limo sabbioso
B3		Sabbia medio fine limosa
B3.1		Limo sabbioso argilloso

γ = Peso naturale del terreno
 φ = Angolo di attrito interno
Dr = Densita' relativa
 c_u = Coesione non drenata
M = Modulo di compressione
E = Modulo di Young
 q_c = Resistenza alla punta
 = Livello falda

DESCRIZIONE/Description			Dis. N°/Draw. n°	
MOLO INDUSTRIALE SUD			Fig. 6.1	
Stratigrafia di progetto Tipo "A" - Zona nord e ovest darsena			0 10DIC02 J.A.M.	
Parametri geotecnici			REV. DATA/Date PREP. FILE: 1258/	



PARAMETRI GEOTECNICI

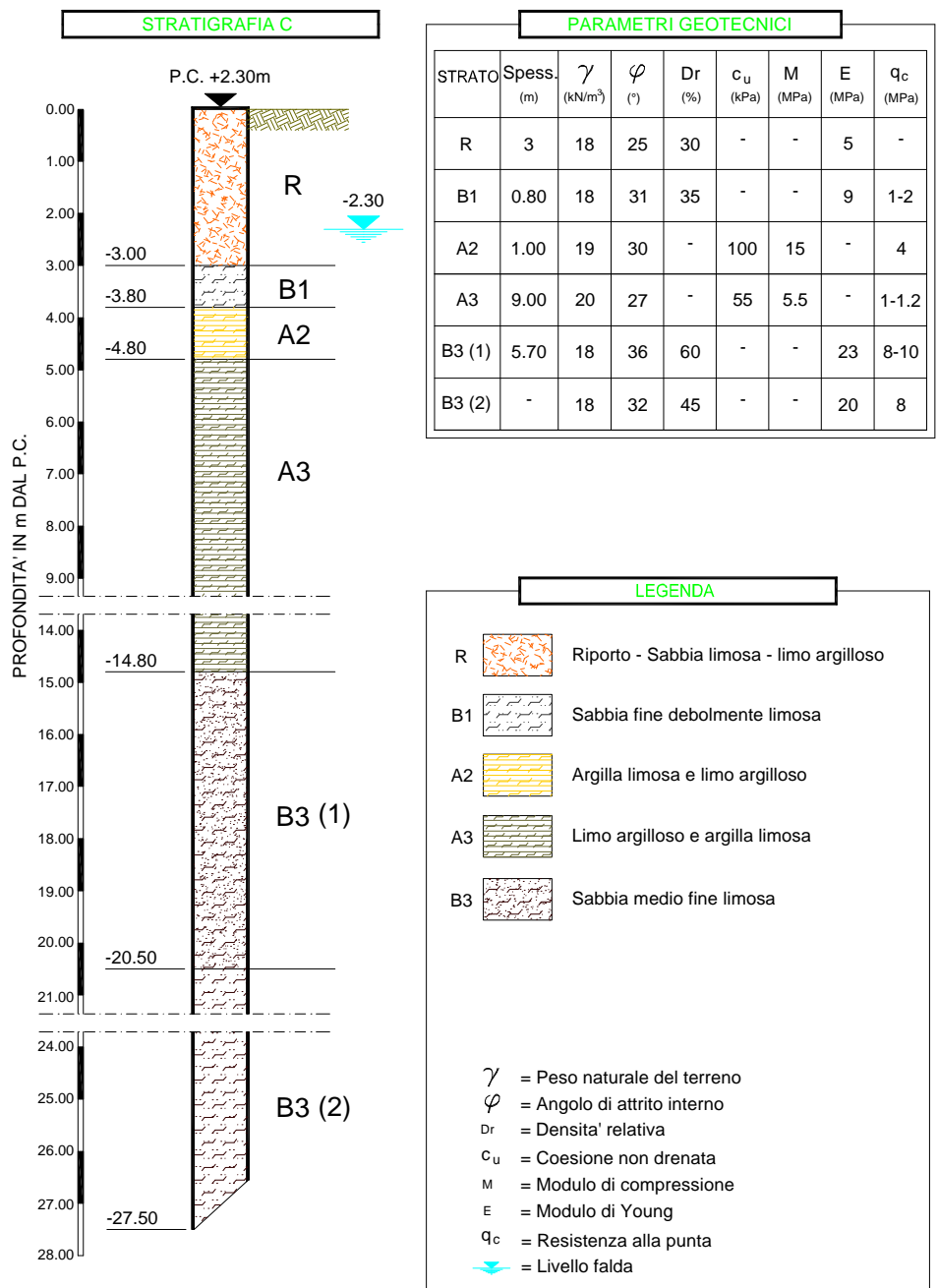
STRATO	Spess. (m)	γ (kN/m ³)	φ (°)	Dr (%)	c _u (kPa)	M (MPa)	E (MPa)	q _c (MPa)
R	4.20	17	25	30	-	-	5	-
A2	1.00	18.5	30	-	100	15	-	4
A3	6.80	18.5	27	-	55	5.5	-	1-1.2
B2	2.00	18.5	32	45	-	-	18	2.5-5
A3	1.50	18.5	27	-	55	5.5	-	1-1.2
B3	2.50	18.5	36	60	-	-	23	8-10
B3.1	4.00	18.5	28	25	-	-	12	2-2.5
B3	-	18.5	33	60	-	-	23	8-10

LEGENDA

R		Riporto - Sabbia limosa - limo argilloso
A2		Argilla limosa e limo argilloso
A3		Limo argilloso e argilla limosa
B2		Sabbia limosa e limo sabbioso
B3		Sabbia medio fine limosa
B3.1		Limo sabbioso argilloso

γ = Peso naturale del terreno
 φ = Angolo di attrito interno
Dr = Densita' relativa
c_u = Coesione non drenata
M = Modulo di compressione
E = Modulo di Young
q_c = Resistenza alla punta
 = Livello falda

DESCRIZIONE/Description	MOLO INDUSTRIALE SUD Stratigrafia di progetto Tipo "B" - Prog. 0 - 400 Parametri geotecnici			Dis. N°/Draw. n°	
				Fig. 6.2	
				0	10DIC02 JAM.
				REV. DATA/Date	PREP. FILE: 1258/



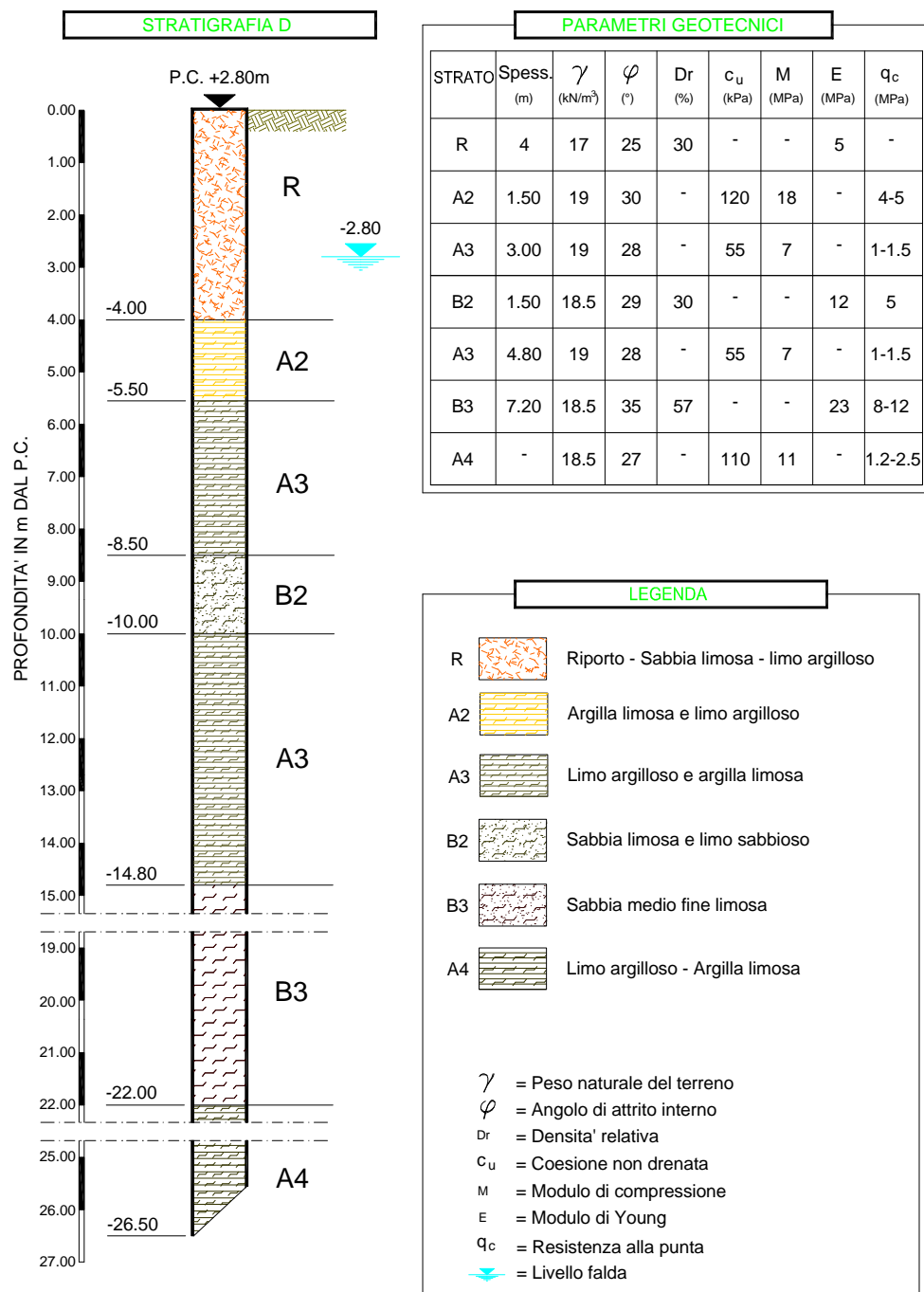
DESCRIZIONE/Description

MOLO INDUSTRIALE SUD
Stratigrafia di progetto Tipo "C" - Progr. 400 - 650
Parametri geotecnici

Dis. N°/Draw. n°

Fig. 6.3

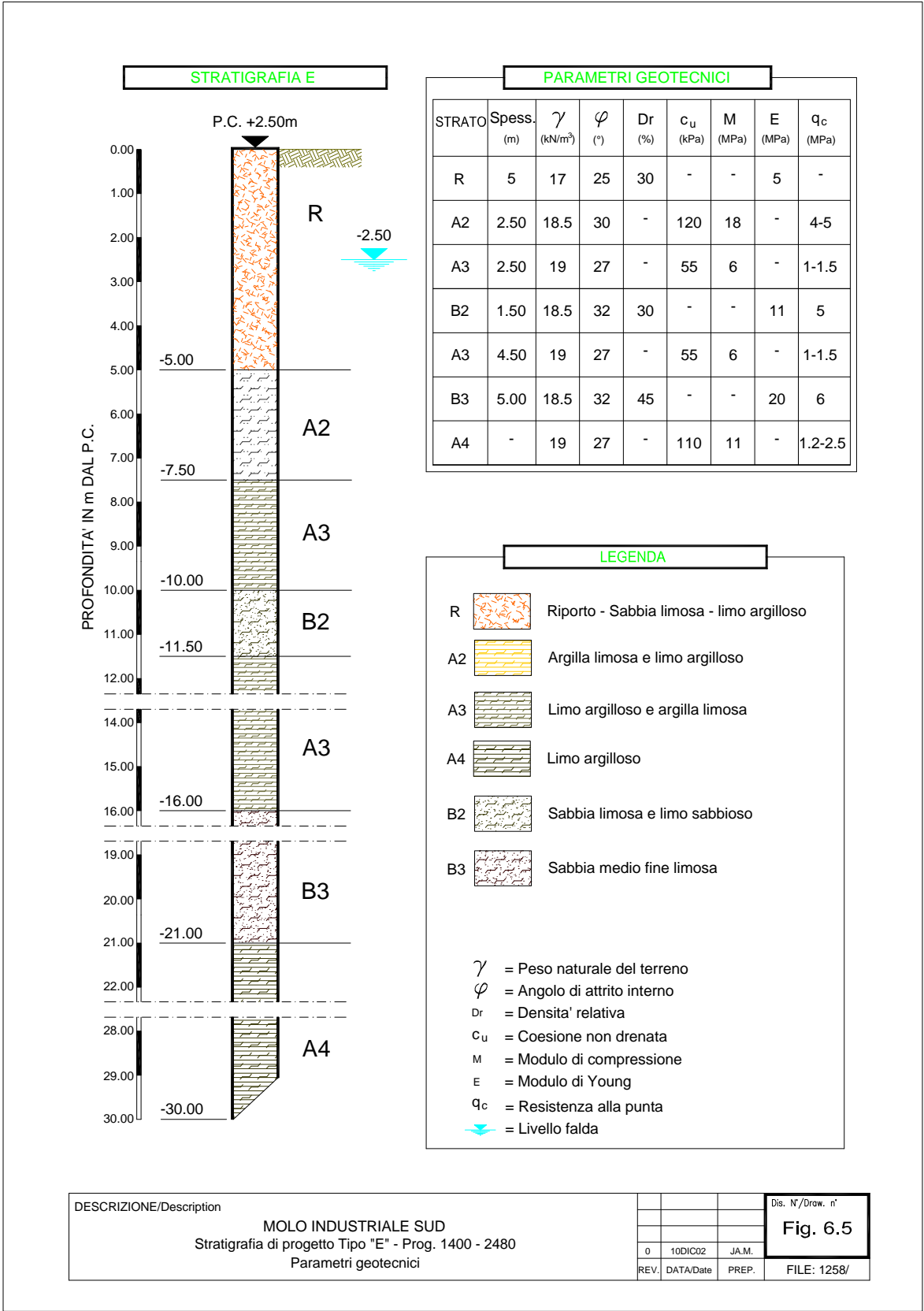
0	10DIC02	J.A.M.
REV.	DATA/Date	PREP.
FILE: 1258/		

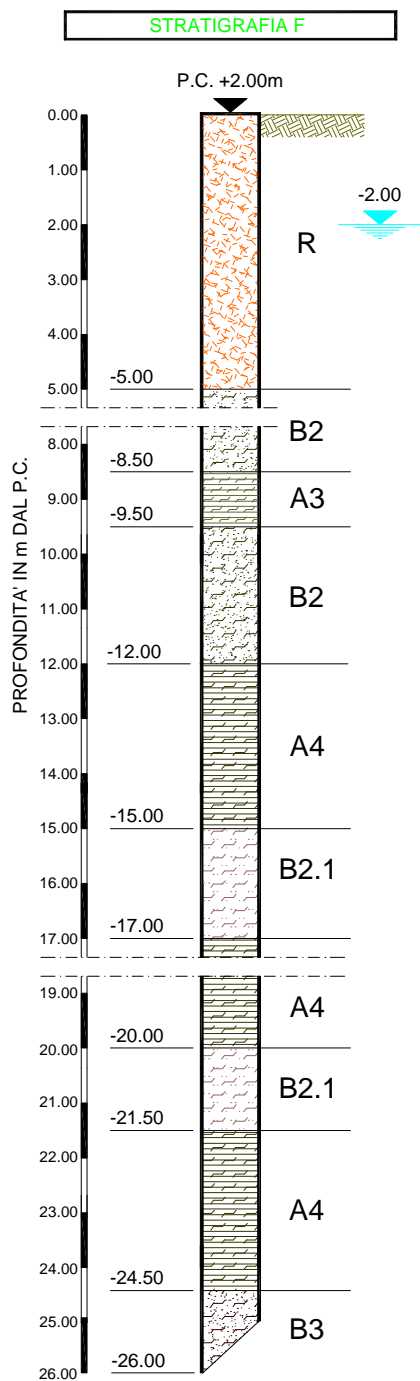


DESCRIZIONE/Description

MOLO INDUSTRIALE SUD
Stratigrafia di progetto Tipo "D" - Prog. 650 - 1400
Parametri geotecnici

			Dis. N°/Draw. n°
			Fig. 6.4
0	10DIC02	J.A.M.	
REV.	DATA/Date	PREP.	FILE: 1258/





PARAMETRI GEOTECNICI

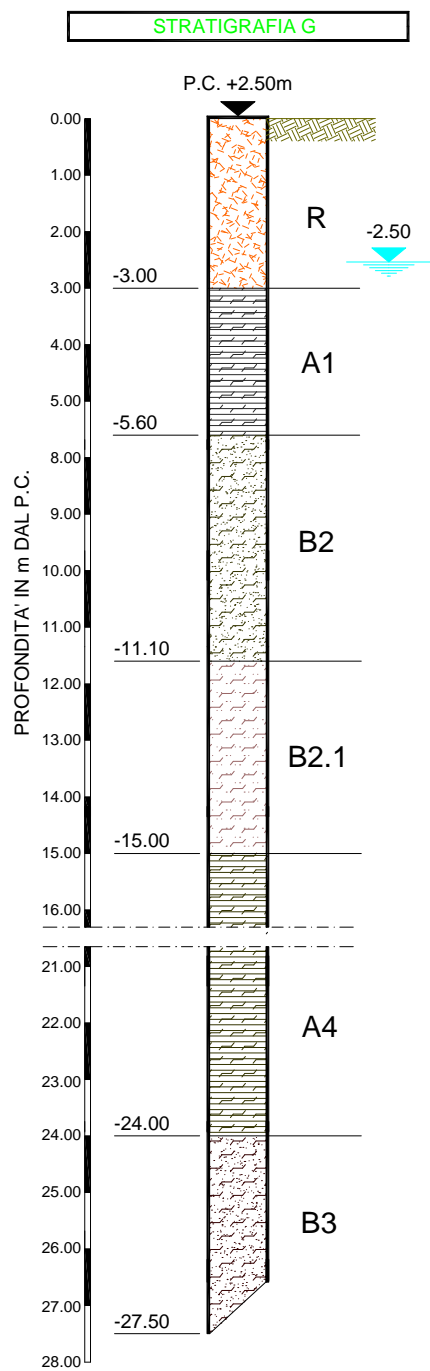
STRATO	Spess. (m)	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	Dr (%)	c _u (kPa)	M (MPa)	E (MPa)	q _c (MPa)
R	5	17	25	30	-	-	3	-
B2	3.50	18.5	34	65	-	-	21	6-8
A3	1.00	20	27	-	75	7	-	1.4
B2	4.50	18.5	34	55	-	-	21	6-8
A4	3.00	19	28	-	70	7.5	-	1.3
B2.1	3.00	18.5	31	45	-	-	16	2.5-5
A4	3.00	19	28	-	70	7.5	-	1.3
B2.1	1.50	18.5	31	45	-	-	16	2.5-5
A4	2	19	28	-	70	7.5	-	1.3
B3	-	18.5	33	45	-	-	20	6

LEGENDA

R		Riporto - Sabbia limosa - limo argilloso
A3		Limo argilloso e argilla limosa
A4		Limo argilloso
B2		Sabbia limosa e limo sabbioso
B2.1		Limo sabbioso
B3		Sabbia medio fine limosa

γ = Peso naturale del terreno
 ϕ = Angolo di attrito interno
Dr = Densita' relativa
c_u = Coesione non drenata
M = Modulo di compressione
E = Modulo di Young
q_c = Resistenza alla punta
 = Livello falda

DESCRIZIONE/Description			Dis. N°/Draw. n°	
MOLO INDUSTRIALE SUD			Fig. 6.6	
Stratigrafia di progetto Tipo "F" - Prog. 2480 - 3150			0 10DIC02 J.A.M.	
Parametri geotecnici			REV. DATA/Date PREP. FILE: 1258/	



PARAMETRI GEOTECNICI								
STRATO	Spess. (m)	γ (kN/m ³)	φ (°)	Dr (%)	c _u (kPa)	M (MPa)	E (MPa)	q _c (MPa)
R	3.00	17	25	30	-	-	3	-
A1	2.60	18.5	26	-	25	2.7	-	0.5
B2	6.00	-	37	68	-	-	24	7-9
B2.1	3.40	-	31	45	-	-	16	2.5-5
A4	9.00	-	25	-	70-90	8-10	-	1.2-2.5
B3	-	-	32	45	-	-	20	6

LEGENDA

R

Argilla limosa

A1

Argilla limosa

A4

Limo argilloso

B2

Sabbia limosa e limo sabbioso

B2.1

Limo sabbioso

B3

Sabbia medio fine limosa

γ

= Peso naturale del terreno

φ

= Angolo di attrito interno

Dr

= Densita' relativa

c_u

= Coesione non drenata

M

= Modulo di compressione

E

= Modulo di Young

q_c

= Resistenza alla punta

= Livello falda

DESCRIZIONE/Description		MOLO INDUSTRIALE SUD		Dis. N°/Draw. n°	
		Stratigrafia di progetto Tipo "G" - Prog. 3150 - 3750		Fig. 6.7	
Parametri geotecnici		0	10DIC02	J.A.M.	
REV.	DATA/Date	PREP.	FILE: 1258/		

RELAZIONE GEOTECNICA

7. BIBLIOGRAFIA

Denver (1982): “Penetration Testing” - A.A. Balkema, pag 38.

Durgunoglu H.T. e Mitchell J.K. (1975): “Static Penetration Resistance of Soils : I – Analysis”
ASCE – Spec. Conf. In -Situ Measurement of Soil Parameters, Raleigh .

Lancellotta R. (1983): “Analisi di affidabilità in Ingegneria Geotecnica” - Atti Istituto di Scienza
delle Costruzioni, n° 625, Politecnico di Torino.

Mitchell J.K., Gardner W.S. (1975): “In situ measurements of volume change characteristics” –
State of Art Report, Proc. Conf. on In-situ Meas. Of Soil Prop., Raleigh (USA).

Scala 1:10000



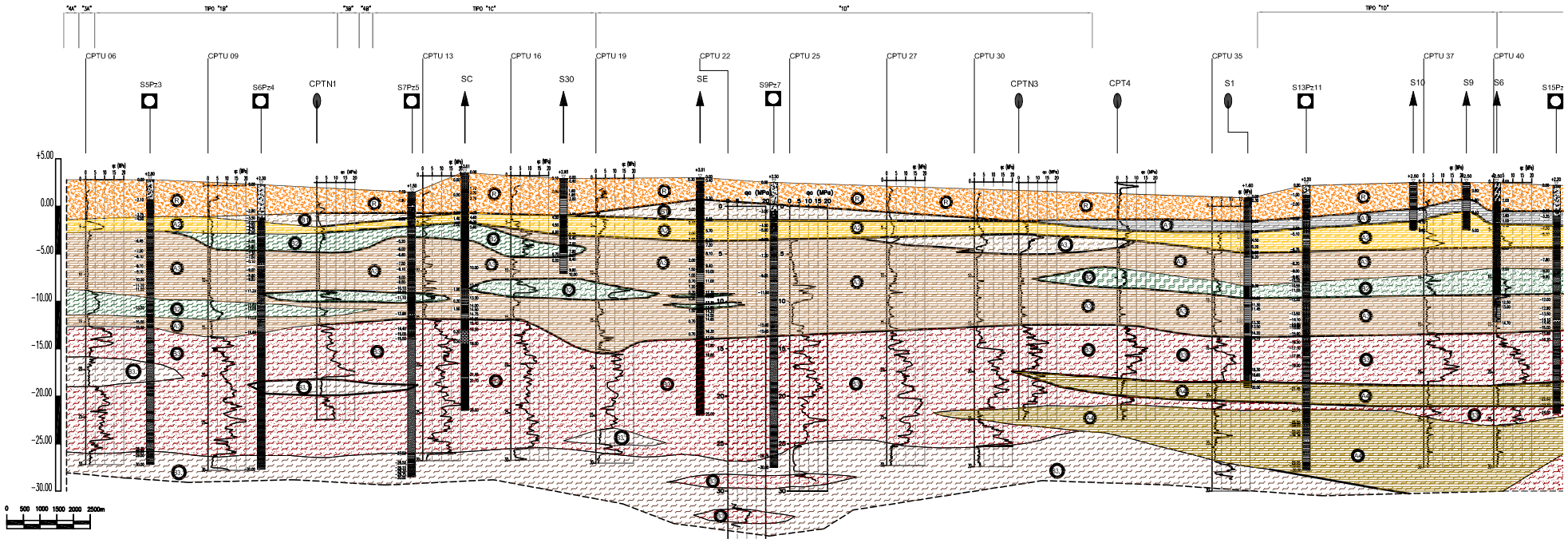
LEGENDA

Campagna 2001/2002

- Sondaggio
- Prova penetrometrica a terra
- ▼ Prova penetrometrica in acqua
- ◆ Piezometro

Campagna preliminare

- Sondaggio
- ▲ Prova penetrometrica a terra



- Sondaggi
- ▲ Prove penetrometriche statiche
- R Riporto - Sabbia limosa - Limo argilloso
Sabbia e ghiaia in matrice limoso argillosa
- A1 Argilla limosa
- A2 Argilla limosa e limo argilloso
- A3 Limo argilloso e argilla limosa
- A3.1 Limo sabbioso
- A4 Limo argilloso
- B1 Sabbia fine debolmente limosa
- B2 Sabbia - Sabbia limosa
- B2.1 Limo sabbioso
- B3 Sabbia medio fine limosa
- B3.1 Limo sabbioso argilloso