



Consiglio Nazionale delle Ricerche



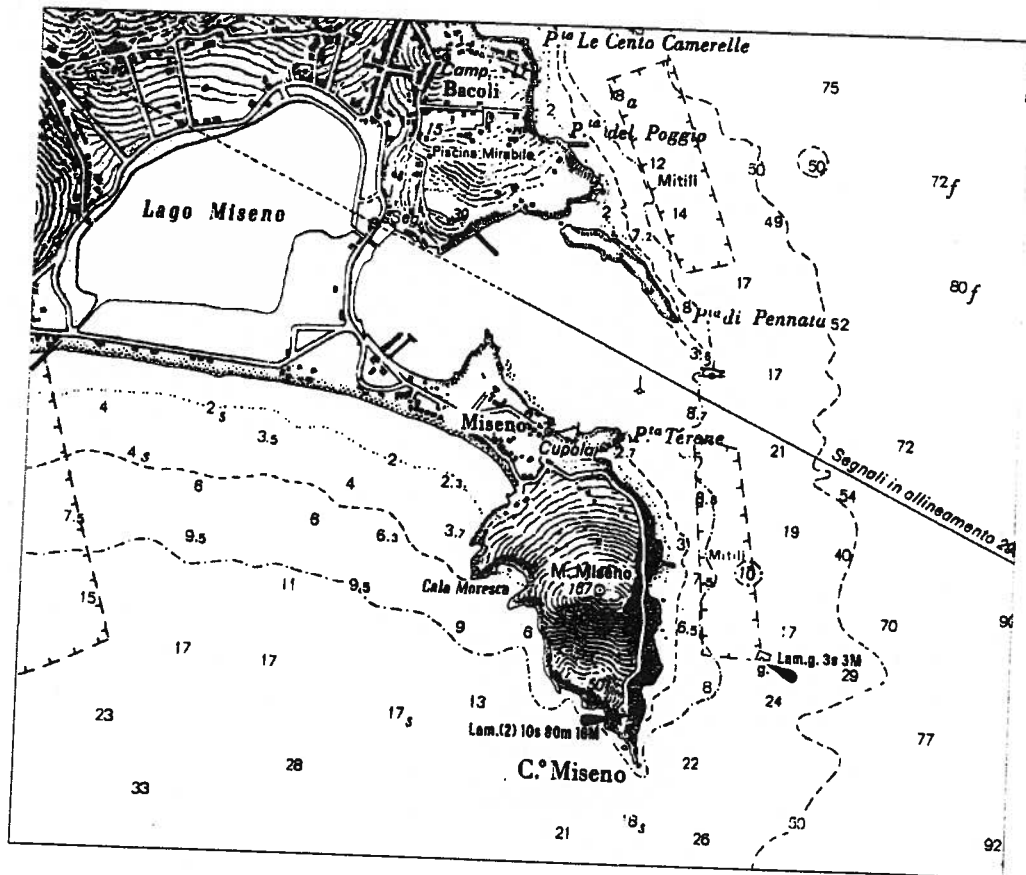
Istituto di Ricerca "Geomare sud" - CNR Napoli

**Stazione Navale del Corpo della Guardia di Finanza nel  
Comrensorio di Miseno, Comune di Bacoli (Napoli)**

**Indagini Geognostiche finalizzate alla realizzazione di  
una struttura speciale per l'alaggio dei mezzi navali**

**Relazione Geologica e Geotecnica  
Rapporto Tecnico**

*M. Sacchi, A. Conforti, A. Di Meglio, D. Insinga, F. Molisso,  
e G. Sarnacchiaro*



Napoli, novembre 1998

Rit. DINT

## **1. PREMESSA**

## **2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA**

## **3. INDAGINI ESEGUITE**

### **3.1 Indagini in sito**

### **3.2 Analisi di laboratorio**

## **4. COSTITUZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO**

### **4.1 Sabbie limose di copertura**

### **4.2 Sabbie medie e grossolane**

### **4.3 Pomici eterometriche in matrice pozzolanica**

### **4.4 Sabbie limose pozzolaniche**

### **4.5 Sabbie grossolane con ciottoli**

## **5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO**

### **5.1 Sabbie limose artificiali**

### **5.2 Sabbie medio grosse incoerenti**

### **5.3 Pomici eterometriche in matrice pozzolanica**

### **5.4 Sabbie limose pozzolaniche**

### **5.5 Sabbie grossolane con abbondanti ciottoli**

## **6. APPENDICE**

## **1. PREMESSA**

La presente relazione accompagna, per quanto riguarda gli aspetti geologici e geotecnici, il progetto esecutivo di una struttura speciale per l'alaggio dei mezzi navali del Corpo della Guardia di Finanza, da realizzarsi nella stazione navale di Capo Miseno nel Comune di Bacoli (NA).

In essa, dopo una descrizione geomorfologica dell'area di intervento, si analizzano i risultati ottenuti a seguito di una estesa campagna di indagini in sito e di laboratorio all'uopo eseguita, e si ricostruisce inoltre la successione stratigrafica del sottofondo mare definendone infine le caratteristiche geotecniche.

## **2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA**

La zona in esame ricade, come si evince dallo stralcio planimetrico in scala 1:8000 di fig. 1, in località Capo Miseno nel Comune di Bacoli (NA). Quest'area costituisce parte integrante del distretto vulcanico dei Campi Flegrei il quale, unitamente alle isole di Ischia e Procida rappresenta una provincia vulcanica complessa, formata da un insieme di apparati eruttivi monogenici. Questi ultimi appaiono disposti secondo un allineamento prevalente Est-Ovest e rappresentano il prodotto di un'attività vulcanica sviluppatasi nel corso delle ultime decine di migliaia di anni e caratterizzata da un chimismo ad affinità potassica.

L'area di Miseno ricade, in particolare, nel settore occidentale di tale distretto, di cui l'aspetto morfologico più saliente è rappresentato da un allineamento di apparati vulcanici in direzione NO-SE, che comprende appunto i

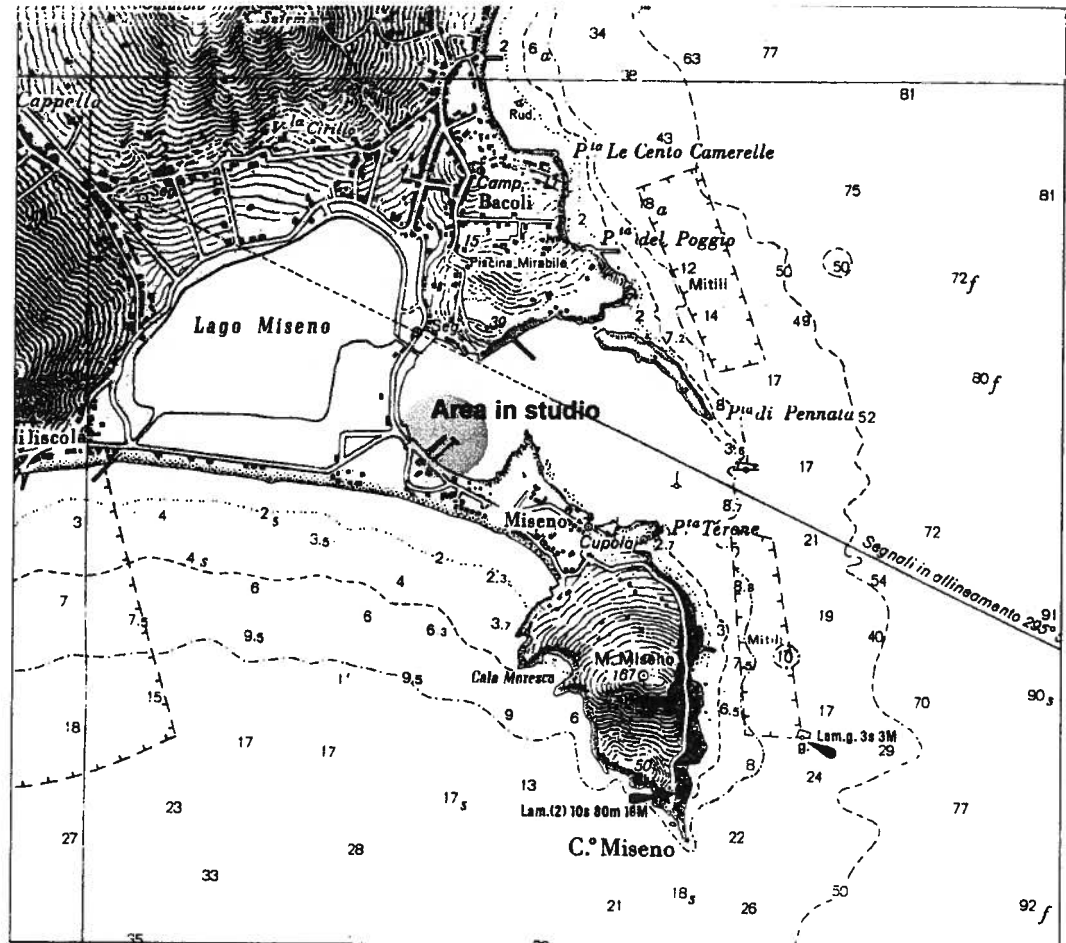


Fig. 1 – Ubicazione dell'area in studio

Questi apparati di modeste dimensioni appaiono oggi quasi completamente distrutti a seguito delle fasi di collasso vulcano-tettonico e dell'erosione marina che hanno interessato i settori costieri dell'area nelle ultime migliaia di anni. Essi sono costituiti principalmente da alternanze di strati di scorie di varie dimensioni miste a pomici, immerse in una matrice cineritica più o meno abbondante, a luoghi resa coerente da un processo di diagenesi e di cementazione (zeolitizzazione) secondaria. In alcune zone, lungo i versanti di questi apparati vulcanici (es. Capo Miseno e Porto Miseno) sono visibili infatti graduali passaggi da facies piroclastiche giallastre litoidi a facies grigiastre decisamente meno coerenti.

Da un punto di vista geomorfologico l'area di Capo Miseno presenta i tratti caratteristici di un sistema craterico collassato, la cui originaria morfologia è

ancora riconoscibile dalla forma circolare dell'insenatura del porto di Miseno, all'interno della quale trova naturale riparo l'approdo della stazione navale della Guardia di Finanza, interessato dalle indagini in oggetto. Così come si evince dalla Fig. 2 i relitti dell'originaria morfologia vulcanica sono rappresentati dai rilievi morfologici del M. e Miseno Torreg. quali si evidenziano le scogliere presso vicinali per il Capo Miseno e per la Torre Normanna.

I depositi al fondo mare lungo le banchine del porto di Miseno ed in particolare in prossimità dell'area di intervento, sono rappresentati da sabbie prevalentemente limose di natura vulcanica, che testimoniano un ambiente di sedimentazione protetto (tipo baia o laguna costiera) e di bassa energia. Le condizioni di circolazione ristretta dell'ambiente e l'assenza di forti correnti lungo costa favoriscono di norma, in simili contesti geomorfologici, elevati tassi di sedimentazione ed una relativa abbondanza di frazione fine dei depositi i quali conservano comunque evidenza di occasionali o periodiche fasi di alta energia tipiche degli ambienti di spiaggia prossimale.

### **3. INDAGINI ESEGUITE**

Come accennato in premessa, per l'accertamento della natura e delle caratteristiche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame è stata eseguita una apposita campagna di indagini sia in sito che in laboratorio.

#### **3.1 Indagini in sito**

Le indagini in sito, la cui ubicazione è riportata nella planimetria di Fig.3 sono state affidate alla ditta "EDILTRIVELLAZIONI" di Quarto (NA) ed hanno compreso:

- 1) sondaggi meccanici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati o da ricostituire in laboratorio;
- 2) prove penetrometriche dinamiche tipo Standard Penetration Test (S.P.T.) eseguite nel corso dei sondaggi;

I sondaggi sono stati eseguiti con attrezzature a rotazione munite di carotiere del diametro esterno di 101 mm ed adoperando, là dove necessario, colonne di rivestimento del diametro esterno di 127 mm.

Dai sondaggi è stato innanzitutto estratto un carotaggio continuo che è stato ordinatamente sistemato in apposite cassette catalogatrici e quindi utilizzato per la redazione delle singole stratigrafie. Sono stati poi prelevati una serie di campioni indisturbati, adoperando al riguardo un campionatore Shelby del diametro di 90 mm e della lunghezza di 70 cm, infisso a pressione sul fondo del foro, previo avanzamento del rivestimento e pulitura del perforo.



Nel corso delle trivellazioni sono state inoltre eseguite prove penetrometriche tipo Standard Penetration Test (S.P.T.). Queste consistono, come è noto, nel far penetrare nel terreno, sotto i colpi di una massa battente del peso di 63,5 Kg liberamente cadente da un'altezza di 76 cm, un attrezzo standardizzato (campionatore Raymond), e nel rilevare il numero di colpi necessari per intingere l'attrezzo per tre tratti successivi, di 15 cm ciascuno. A caratterizzare la resistenza del terreno viene poi assunto il numero N dei colpi complessivamente richiesti per il 2° ed il 3° tratto.

Nella tabella 1 è riportato l'elenco dei cinque sondaggi realizzati, con l'indicazione, per ciascuno di essi: delle quote riferite al livello medio mare, delle profondità raggiunte, del numero dei campioni indisturbati prelevati e del numero delle prove S.P.T. eseguite.

Dalla tabella si rileva così che sono stati effettuati sondaggi di lunghezza massima di 40 metri. Quanto al numero dei prelievi di campioni indisturbati e delle prove S.P.T. esso è risultato rispettivamente di 25 e 35.

TABELLA 1

SONDAGGIO	QUOTA (m s.m.m.)	LUNGHEZZA (m)	CAMPIONI INDISTURBATI	PROVE S.P.T. (n.)
MGF1	+0.75	34.00	5	7
MGF2	-1.20	34.00	5	7
MGF3	-1.50	30.00	5	7
MGF4	-2.00	32.00	5	7
MGF5	-2.50	40.00	5	7
		TOTALI	25	35

I risultati delle singole prove in sito sono discussi nel paragrafo 5, mentre le prove di laboratorio sono riportate in un apposito elaborato allegato alla presente relazione.

### 3.2. Analisi di laboratorio

Sui 25 campioni indisturbati prelevati dai sondaggi, sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio, comprendenti:

- determinazione delle caratteristiche fisiche generali (umidità naturale, peso specifico di volume, peso specifico reale, densità secca, porosità, grado di saturazione);

- determinazione della composizione granulometrica dei campioni prelevati mediante setacciatura (per la parte più grossolana) e mediante sedimentazione (per la frazione più sottile).

- determinazione della coesione e dell'angolo d'attrito interno mediante prova di taglio diretto (consolidata drenata).

Le prove geotecniche e le granulometrie sono state effettuate presso il laboratorio ufficiale GEOLOGIA TECNICA di Salerno.

I campioni indisturbati sono stati prelevati mediante fustelle di acciaio del diametro intero di 88 mm e di 60 cm di lunghezza. L'estrusione dalle fustelle è stata eseguita in laboratorio con un estrattore dotato di un apparato idraulico.

I campioni estratti sono descritti schematicamente in Tabella 2.

TABELLA 2

Sond. N°	Camp. N°	Prof. m	Descrizione Litologica
1	1	8.0-8.5	Sabbia fine nerastra con scorrette vulcanica
1	2	11.5-12.0	Sabbione grossolano con scorie soffiate e livelli di limo bruno verdognolo e di limo morbido nerastro
1	3	18.0-18.4	Pomici verdognole, anche grossolane, in matrice pozzolanacea verdognola
1	4	25.0-25.6	Sabbia fine nerastra monogranulare, con qualche scorretta e gusci minuti
1	5	29.0-29.5	Sabbia finissima nerastra, abbastanza monogranulare
2	1	6.0-6.4	Sabbia finissima nerastra, monogranulare
2	2	11.0-11.5	Sabbia nerastra con limo morbido e qualche scorietta
2	3	18.0-18.6	Sabbia finissima monogranulare nerastra, con frammenti di gusci minuti
2	4	26.0-26.5	Sabbia fine nerastra con raro ghiaietto
2	5	30.0-30.5	Sabbia grossa nerastra con rari clasti ghiaiosi e passaggi di limo nerastro pseudocementato
3	1	6.0-6.5	Sabbia fine nerastra
3	2	10.0-10.6	Sabbia grossa nerastra con ghiaia di media pezzatura
3	3	17.5-17.8	Sabbia fine nerastra con rari clasti arrotondati
3	4	24.5-25.0	Sabbia finissima grigiastra
3	5	29.0-29.3	Sabbia finissima monogranulare grigiastra con gusci minuti
4	1	6.0-6.05	Sabbia grossa nerastra con ghiaietto minuto
4	2	11.0-11.5	Sabbia grossa nerastra con ghiaietto
4	3	18.0-18.6	Sabbia fine nerastra monogranulare
4	4	25.0-25.6	Sabbia fine grigiastra con raro ghiaietto minuto
4	5	31.0-31.5	Sabbia fine nerastra con rari clasti arrotondati
5	1	4.0-4.5	Sabbia media e grossa nerastra con raro ghiaietto minuto
5	2	11.0-11.5	Sabbia media e grossa nerastra con scarso ghiaietto
5	3	18.0-18.6	Sabbia finissima grigiastra
5	4	25.0-25.5	Sabbia nerastra media e grossa con passaggi a rilevante matrice limosa e presenza di gusci minuti
5	5	37.0-37.5	Sabbia fine nerastra con raro ghiaietto minuto

Trattandosi di sedimenti composti da più frazioni granulometriche, la procedura analitica è stata eseguita per via umida e per via secca. Le analisi granulometriche sono state eseguite utilizzando i setacci della serie ASTM con maglie da 64 mm sino a 0.074 mm. I campioni sono stati setacciati per via umida



con setaccio a maglia 0.074 mm; quindi sono stati seccati in stufe a circa 40°C, pesati e passati con una pila di setacci (Tabella 3) nel setacciatore meccanico.

TABELLA 3

Setaccio ASTM	Maglia (mm)
2 1/2	64.000
1 1/2	38.000
1	25.400
3/4	19.000
1/2	12.700
3/8	8.510
1/4	6.350
4	4.760
10	2.000
18	1.000
30	0.595
40	0.420
60	0.250
70	0.210
80	0.177
200	0.074

I pesi ottenuti dalle singole frazioni granulometriche sono state riportate in tabelle e rappresentate graficamente attraverso istogrammi e curve cumulative. Le schede descrittive relative ad ogni singolo campione analizzato sono riportate in Appendice (paragrafo 6).

#### 4. COSTITUZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

Le indagini eseguite hanno nella sostanza confermato le indicazioni desumibili dalla letteratura geologica sull'area ed in parte già anticipate nei precedenti paragrafi. In tutti i sondaggi effettuati (vedi colonne stratigrafiche allegate) è stata evidenziata la presenza di una successione di depositi sabbiosi di spiaggia prossimale, più o meno limosi, e con presenza variabile (talora preponderante) di livelli di pomici anche grossolane e ghiaie fini poligeniche.

Va in primo luogo sottolineato che nessuna delle perforazioni effettuate ha raggiunto il substrato tufaceo che pure si rinviene estesamente in affioramento nelle aree circostanti la baia del porto di Miseno. Da ciò si può desumere che l'intera successione attraversata dai sondaggi rappresenta un intervallo di tempo relativamente recente (probabilmente non più antico di 8.000 anni) e, come era da attendersi, caratterizzato da elevati tassi di sedimentazione.

Come si evince dall'esame delle stratigrafie dei sondaggi, i depositi attraversati in perforazione possono suddividersi in cinque orizzonti principali (vedi sezione stratigrafica di Fig. 4) che dall'alto verso il basso sono rappresentati

- 2) Sabbie medio grosse incoerenti.
- 3) Pomice eterometriche in matrice pozzolanica.
- 4) Sabbie limose pozzolaniche.
- 5) Sabbie grossolane con abbondanti ciottoli.

#### *4.1 Sabbie limose di copertura*

Si tratta dei depositi stratigraficamente più alti caratterizzati da un'abbondante presenza di resti vegetali che suggerisce condizioni di sedimentazione in ambiente lagunare o di transizione non lontani dalla terra emersa.

Sono rappresentati da sabbie più o meno limose in cui sono ben visibili filamenti e frustoli vegetali non ancora in decomposizione, frammenti di gusci di bivalvi ed a luoghi piccoli frammenti di materiali di riporto di origine antropica legati probabilmente alla realizzazione dell'attuale banchina di approdo.

Lo spessore accertato dai sondaggi varia da un minimo di circa 4 metri, nel sondaggio MGF5 ad un massimo di circa 8 metri nel sondaggio MGF1 eseguito sulla banchina.

#### *4.2 Sabbie medie e grossolane incoerenti*

Si tratta dei depositi di un breve ciclo marino trasgressivo che si sviluppa con una classica successione gradata passando da sabbie medio-grosse a sabbie medie debolmente limose progressivamente più fini procedendo verso l'alto.

I colori prevalenti vanno dal grigio scuro al nerastro per la abbondante presenza di materiale di natura vulcanica. Questo orizzonte si rinviene con spessori variabili compresi tra i 6 m ed i 10 m, così come si evince dalla sezione stratigrafica di Fig.4, al disopra del livello di pomice eterometriche. I depositi di questo intervallo sono in larga misura incoerenti ed hanno creato non poche difficoltà per il recupero dei campioni di durante il corso dei carotaggi.

#### *4.3 Pomice eterometriche in matrice pozzolanica*

Questo orizzonte stratigrafico dello spessore massimo di circa 5 m , che si rinviene a profondità comprese tra i 14 e 19 metri ed è costituito da pomice eterometriche a luoghi immerse in abbondante matrice sabbioso-limosa di natura pozzolanica.

Spesso si riscontrano livelli arrossati e patine di ossidazione che testimoniano la presenza di fenomeni di alterazione superficiale in ambiente

vadoso o addirittura subaereo. L'elevato grado di arrotondamento dei ciottoli frammisti alle pomice evidenzia un ambiente di sedimentazione di spiaggia prossimale o di battigia.

Anche i depositi di questo intervallo si presentano perlopiù incoerenti o

#### *4.4 Sabbie limose pozzolaniche*

Al disotto del livello di pomice si rinviene un terzo orizzonte caratterizzato dalla presenza di sabbie più o meno limose, ben cernite, che spesso contengono abbondante detrito conchigliare. Le sabbie sono di colore grigio scuro e all'analisi con la lente di ingrandimento 10X si rivelano immerse in una matrice prevalentemente pozzolanica di origine vulcanica. All'uopo è il caso di sottolineare che i terreni pozzolanici flegrei sono costituiti da ceneri vulcaniche e cioè da un assieme di minutissimi brandelli lavici vetrificati e soffiati, con tessitura minutamente bollosa, misti a detriti vari, vitrei e litici, fra i quali frammenti di fenocristalli e di rocce che il magma ed i gas associati strappano dalle pareti dei condotti vulcanici.

La presenza di una frazione limosa generalmente sempre apprezzabile suggerisce condizioni di sedimentazione in ambiente protetto di spiaggia sommersa. Questi depositi si presentano generalmente coerenti e si dimostrano sensibilmente compatti e resistenti alla perforazione.

#### *4.5 Sabbie grossolane con ciottoli*

Tale orizzonte, così come si evince dalla Fig. 4, è stato raggiunto in quasi tutti i sondaggi ad eccezione del sondaggio MGF3.

Si tratta di sabbie piuttosto grossolane incoerenti, con abbondanti ciottoli arrotondati sia di natura lapidea che pomicea, questi ultimi spesso ossidati.

Anche per tale deposito, il grado di arrotondamento dei clasti evidenzia un ambiente di sedimentazione di spiaggia prossimale o di battigia.

Il recupero del materiale è stato possibile grazie alla presenza di intercalazioni di esili livelli di materiale con una frazione limosa tale da poter consentire la formazione del tappo di chiusura del campionario.

## **5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO**

Da quanto descritto in precedenza, ai fini di una caratterizzazione geotecnica dei terreni da porre a base della progettazione delle nuove opere, si sono analizzati e confrontati i dati delle prove geotecniche di laboratorio con quelli ottenuti dalle indagini geotecniche in sito, rispettando la successione stratigrafica descritta nel precedente paragrafo.

Per semplicità di esposizione nella tabella 2 sono stati riassunti i risultati delle prove geotecniche di laboratorio mentre nella sezione geotecnica di Fig.5

sono riportati oltre ai limiti stratigrafici anche i risultati delle prove SPT eseguite nel corso dei sondaggi ed i valori dei principali parametri geotecnici per ciascuna campionatura eseguita.

Si tratta di sabbie fini con una frazione limose più o meno abbondante, ricche di filamenti vegetali che conferiscono al complesso in parola una certa compressibilità.

Le prove SPT eseguite hanno fatto registrare valori del numero di colpi  $N_{SPT}$  compresi tra 12 e 20 caratteristici di terreni da scarsamente a mediamente addensati. Per quanto concerne le caratteristiche geotecniche, l'unico campione analizzato in laboratorio ha evidenziato pesi dell'unità di volume  $\gamma$  prossimi ad  $1.5 \text{ g/cm}^3$ , valori di coesione nulli ed angoli di attrito  $\phi$  pari a  $35^\circ$ . A questo ultimo riguardo è il caso di sottolineare che per l'abbondante presenza di materiale organico, l'angolo di attrito interno  $\phi$  cautelativamente va posto pari a  $30^\circ$ .

### *5.2 Sabbie medio grosse incoerenti*

Da un punto di vista granulometrico, così come confermano i risultati delle prove di laboratorio si tratta di sabbie medio grosse talora con una frazione ghiaiosa predominante, dotate di un certo grado di addensamento con valori di  $N_{SPT}$  mediamente compresi tra 20 e 40 colpi, tipici di sabbie da mediamente addensate a dense (Terzaghi e Peck 1948). Quanto ai valori del peso di volume registrati dalle prove eseguite, questi risultano in media pari ad  $1.7 \text{ g/cm}^3$  con valori minimi e massimi di 1.5 ed 1.9 t/mc registrati rispettivamente in corrispondenza di orizzonti costituiti da elementi più pomicei o più lapidei. Per quanto concerne la coesione, i modestissimi valori registrati inducono a considerarla praticamente nulla, mentre l'angolo di attrito interno  $\phi$  oscilla tra i  $33^\circ$  ed i  $38^\circ$ .

### *5.3 Pomici eterometriche in matrice pozzolanica*

Tale orizzonte, che presenta uno spessore variabile e compreso tra i 1.30 m nel sondaggio MGF3 e i 5 m del sondaggio MGF1, da un punto di vista granulometrico rappresenta una ghiaia con sabbia limosa così come risulta dalla curva relativa al campione 3/MGF1.

Come è noto si tratta di materiali piuttosto leggeri con pesi dell'unità di volume intorno ad  $1.3 \text{ g/cm}^3$  ed una elevata porosità  $n$  (circa il 70%).

Per quanto concerne lo stato di addensamento, questo è risultato fortemente variabile con valori di  $N_{SPT}$  compresi tra 8 e 30 colpi, tipici di tali materiali, mentre la prova di taglio diretto eseguita sull'unico campione prelevato ha fatto registrare angoli di attrito  $\phi$  di  $36^\circ$  ed una coesione di  $0.08 \text{ Kg/cm}^3$  del tutto trascurabile.

#### *5.4 Sabbie limose pozzolaniche*

Rappresentano un orizzonte continuo rinvenuto tra i 14 m nel sondaggio pozzolaniche con una frazione di limo variabile che in alcuni casi raggiunge il 23% tale da classificare le suddette come sabbie limose.

Si tratta di materiali molto compatti così come denotano i valori delle prove penetrometriche SPT eseguite e compresi tra minimi di  $N_{SPT}$  34 e massimi fino al rifiuto.

Per quanto concerne infine i parametri geotecnici principali, i risultati delle prove eseguite, schematicamente riportati nella sezione geotecnica di Fig. 5, hanno fatto registrare valori di peso dell'unità di volume  $\gamma$  mediamente compresi tra 1.6 ed 1.8 g/cm<sup>3</sup> con valori di coesione  $c$  trascurabili ed angoli di attrito  $\phi$  tra 35° e 40°.

#### *5.5 Sabbie grossolane con abbondanti ciottoli*

Rappresenta l'orizzonte più profondo rinvenuto dalle indagini eseguite ed è rappresentato da sabbie piuttosto grossolane con una frazione ghiaiosa abbondante (intorno al 42%) rilevata nel campione 5/MGF5, intercalato con sottili livelli più limosi che, come già detto ne hanno permesso il campionamento.

Nel complesso i materiali risultano ben addensati con valori di  $N_{SPT}$  alquanto dispersi e compresi tra 27 a 70; tale dispersione è probabilmente legata al dilavamento dei materiali causato dalle operazioni di carotaggio.

Quanto infine ai valori dei parametri geotecnici principali, i risultati ottenuti hanno fatto registrare pesi dell'unità di volume  $\gamma$  compresi tra 1.8 ed 1.9 g/cm<sup>3</sup>, coesione ovviamente nulla, trattandosi di materiali incoerenti, ed angoli di attrito  $\phi$  mediamente di 35°.

-oOo-