



## COMUNE DI PALERMO

*Assessorato al Centro Storico*

Interventi urgenti per la messa in sicurezza e il miglioramento statico relativo ai corpi A e H del Complesso monumentale di Santa Chiara – Palermo



### Relazione Geologica

Relazione di cantiere SOIL GEO srl  
Prove geotecniche geoLAB srl

Palermo, febbraio 2009





**COMUNE DI PALERMO**  
**Ufficio Città Storica**

Vista la verifica del 29/11/2016, si esprime. **Parere Tecnico favorevole**, ai sensi dell'art. 5 comma 3 della L.R. 12/2011, prot. n. 1909718 del 29/11/2016, e si valida ai sensi dell'art. 26 comma 8 del del D. Lgs. 50/2016, con contestuale atto prot. n. 1914024 del 30/11/2016.



**U.R.U.P.**

*Ing. Bruno Orlando*



## PREMESSA

Con determinazione sindacale n.204 del 18/06/2004 e con successive modifiche e integrazioni il Comune di Palermo ha affidato allo scrivente l'incarico di consulenza geologica a supporto della progettazione per la messa in sicurezza e il miglioramento statico relativo ad alcuni edifici del complesso monumentale di Santa Chiara (fig.1).

Esso è sito nel quartiere dell'Albergheria (mandamento Palazzo Reale) ed è delimitato dalle Vie G. M. Puglia (ingressi alla Chiesa e al complesso), Scarparelli e Formaggi. Il nucleo più antico del complesso monumentale risale alla metà del XIV secolo e fu destinato a ospitare le Clarisse francescane.

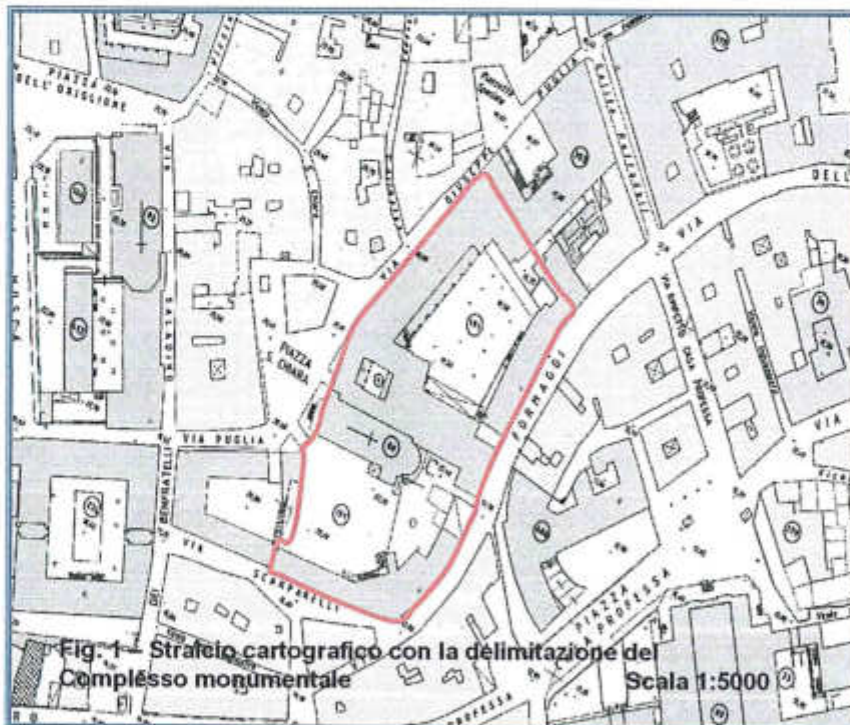


Fig. 1 - Stralci cartografici con la delimitazione del Complesso monumentale

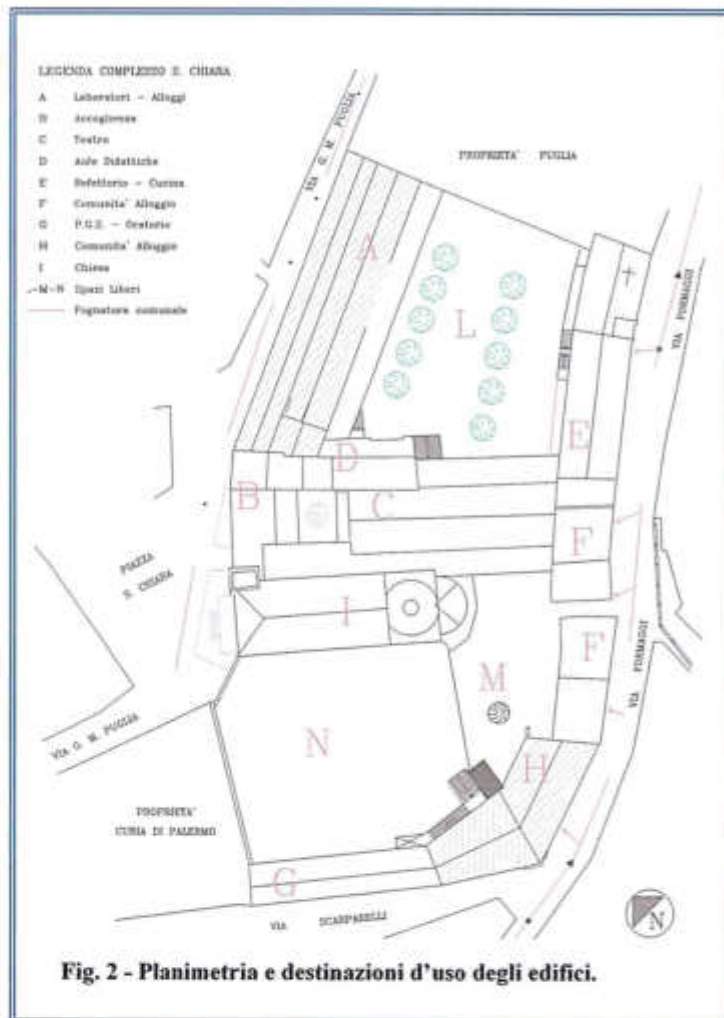
Scala 1:5000

Oggi i vari corpi di fabbrica che lo costituiscono sono destinati alle funzioni che ente gestore svolge nell'ambito delle attività religiose e socio-culturali.

In particolare nella fig. 2, qui di

seguito rappresentata, vengono raffigurate le attuali destinazioni d'uso dei vari edifici compresi quelli oggetto del presente studio.

Quest'ultimo è redatto in conformità alle norme urbanistiche vigenti e in particolare per quanto concerne gli aspetti idrogeomorfologici e di pericolosità geologica si è fatto riferimento sia alla circolare 2222/95 dell'Assessorato



Territorio e Ambiente della Regione Siciliana sia alla circolare 57596/2000 i cui contenuti riguardano gli Aggiornamenti del Piano Straordinario Idrogeologico.

Le ricerche bibliografiche e i precedenti studi svolti nello stesso sito e in aree limitrofe hanno permesso di ricostruire, verosimilmente, un modello geologico-strutturale generale dell'area con alcuni dettagli che le indagini svolte hanno

permesso soprattutto sottostante i piani di fondazione degli edifici A e H. Nello specifico, attraverso le indagini eseguite in passato, i dati dei sondaggi meccanici a carotaggio continuo e piccoli scavi di pozzetti esplorativi spinti a qualche metro di profondità eseguiti in alcuni punti del complesso si è potuto ricostruire una sequenza litostratigrafica del sottosuolo per una profondità significativa di circa 20 m circa. In particolare con i dati disponibili si è interpretato sia la tipologia delle strutture fondali dei corpi di fabbrica interessati sia il modello del sottosuolo per operare correttamente sulle eventuali decisioni da adottare per migliorare le condizioni statiche degli edifici in oggetto.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto del seguente studio, ricade nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 all'interno della Sez. 595053 (stralcio cartografico di fig.2)

Il riferimento alla cartografia ufficiale I.G.M. "Carta d'Italia", rientra nella Tavola "Palermo", F. 249, quadrante II, orientamento NE.

Come già accennato, il complesso monumentale è ubicato nel mandamento del Palazzo Reale, uno dei



quattro della città storica a una quota di circa 20 m (s.l.m.) nel settore della città di Palermo, antistante l'area dell'alveo (Fig. 3) fluviale del Kemonia.

I vari corpi di fabbrica trovano posto sul promontorio pianeggiante "Panormos" che i fiumi Kemonia e Papireto contornavano poco prima di immettersi nella antica laguna portuale.

Tale laguna, oggi la zona della Cala, rappresentava l'originaria area portuale, che dal periodo arabo e post-arabo, incomincia a essere ricolmata per strappare alle depressioni naturali ampie superfici su cui edificare nuovi insediamenti urbani e livellando con terreni di riporto le asperità morfologiche presenti.

Dal punto di vista geomorfologico l'area in oggetto ricade ai bordi di un "terrazzo morfologico" corrispondente a un alto strutturale prospiciente un'area depressa costituita da una valle fluviale.



**Complesso monumentale di Santa Chiara  
COROGRAFIA CON UBICAZIONE DEL SITO**

**scala 1:10.000**

Essi si raccordavano probabilmente con una o più piccole scarpate mediamenti acclivi a formare piccoli terrazzamenti.

Oggi l'originaria conformazione geomorfologia è mascherata dai vari interventi storici costruttivi o di riempimento con materiali di risulta per addolcire i



dislivelli dei profili topografici (ad esempio il muro difensivo di epoca punica, qui raffigurato cela verosimilmente una piccola scarpata).

Di fatto attualmente la configurazione geomorfologica della Piana di

Palermo riflette prevalentemente l'assetto strutturale delle formazioni geologiche dislocate in estese monoclinali a stratificazione piano parallela e con superfici subpianeggianti lievemente inclinati verso il mare, con pendenze medie del 3%.

Di fatto è caratterizzata da una omogeneità strutturale dei substrati, da un buon "abito geomorfologico" (aree pianeggianti e/o sub-pianeggianti) e da un favorevole assetto geologico-strutturale (prevalenza di litosomi lapidei e/o sedimenti addizionati ben consolidati in monoclinali ribassate da faglie).

In particolare nella zona in oggetto oltre alle caratteristiche descritte si aggiunge un altro elemento fisiografico costituito dal paleoalveo fluviale del Kemonia che determina un "basso morfologico" riempito nei secoli da materiali addizionati e uniformato con il resto della piana, su cui si è incentrato il nucleo più antico della città "Panormos", caratterizzata da una generale stabilità dei substrati e dei manufatti su di essa costruiti.



Dal punto di vista idrologico nelle zone in cui è inserita l'area in oggetto il ruscellamento superficiale è di tipo diffuso con preferenziali linee di deflusso delle acque impostate lungo gli assi stradali, depressi e a debole pendenza, che sostituiscono, al momento, le naturali incisioni fluviali e le relative naturali linee di corrivazione in passato esistenti.

Si evidenzia pure che l'impermeabilizzazione dovuta all'intensa urbanizzazione ostacola sia l'infiltrazione nel sottosuolo sia il libero deflusso superficiale delle acque meteoriche captate dalle caditoie della rete fognaria.

Infine da notizie storiche e dai rilievi di superficie eseguiti sia sulla area del sito sia in zone limitrofe non si è rilevato alcun fattore e/o processo geomorfologico attivo tale che possa costituire elemento di instabilità per il complesso monumentale.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

In questa sede si definiscono le caratteristiche geologiche generali dell'area in studio. In particolare con l'ausilio di studi già effettuati, da notizie bibliografiche e le indagini svolte in situ è stato possibile ricostruire una sequenza litostratigrafica del sottosuolo con un sufficiente grado di attendibilità.

Di fatto l'area in oggetto ricade all'interno della vasta Piana di Palermo ove il complesso delle calcareniti quaternarie prevale sulle sottostanti Unità Strati-grafico-Strutturali e sui superiori depositi fluvio-con-tinentali e/o depositi ad-dizionati di natura antropica (colmate, riporti, ecc). In origine questa zona della città era caratterizzata dalla presenza di un'ambiente di

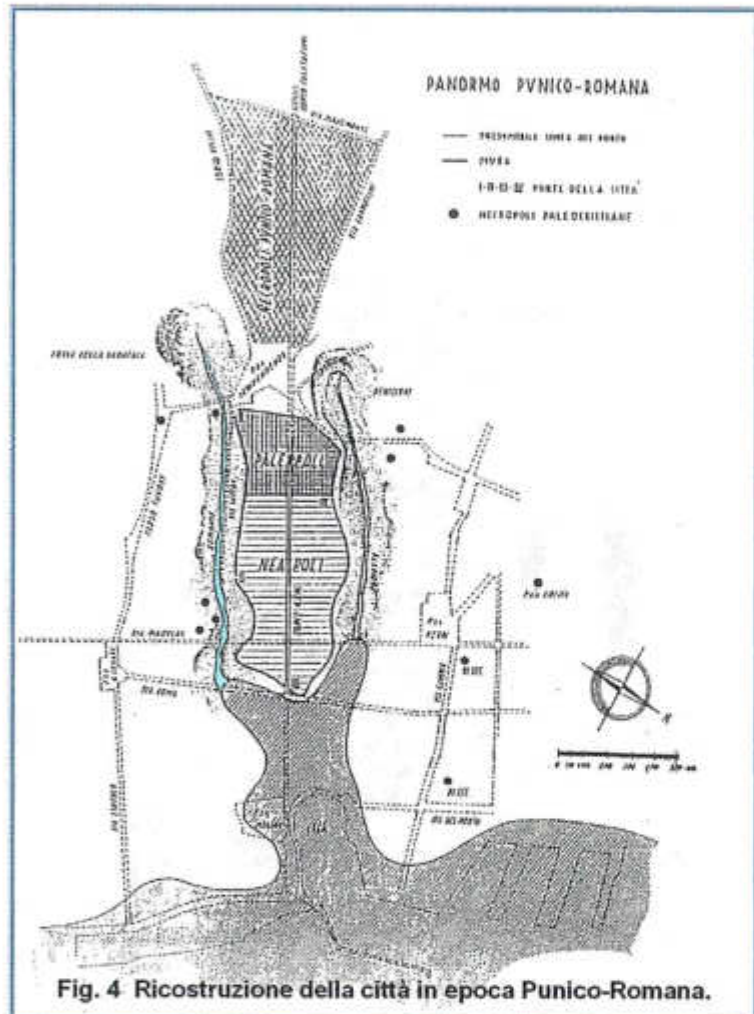


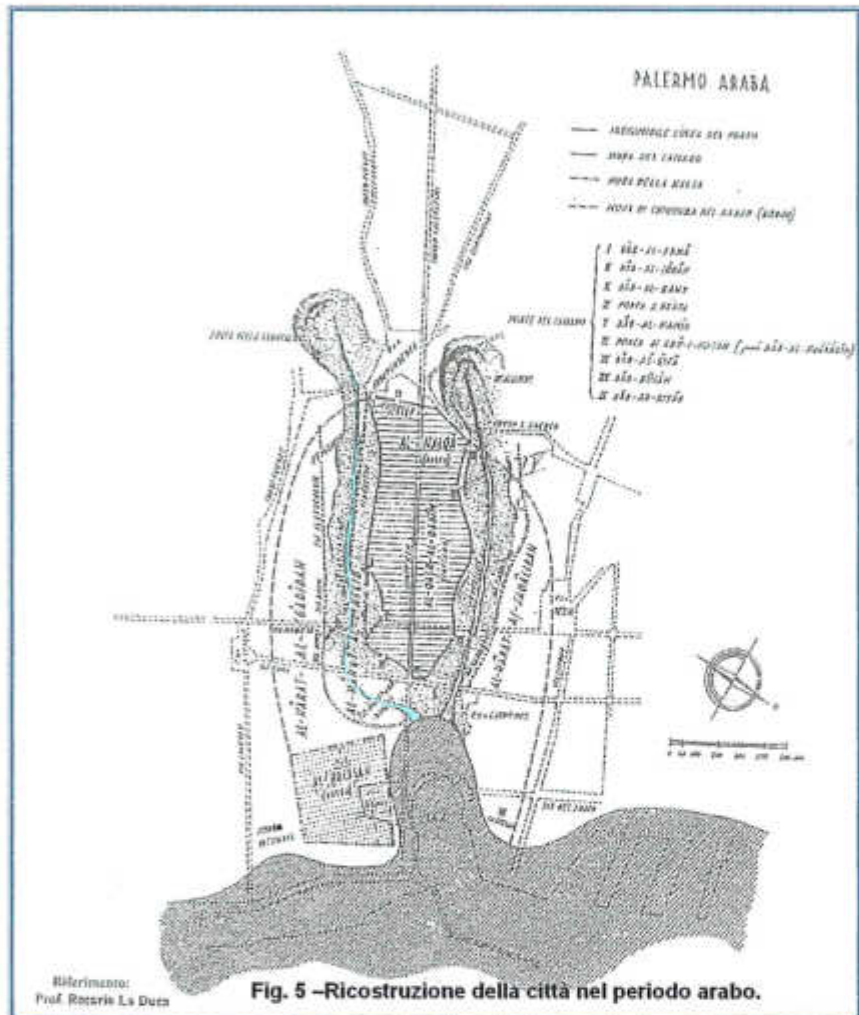
Fig. 4 Ricostruzione della città in epoca Punico-Romana.

tipo fluviale (asse vallivo del F. Kemonia) che terminava insieme al F. Papireto in una ampia ansa della linea di costa.

Di fatto le valli costruite dall'azione erosiva dei fiumi Kemonia e Papireto sfumavano nell'ampia laguna usata come area portuale. I depositi alluvionali che caratterizzavano i loro alvei si allungavano fino alla laguna interdigitandosi con i depositi lagunari trasportati dall'azione di risacca e dalle correnti delle acque marine. In seguito, lo sviluppo della città ha incluso le valli e le incisioni fluviali nel

tessuto urbano, ricolmate nei secoli, con materiali di riporto di varia natura cancellando importanti elementi fisiografici. Ciò non ha del tutto annullato le geometrie morfologiche e le depressioni topografiche che ancor oggi si osservano lungo alcuni assi stradali coincidenti con gli antichi percorsi fluviali.

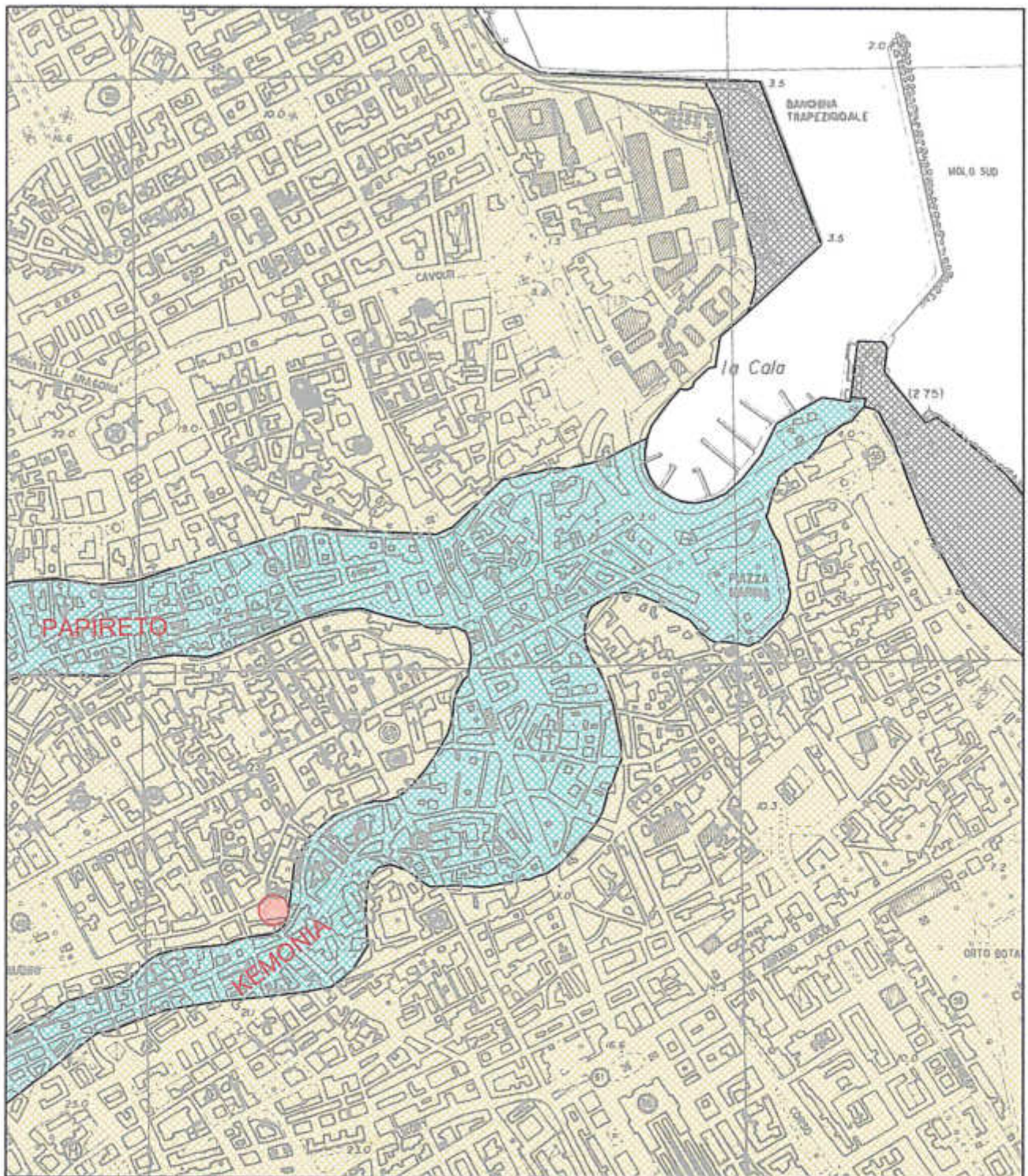
In particolare la successione stratigrafica nell'area in esame è influenzata da questi cambiamenti dell'assetto naturale provocato dall'azione dell'uomo, ed è costituita dall'alto verso il basso da depositi addizionati di natura



eterogenea (terre di riporto) e depositi sedimentari (successione pleistocenica).

I dati acquisiti sia dalle indagini svolte sia da studi eseguiti antecedente all'interno dello stesso complesso monumentale, è possibile ricostruire la sequenza litostratigrafica che caratterizza il sottosuolo dell'area oggetto dello studio e può essere così descritta dall'alto verso il basso:

- **complesso dei terreni di riporto** costituito da materiali di risulta di varie epoche, dal periodo punico fino ai materiali attuali.



**CARTA GEOLOGICA**

**scala 1:10.000**

Complesso Monumentale di Santa Chiara



Materiale di riporto.



Depositi fluviali antichi (paleovalvei del Kemonia e Papireto)



Calcareniti e biocalcarenes ben cementate di colore giallastro con intercalazioni verso il basso di sottili livelli di sabbie con limi. Spessore > di 10 m. Età: Pleistocene inf.



Ubicazione dell'area in studio

Questi sono distinti in vari strati caratterizzati dalla presenza di livelli terrosi, limo-sabbiosi con elementi clastici di varia pezzatura di calcareniti e di chiazze di materiali organici (torbe e fustuli carboniosi); in sequenza livelli di sabbie in matrice terrigena, addensate, con inclusi frammenti litici e tritume di manufatti (utensili, vasellami e laterizi). Spessore variabile da un minimo di 3,00 metri a un massimo di 16,00 metri circa;

Seguono al di sotto i terreni sedimentari costituiti da:

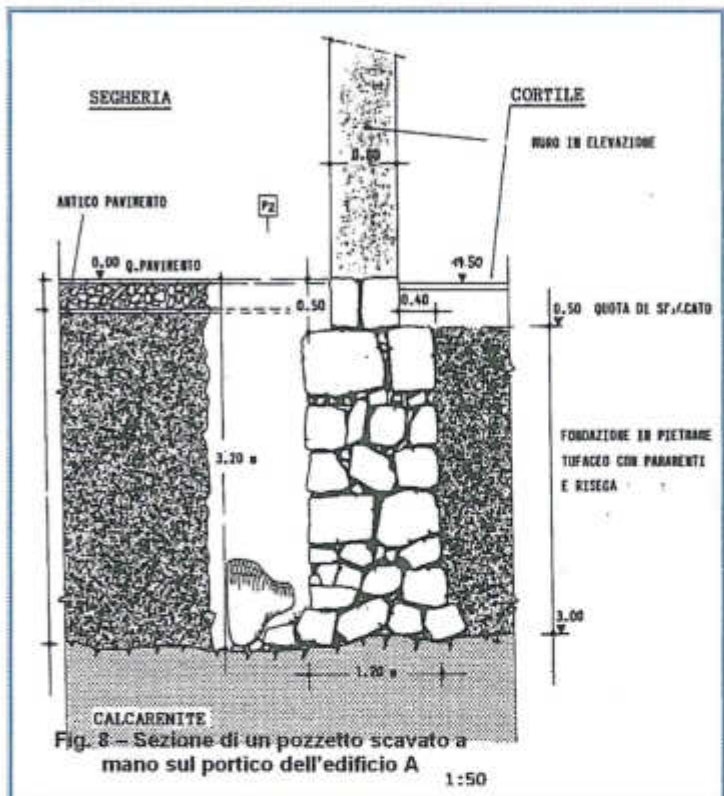
- **depositi alluvionali** del fiume Kemonia con ghiaie, sabbie limose e limi; Spessore variabile da qualche metro a oltre i 10 m. Età: Recente
- **sabbie e sabbie debolmente limose** con intercalati livelli di limi e limi sabbiosi con clasti calcarenitici e strati di calcareniti a struttura nodulare. Spessore oltre i 20 metri circa. Età: Pleistocene.
- **argille grigie**, "Argille azzurre *Auct.*" da debolmente sabbiose a sabbiose con abbondante fauna fossile. Spessore tra i 5 e 10 metri. Età: Siciliano.

## 4. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DEI SITI DI PROGETTO.

### 4.1 EDIFICIO A

Si tratta di un edificio di grandi dimensioni prospiciente Via G.M. Puglia e adibito attualmente ad alloggi e laboratori.

I risultati delle indagini fatte eseguire dal Dr P. Todaro attraverso dei pozzetti scavati a mano per una profondità di circa 3,30 metri per il progetto di ristrutturazione e manutenzione ordinaria della scala e ascensore hanno messo in evidenza al di sotto la pavimentazione una coltre di



terreni di riporto antico ben addensato e costipato con clasti di varie dimensioni di calcareniti di spessore di circa 3,20 m (vd. fig. 8).

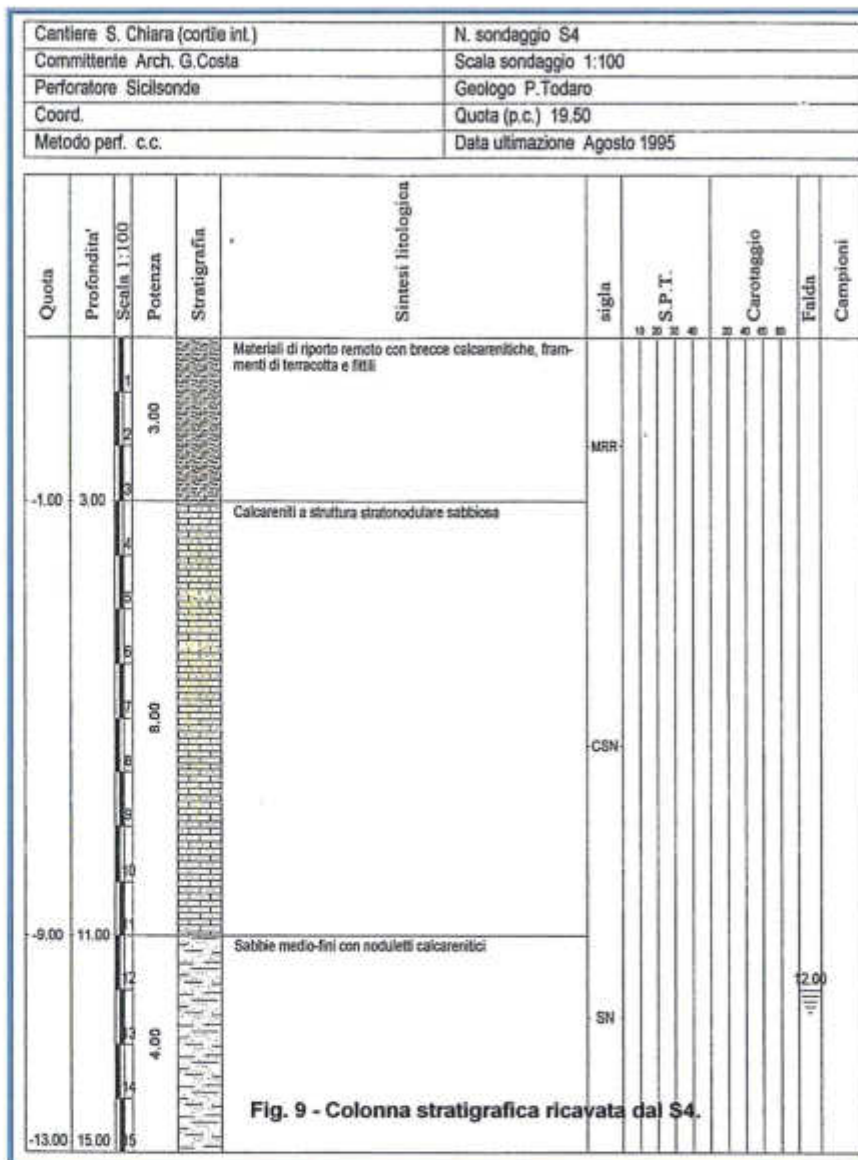
Oltre, si rinviene la sequenza calcarenitica pleistocenica ben cementata e a grana grossolana.

Le fondazioni sono costituite da conci di calcarenite prevalentemente squadrati, aggregati con malta incassate nel bed-rock.

Il sondaggio meccanico a carotaggio continuo, denominato S4, preso in considerazione è stato eseguito nell'agosto 1995 per conto del Dr P. Todaro all'interno del cortile a una quota 19,50.

La sequenza litostratigrafica ricostruita è costituita, dall'alto verso il basso, da:

- terreni di riporto antichi addensati costituiti da una matrice terrosa con inclusi clasti di calcareniti e di ceramiche. Spessore 3 metri circa;



fondità di - 12,00 m (dal p.c.) all'interno dei livelli sabbiosi.

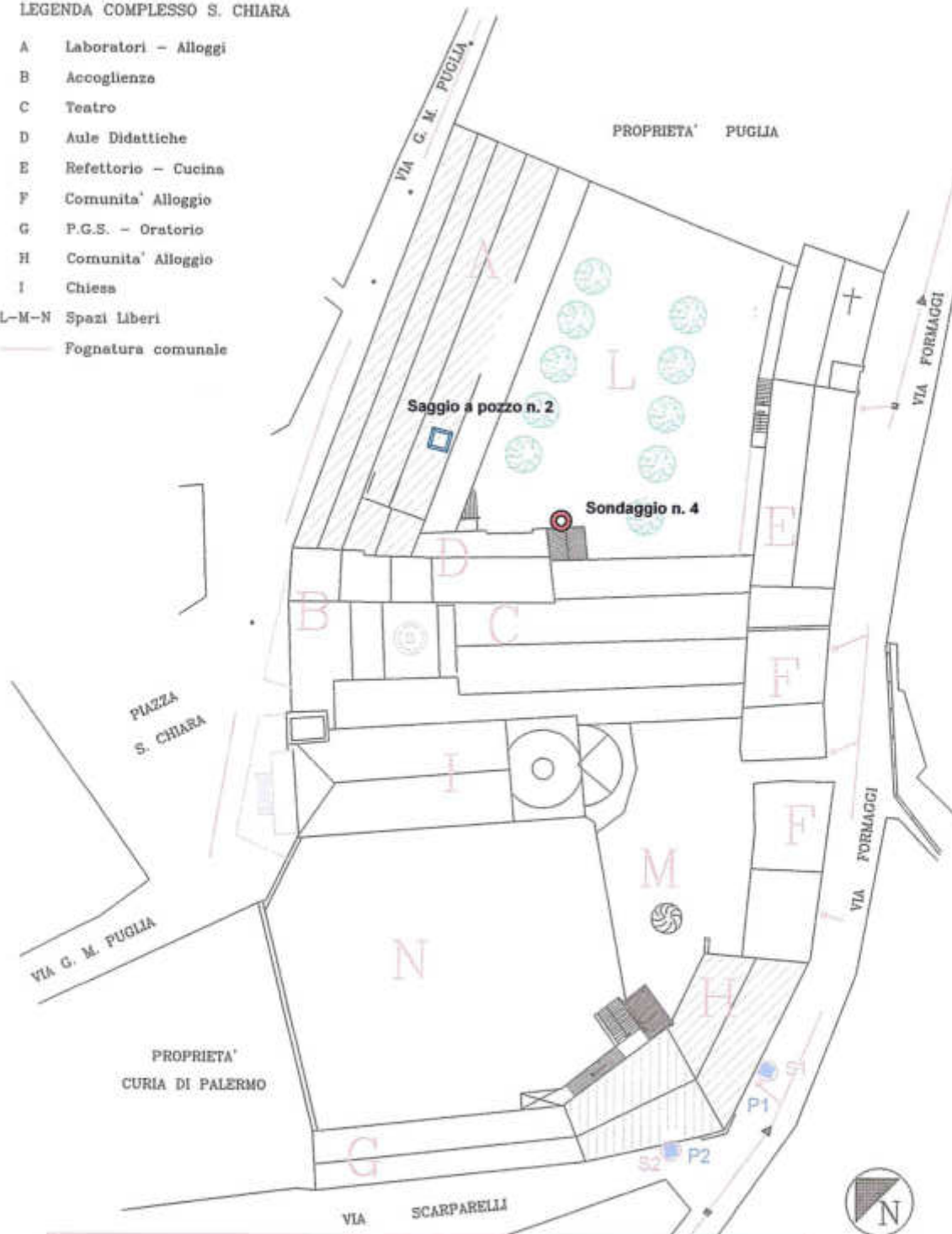
- calcareniti nodulari giallastre con intercalazioni di livelli sabbiosi. Spessore oltre i 10 metri. Età: Pleistocene;

- sabbie a grana medio-fine con intercalati noduli di calcarenite. Spessore oltre 4,00 (fino a f.f.). Età: Pleistocene.

La superficie piezometrica della falda idrica è stata intercettata a una pro-

LEGENDA COMPLESSO S. CHIARA

- A Laboratori - Alloggi
- B Accoglienza
- C Teatro
- D Aule Didattiche
- E Refettorio - Cucina
- F Comunita' Alloggio
- G P.G.S. - Oratorio
- H Comunita' Alloggio
- I Chiesa
- L-M-N Spazi Liberi
- Fognatura comunale



LEGENDA

- S Sondaggi Geotecnici
- P Saggi a pozzetto in fondazione

Ubicazione dei sondaggi geognostici.



## 4.2 EDIFICIO H

Con una campagna di indagini in situ consistenti nell'esecuzione di n. 2 pozzetti scavati a mano e con n. 2 perforazioni geognostiche a carotaggio continuo spinti fino a circa 20 metri dal piano stradale è stato



Foto 2 – Scavo del pozzetto n. 1 su Rua Formaggi



Foto 3 – Conci calcarenitici di fondazione dell'edificio H su Rua Formaggi.

possibile raccogliere i dati più importanti sia per la caratterizzazione delle fondazioni sia dei sottostanti terreni.

In particolare il pozzetto d'ispezione n.1 scavato a mano (foto n. 2 e n. 3), ubicato su Rua Formaggi all'altezza del numero civico n. 56, ha permesso di ricostruire una sezione lito-stratigrafica superficiale e inoltre a messo in evidenza le strutture di

fondazione costituite da grossi conci di calcareniti ben cementate dalle dimensioni di circa 50 x 50 x 60 cm ben accostati e giustapposti gli uni sugli altri con della malta in parte disgregata o deteriorata.

In particolare lo scavo eseguito fino a - 1,60 m dal piano stradale ha intercettato al di sotto del lastricato dei terreni di risulta (riporto storico).

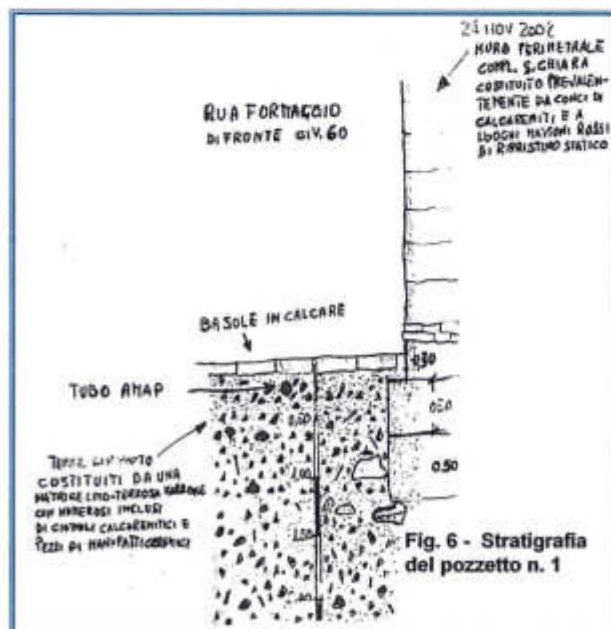


Fig. 6 - Stratigrafia del pozzetto n. 1

Di fatto si tratta di terreni di risulta, ben addensati e costipati, costituiti da limi terrosi di colore marrone con numerosi inclusi clastici di calcareniti (anche di grande dimensione) e di manufatti di ceramica. Sullo stesso sito si è effettuato un sondaggio meccanico a carotaggio continuo spinto a circa - 20,00 metri dal piano stradale (13,60 m. s.l.m.).

La colonna stratigrafica ricostruita dall'alto verso il basso è costituita da:



- **pavimentazione stradale** in basole calcaree. Spessore: 0,50 m.;
- **terreni riportati e/o rimaneggiati**, costituiti da uno scheletro di clastici lapidei e frammenti di manufatti ceramici (cocci di terracotta) immersi

in una matrice terro-sabbiosa di colore marrone chiaro. Età: Recente. Spessore: 2,50 m.;

- **limi sabbiosi** in alternanza irregolare con sabbie-limose contenenti frammenti nodulari calcarenitici e subordinatamente calcarei. Età: Pleistocene. Spessore: 7,50 m.;





- **sabbie limose** con sottili intercalazioni irregolari di livelli clastici lapidei

(ghiaietto). Età: Pleistocene. Spessore: oltre i 9,50 m (fino a fondo foro).



La superficie piezometrica della falda idrica è stata intercettata a una profondità di - 9,50 m (dal p.c.) all'interno dei livelli sabbio-limosi.

Il pozzetto n. 2 e il corrispettivo sondaggio sono stati effettuati a poca distanza dei primi e precisamente su Via de Scarparelli tra i numeri

civici 5 e 7 a una quota di circa 14 m (s.l.m.).

La sezione stratigrafica ricavata dallo scavo ha messo in evidenza al di sotto del manto stradale bituminoso e di un vecchio basolato a lastre e ciottoli calcarei, dei terreni di risulta fino alla profondità stabilita pari a circa - 1,60 metri dal piano stradale. In particolare si tratta di terreni di riporto costituiti da limi terrosi e sabbiosi marroni con inclusi clastici di natura prevalentemente calcarenitica e numerosi cocci di manufatti ceramici.

Così come i primi sullo stesso sito si è eseguito un sondaggio meccanico a carotaggio continuo spinto a circa 20,00 metri dal piano stradale (14,00 m. s.l.m.).



Foto 6 - Lavoro n. 2. A sinistra delle fondazioni costituite da conci quadrati di calcareniti.

La colonna stratigrafica ricostruita dall'alto verso il basso è costituita da:

- **manto bituminoso** che ricopre una esistente pavimentazione stradale costituita da composizione di basole calcaree e ciottoli di fiume. Spessore: 0,80 m.;
- **terreni di riporto** rimaneggiati e compatti costituiti da uno scheletro di clasti lapidei calcarenitici immersi in una matrice limo-sabbiosa. Spessore: 2,00 m circa. Età: Recente;
- **livello calcarenitico** con spessore di 20 cm. Età: Pleistocene;
- **limi sabbiosi alterati** con immersi clasti di calcareniti nodulari. Spessore: 0,70 m. Età: Pleistocene;
- **limi sabbiosi** biancastri con livelli di calcareniti ben cementate passanti verso il basso a sabbie fini. Spessore: 4,60 m circa. Età: Pleistocene;
- **sabbie limose** di colore giallastro con clasti nodulari di calcareniti. Spessore 3,80 m circa. Età: Pleistocene;



Foto 7 - Perforazione n. 2 su Via Scarparelli



Foto 8 - Cassina contenente i primi 4 m di terreni caratati



- **sabbie giallastre** ben addensate con livelli intercalati di sabbie più o meno limose contenenti clasti nodulari di calcareniti. Spessore 4,20 m circa. Età: Pleistocene;
- **sabbie limose** di colore giallastro con immersi noduli calcarenitici di colore biancastro. Spessore: 1,00 m circa. Età: Pleistocene;
- **livello di calcareniti** giallastro a grana media ben cementata con spessore di 30 cm circa. Età: Pleistocene;
- **argille limose** di colore grigio-verdastre con sabbia (in facies delle *Argille Azzurre Auct.*). Spessore: oltre i 6 metri circa (fino a f.f.). Età: Siciliano.

La falda idrica è stata



Foto 9 – Cassetta contenente gli ultimi metri di terreni

intercettata a una profondità di - 10,00 m (dal p.c.) all'interno dei livelli sabbio-limosi.

## 5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nell'area considerata sono presenti terreni che dal punto di vista idrogeologico si presentano alquanto eterogenei tra loro.

Per la caratterizzazione di un quadro idrogeologico si è resa necessaria una definizione dei terreni in base al loro grado di permeabilità ricavato dalle caratteristiche litologiche dei terreni.

Da ciò si sono circoscritti dei complessi idrogeologici legati alle rispettive classi di permeabilità.

I complessi idrogeologici identificati, dal basso verso l'alto, sono:

- ***complesso impermeabile.***

E' rappresentato verosimilmente da una sequenza sedimentaria di tipo argillosa che rappresenta il livello di base per il sovrastante acquifero di tipo detritico-alluvionale;

- ***complesso a permeabilità medio-bassa per porosità.***

E' rappresentato dalle sequenze clastiche pleistoceniche. In tale complesso la permeabilità, legata alla granulometria dei grani, al grado di addensamento, alla presenza di livelli prevalentemente sabbiosi, oscilla tra  $10^{-5}$  e  $10^{-3}$  cm/s;

- ***complesso dei materiali addizionati e di riporto.***

A quest'ultimo non è possibile assegnare un grado di permeabilità definito data l'estrema eterogeneità dei suoi elementi costituenti e gli esigui spessori.

Scarso è il ruolo idrogeologico dell'intera sequenza permeabile per la presenza di numerosi fattori inquinanti distribuiti sia a monte sia a valle del sito.

La falda acquifera a pelo libero, che si rinviene a circa 9,50 - 10 metri di profondità dal p.c., presenta scadenti qualità chimico-fisiche e pertanto non è sfruttabile per gli usi idropotabili.



Tale profondità permette di escludere possibili interferenze tra le acque sotterranee e le strutture di fondazione dei vari corpi di fabbrica esistenti.

L'area, infine, essendo lontana da naturali corsi d'acqua, non rientra tra le zone esondabili né è soggetta ad azioni di erosione fluviale e/o marina.

Il sito, di fatto, non rientra nelle aree a rischio idrogeologico definito secondo il D.D.G. 721 del 30/06/04.

## 6. CENNI SULLE STRUTTURE MURARIE

In generale lo stato di manutenzione e di cura dell'intero complesso risulta carente. Sinteticamente le tipologie dei principali dissesti (lesioni, crepe, incrinature) derivano principalmente dalla incuria e dal lungo abbandono manutentivo, nonché alle ristrutturazioni interne che ne hanno modificato volumetrie e superfici appesantendo le strutture portanti con sovraccarichi non del tutto compatibili con gli originari equilibri statici delle strutture.

Anche gli eventi sismici che nel tempo hanno interessato le strutture in elevazione hanno sicuramente aggravato una preesistente situazione di degrado generale (solai, tetti e facciate).

Per la descrizione dei modelli di intervento si rimanda ai capitoli di riferimento del piano dei lavori di ristrutturazione statica definiti dai progettisti.

Dai sopralluoghi effettuati, di contro, si è rilevato, macroscopicamente, che sia le porzioni basali degli edifici, sia le strutture di fondazione non presentano significativi fenomeni di degrado strutturale.

In particolare le strutture fondali, messe in evidenza dai due pozzetti esplorativi, sono realizzate in muratura portante costituiti da conci ben squadrate di calcareniti a vario grado di cementazione, giustapposti e legati con malte preparate a prevalente base di calce e sabbia e poggianti direttamente su livelli lapidei caratterizzati da una buone proprietà meccaniche (edificio A) o direttamente su livelli addizionati costituiti da terreni di riporto (terreni di riporto remoto) ben addensati, costipati e compatti (edificio H) dalle modeste caratteristiche meccaniche.

## 7. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA

La serie di dati e degli elementi raccolti attraverso il lavoro di ricerca, le rilevazioni e le indagini effettuate, consentono una classificazione dei terreni e delle formazioni presenti nel sito e le loro principali caratteristiche fisico-meccaniche.

A tal proposito è il caso di sottolineare che allo scopo di fornire, sotto il profilo geotecnico, le caratteristiche dei litotipi presenti nel sottosuolo, sono stati considerati i dati e risultati di indagini in situ e delle prove e analisi geotecniche effettuate in passato confrontate con quelli rilevati dalle indagini e prove svolte per il presente lavoro.

Qui di seguito viene descritta la successione dei tipi litotecnici, dai più recenti ai più antichi, presenti nel sottosuolo di entrambi gli edifici in oggetto:

✓ *Terreni di riporto.*

Si tratta di terreni detritici ben compattati e addensati con una compagine costituita da uno scheletro lapideo eterogeneo immerso in una matrice terro-sabbiosa.

Venivano riposti, in passato, nelle zone depresse a costituire riempimenti per raccordare i profili topografici, non omogenei, al resto delle aree urbanizzate della città. Le caratteristiche meccaniche possono così essere sintetizzate:

$\gamma = 16 - 18 \text{ KN/m}^3$	peso di volume apparente;
$c' = 0,00 \text{ KPa}$	coesione drenata;
$\varphi = 26^\circ - 28^\circ$	angolo d'attrito interno;
$E = 4000 - 8000 \text{ KPa}$	modulo di Young.

✓ *Litotipi dotati di consistenza variabile da scarsa per i tipi sabbio-limosi, limo-sabbiosi e argillo limose, a media per i tipi a componente prevalentemente sabbiosa con intercalati livelli calcarenitici.*

Si tratta di litotipi molto eterogenei che variano tra la componente delle sabbie e dei limi comprese le frazioni commiste tra esse. Sono variamente addensate e costipate con livelli di ghiaie o livelli lapidei (calcareniti).

Per la loro specifica origine questi depositi sedimentari sono disposti in facies eteropiche fra loro che non consentono una univoca correlazione tra i singoli tipi sia in superficie sia in profondità.

In particolare con le prove **SPT** a 9 metri e a 13 metri nel S2 si sono, rispettivamente, ottenuti le seguenti successioni di colpi 2-3-3 ( $N_{SPT} = 6$ ) corrispondenti a *sabbie poco compatte e addensate (terreni sciolti)* e 5-13-21 ( $N_{SPT} = 34$ ) corrispondente a *una sabbia ben addensata mediamente compatta*.

Nel S2 la prova **SPT** a 18,80 m di profondità ha fornito la seguente successione di colpi 17-20-23 ( $N_{SPT} = 43$ ) corrispondente a *una sabbia costipata, ben addensata e compatta*.

## 7.1 EDIFICIO A - CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA.

Lo studio effettuato dal Dr Geol. P. Todaro nel nov. 2002 su incarico dell'Opera S. Giovanni Bosco per il progetto di ristrutturazione organica e manutenzione straordinaria di alcuni edifici (C, E e A) del complesso monumentale ha caratterizzato dal punto di vista geologico-tecnico i terreni di fondazione tramite perforazioni meccaniche (S4) e pozzetti d'ispezione scavati a mano (P2) aderenti le strutture portanti degli edifici.

La sequenza stratigrafica descritta mette in evidenza al di sotto la pavimentazione dell'edificio un pacco di sedimenti di spessore di circa 3 metri di terre di riporto remoto costituiti da una matrice terrosa con inclusi clasti di calcareniti e di tritume ceramico. Segue un "bed rock" costituito da calcareniti nodulari giallaste con intercalazioni di livelli sabbiosi. Spessore 8 metri circa.

I risultati delle prove eseguite su campioni di sottosuolo prelevati (camp.1 del S4) hanno permesso di determinare alcuni significativi parametri geotecnici attribuiti ai terreni di base (sedime) di natura prevalentemente calcarenitica.

Essi sono così sintetizzati:

$c' = 0,00 \text{ KPa}$	coesione drenata;
$\varphi = 37^\circ$	angolo d'attrito interno;
$\gamma = 17,50 \text{ KN/m}^3$	peso di volume apparente.

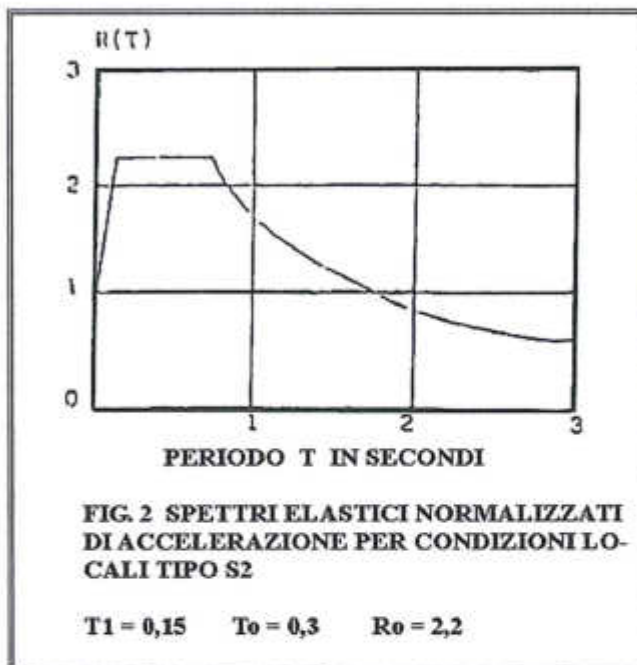
Inoltre per il parametro elastico K (coefficiente di sottofondo) lo studio fornisce il valore di  $15 \text{ Kg./cm}^3 = 150.000 \text{ KN/m}^3$ .

Sulla scorta, di quanto indicato nella circolare 2222/95 allegato D le unità litotecniche intercettate dal sondaggio sono da inserire tra i terreni di copertura caratterizzati da sedimenti a grana medio fine compresi tra i materiali coesivi (sabbie limose e limi sabbiosi inglobanti frammenti spigolosi o arrotondati) e a medio grado di cementazione (calcareniti e calcareniti nodulari).

Infine per una classificazione sismica dei terreni su descritti si richiamano i contenuti dell'allegato F per associare loro gli spettri di risposta elastica normalizzata.

Le litologie presenti sono riconducibili ai terreni tipo S2 ovvero depositi di terreni prevalentemente sabbiosi o argillosi, con spessore compreso tra 30 e 90 metri e velocità sismiche  $V_s$  inferiori a 500 m/s poggianti, in profondità, su un substrato a forte contrasto di proprietà meccaniche (rocce a velocità  $V_s$  dello ordine di 1000 m/s o più).

A tale tipo di terreno la normativa associa lo spettro elastico normalizzato di accelerazione a fianco rappresentato.



## 7.2 EDIFICIO H - CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA

Appartiene alle porzioni topograficamente più basse del complesso monumentale ed è sito a perimetro con la Via Scarparelli e Rue Formaggi.

Su questo edificio si sono concentrate le indagini in situ e laboratorio previste per lo studio geologico.

Come già detto i terreni di fondazione di questo corpo di fabbrica sono costituiti da un pacco di "terreni di riporto storico". Si tratta di depositi addizionati di tipo detritico compattati e addensati ovvero un insieme di elementi lapidei eterogenei (frammenti calcarenitici e/o calcarei, tritume di manufatti ceramici) immersi in una matrice terro-sabbiosa di colore marrone chiaro.

Le caratteristiche meccaniche, come già su presentate, possono così essere sintetizzate:

$c' = 0,00 \text{ KPa}$	coesione drenata;
$\gamma = 16 - 18 \text{ KN/m}^3$	peso di volume apparente;
$\varphi = 26^\circ - 28^\circ$	angolo d'attrito interno;
$E = 4000 - 8000 \text{ KPa}$	modulo di Young.

I terreni sottostanti tale coltre detritica e messi in evidenza nella colonna stratigrafica ricostruita per mezzo del sondaggio meccanico (S1) appartengono alle sequenze deposizionali pleistoceniche che si sviluppano sia verticalmente sia orizzontalmente in modo eterogeneo in base alle facies (ambienti) predominanti da ambienti ad alta energia ad ambienti a bassa energia ove si depositavano materiali a diversa taglia granulometrica dalle ghiaie alle sabbie e ai limi.

Le prove di laboratorio eseguite su un campione indisturbato, prelevato tra i 18,30 e i 18,80 m di profondità con una fustella metallica, costituito di sabbie limose hanno fornito una serie di dati puntuali come la descrizione macroscopica, il contenuto naturale d'acqua, la determinazione della massa volumetrica, l'analisi granulometrica, la determinazione del limite liquido, la determinazione del limite plastico, le prove di compressione triassiale (CD). Per i dettagli si rimanda

all'accluso allegato della geoLAB srl, laboratorio geotecnico che ha effettuato le prove su citate.

In generale, in ogni modo, per caratterizzare l'intero litosoma pleistocenico dal punto di vista meccanico e con un criterio cautelativo si forniscono i seguenti parametri geotecnici:

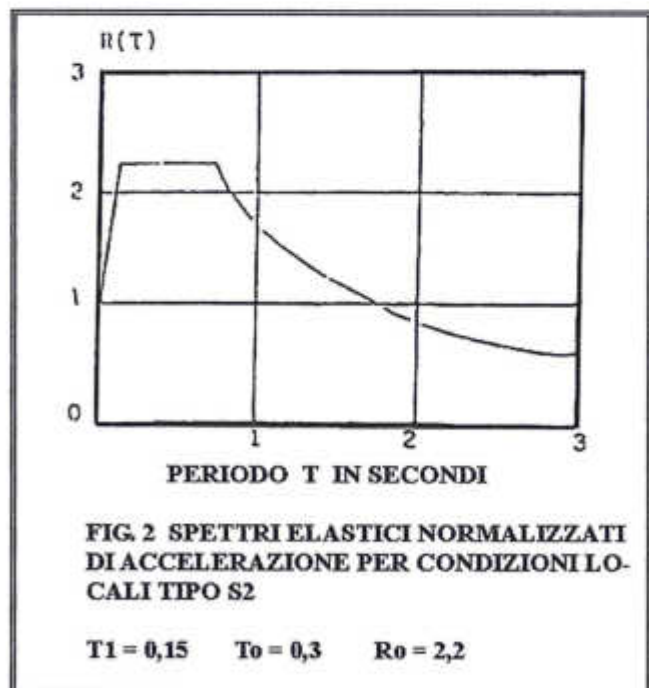
$c' = 0,00$ KPa	coesione drenata;
$\gamma = 19 - 20$ KN/m <sup>3</sup>	peso di volume apparente;
$\varphi = 38^\circ - 40^\circ$	angolo d'attrito interno;
$E = 20000 - 30000$ KPa	modulo di Young.

Sulla scorta, di quanto indicato nella circolare 2222/95 allegato D le unità litotecniche intercettate dal sondaggio sono da inserire tra i terreni di copertura caratterizzati da sedimenti a grana medio fine compresi tra i materiali coesivi (sabbie limose e limi sabbiosi inglobanti frammenti spigolosi o arrotondati) e a medio grado di cementazione (calcareniti e calcareniti nodulari).

Infine per una classificazione sismica dei terreni su descritti si richiamano i contenuti dell'allegato F per associare loro gli spettri di risposta elastica normalizzata.

Le litologie presenti sono riconducibili ai terreni tipo **S2** ovvero depositi di terreni prevalentemente sabbiosi o argillosi, con spessore compreso tra 30 e 90 metri e velocità

sismiche  $V_s$  inferiori a 500 m/s poggianti, in profondità, su un substrato a forte contrasto di proprietà meccaniche (rocce a velocità  $V_s$  dell'ordine di 1000 m/s o più).





A tale tipo di terreno la normativa associa lo spettro elastico normalizzato di accelerazione rappresentato nello schema della pagina precedente.

## 8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Per una sintesi generale e a riepilogo di quanto sopra esposto si raccolgono in breve le seguenti considerazioni:

- ✓ dal punto di vista geomorfologico non si rilevano fenomeni morfogenetici attivi e/o quiescenti;
- ✓ non sono stati individuati elementi idrogeologici attivi di rilievo poiché le opere di urbanizzazione hanno regolarizzato lo stato dei luoghi e regimentato le acque di scorrimento superficiale;
- ✓ nell'area in studio non si sono rilevati particolari fenomeni e/o situazioni di pericolo legate a fattori di carattere geologico;
- ✓ i tipi di degrado dei corpi di fabbrica si sviluppano ben al di sopra delle strutture fondali che si presentano stabili verosimilmente per tutto il loro sviluppo perimetrale;
- ✓ le fondazioni della struttura monumentale sono impostate su substrati i cui orizzonti restano di molto al di sopra della falda freatica presente in profondità;
- ✓ sulla pericolosità sismica le condizioni geologiche possono instaurare delle locali amplificazioni dell'ampiezza delle onde, con possibili variazioni delle stesse, con conseguente "effetto di sito" sugli edifici esistenti.

Palermo febr. 2009







## **SOIL GEO S.r.l.**

Trivellazioni per Pali - Micropali - Ancoraggi - Dreni  
Consolidamenti - Indagini geognostiche - Ricerche Idriche

SEDE E DEPOSITO: Via dei Quartieri n. 100  
90146 PALERMO

tel./fax 091.6888214 - e.mail soilgeo@virgilio.it  
Cod. Fisc. e P. IVA n. 04146560828



# RELAZIONE TECNICA INDAGINI GEOGNOSTICHE



**CANTIERE:** Indagini geognostiche per lo studio di adeguamento statico e di ristrutturazione di una parte di edifici che formano il complesso monumentale di Santa Chiara in Palermo

**LOCALITA':** Via Scarparelli e via Rua Formaggi a Palermo.

**COMMITTENTE :** dott. Geol. Paolo Martines

Data: novembre 2008

Il tecnico di cantiere  
dott. Dario Cellura



## **SOIL GEO S.r.l.**

Trivellazioni per Pali - Micropali - Ancoraggi - Dreni  
Consolidamenti - Indagini geognostiche - Ricerche Idriche

SEDE E DEPOSITO: Via dei Quartieri n. 100

90146 PALERMO

tel./fax 091.6888214 - e.mail soilgeo@virgilio.it

Cod. Fisc. e P. IVA n. 04146760828



### **PREMESSA**

La scrivente ha avuto l'incarico dal Dr Geol. Paolo Martines (geologo incaricato), di eseguire una campagna di indagini geognostiche per i lavori di adeguamento statico e di ristrutturazione di una parte di edifici che formano il complesso monumentale di Santa Chiara in Palermo. Nello specifico, sulla base di quanto richiesto dal committente, sono stati realizzati n° 2 pozzetti esplorativi scavati a mano ed eseguiti n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo; le lavorazioni sono state reliazate in corrispondenza di due punti ricadenti in due strade adiacenti il complesso monumentale di Santa Chiara. Detta campagna di indagini ha avuto lo scopo di definire la natura ed il grado di costipamento del materiale costituente il rilevato e di evidenziare lo stato delle fondamenta.

### **LAVORAZIONI REALIZZATE**

Basandosi sulle indicazioni e sul materiale grafico fornitoci dal geologo incaricato, in corrispondenza delle vie Rua Formaggi e Scarparelli, in posizione rasente le mura perimetrali dal complesso Santa Chiara, preventivamente ai sondaggi geognostici sono stati realizzati due scavi al fine di individuare la profondità e lo stato delle fondamenta del suddetto muro. I due scavi sono stati eseguiti a mano o con l'ausilio di martello pneumatico, rimuovendo e mantenendo integre le basole costituenti la vecchia pavimentazione stradale ed avendo cura a non danneggiare eventuali sottoservizi presenti. Gli scavi realizzati, aventi dimensioni medie pari a 1.40 x 1.50 per 1.60 di profondità, hanno messo a nudo le



## **SOIL GEO S.r.l.**

Trivellazioni per Pali - Micropali - Ancoraggi - Dreni  
Consolidamenti - Indagini geognostiche - Ricerche Idriche

SEDE E DEPOSITO: Via dei Quartieri n. 100

90146 PALERMO

tel./fax 091.6888214 - e.mail soilgeo@virgilio.it

Cod. Fisc. e P. IVA n. 04146560828



fondamenta costituite da due serie di blocchi di calcareniti, a prima vista con struttura strato-nodulare e tenaci, per profondità complessiva di circa 1.20 – 1.30 rispetto al piano stradale, come visibile nella documentazione fotografica allegata. Gli scavi sono stati successivamente ricolmati ed è stato ripristinato lo stato iniziale della pavimentazione.

A seguire sono stati realizzati due sondaggi a carotaggio continuo, aventi una profondità di 20.00 metri ciascuno, fino ad interessare la formazione calcarenitica e sabbio-limosa.

Soltanto in corrispondenza del sondaggio S1 è stato prelevato un campione indisturbato all'interno della formazione sabbio-limosa, ad una profondità compresa tra -18.30 ed -18.80, mediante l'infissione a pressione nel terreno di fustelle in acciaio zincato con pareti sottili (tipo Schelby).

Nel corso delle perforazione, sono state eseguite un numero complessivo di 3 prove per la caratterizzazione geotecnica dei litotipi; nello specifico Standard Penetration Test (SPT) con punta chiusa, con mazza battente standard da 73 Kg e una altezza di caduta pari a 75 cm con aste del diam 76 mm e lunghezza pari a 1,50 metri. Queste sono state realizzate in entrambi i carotaggi alle profondità riportate nella relativa tabella.



## **SOIL GEO S.r.l.**

Trivellazioni per Pali - Micropali - Ancoraggi - Dreni  
Consolidamenti - Indagini geognostiche - Ricerche Idriche

SEDE E DEPOSITO: Via dei Quartieri n. 100  
90146 PALERMO

tel./fax 091.6888214 - e.mail soilgeo@virgilio.it  
Cod. Fisc. e P. IVA n. 04146700828



### ATTREZZATURE UTILIZZATE E METODOLOGIA DI LAVORO

Per l'esecuzione delle perforazioni a carotaggio è stata utilizzata una sonda oleodinamica CMV MK 420 cingolata, con l'appoggio di un furgone addetto al trasporto delle attrezzature necessarie al carotaggio.

Le perforazioni a carotaggio continuo sono state condotte utilizzando un carotiere semplice del diametro 101 mm ed aste di lunghezza di 1.50 metri. Al fine di limitare la perdita della frazione fine, si è cercato di limitare l'impiego di acqua durante il carotaggio, acqua comunque necessaria per l'attraversamento dei livelli tenaci di natura calcarenitica.

Il materiale estratto dal carotiere è stato via via sistemato in cassette catalogatrici in pvc a 5 scomparti da 1 metro cad., con le indicazioni della denominazione del sondaggio, del cantiere e delle profondità corrispondenti dal piano di esecuzione.

Le sequenze stratigrafiche riscontrate sono visibili nelle cassette e vengono descritte nei schemi stratigrafici allegati.

### ALLEGATI

A seguire vengono riportate la tabella riassuntiva, le stratigrafie dei due sondaggi eseguiti e la documentazione fotografica



## SOIL GEO S.r.l.

Trivellazioni per Pali - Micropali - Ancoraggi - Dreni  
Consolidamenti - Indagini geognostiche - Ricerche Idriche

SEDE E DEPOSITO: Via dei Quartieri n. 100  
90146 PALERMO

tel./fax 091.6888214 - e.mail soilgeo@virgilio.it  
Cod. Fisc. e P. IVA n. 04146500828



### Schema riepilogativo lavorazioni - Sondaggi geognostici Complesso Santa Chiara (Palermo)

#### Sondaggi

Sigla Sondaggi	Punto di esecuzione	Data esecuzione	profondità (in m)	campioni indisturbati			cassette	Prove SPT
				sigla	da metri	a metri		
S1	Via Rua formaggi	26/11/2008	19,10	S1C11	18,3	18,8	4	1
S2	Via Scarparelli	27 - 28/11/2008	20,00	-	-	-	4	2

#### Scavi a mano

Sigla Scavo	Punto di esecuzione	Data esecuzione	dimensioni (in m)
P1	Via Rua formaggi	26/11/2008	1.40 x 1.60 x 1.50
P2	Via Scarparelli	27/11/2008	1.40 x 1.60 x 1.40

Tabella 1

### Schema Riepilogativo sondaggi - Sondaggi geognostici Complesso Santa Chiara (Palermo)

Sigla Sondaggi	Area lavori o strada	Data esecuzione	Punta	Da metri	A metri	colpi	colpi	colpi
S1	Via Rua formaggi	26/11/2008	chiusa	18,8	19,3	17	20	23
S2	Via Scarparelli	28/11/2008	chiusa	9,0	9,5	2	3	3
	"	28/11/2008	chiusa	13,0	13,5	5	13	21

Tabella 2



LAVORAZIONI: Indagini geognostiche per il Complesso monumentale di Santa Chiara  
LOCALITA' Via Scarparelli e via Rua Formaggi a Palermo.  
COMMITTENTE: Dr Geologo Paolo Martines







## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DI CANTIERE

LAVORAZIONI: Indagini geognostiche per il Complesso monumentale di Santa Chiara

LOCALITA': Via Scarparelli e via Rua Formaggi a Palermo.

COMMITTENTE: Dr Geologo Paolo Martines



	
POSTAZIONE SCAVO D'ISPEZIONE P1 (via Rua Formaggi)	POSTAZIONE SCAVO D'ISPEZIONE P1 (via Rua Formaggi)
	
POSTAZIONE SCAVO D'ISPEZIONE P1 (via Rua Formaggi)	POSTAZIONE SCAVO D'ISPEZIONE P2 (via Scarparelli)



LAVORAZIONI: Indagini geognostiche per il Complesso monumentale di Santa Chiara

LOCALITA' Via Scarparelli e via Rua Formaggi a Palermo.

COMMITTENTE: Dr Geologo Paolo Martines



SCAVO D'ISPEZIONE P2 (via Scarparelli)



SCAVO D'ISPEZIONE P2 (via Scarparelli)

LAVORAZIONI: Indagini geognostiche per il Complesso monumentale di Santa Chiara

LOCALITA' Via Scarparelli e via Rua Formaggi a Palermo.

COMMITTENTE: Dr Geologo Paolo Martines



SONDAGGIO S1 (20 m) – Via Rua Formaggi

SONDAGGIO S1 (20 m) – Via Rua Formaggi




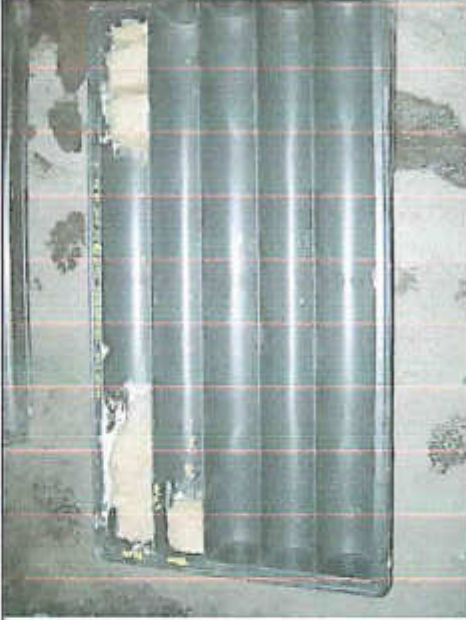


SONDAGGIO S1 (20.0m) – CASSETTA S1C1 (0.00 – 5.00)

SONDAGGIO S2 (20.0m) – CASSETTA S2C2 (5.00 – 10.00)

LAVORAZIONI:  
LOCALITA'  
COMMITTENTE:

Indagini geognostiche per il Complesso monumentale di Santa Chiara  
Via Scarparelli e via Rua Formaggi a Palermo.  
Dr Geologo Paolo Martines






	
SONDAGGIO S1 (20.0m) – CASSETTA S1C3 (10.00 – 18.00)	SONDAGGIO S1 (20.0m) – CASSETTA S1C4 (18.00 – 19.10)
	
POSTAZIONE SONDAGGIO S2 (20.0m) – via Scarparelli	SONDAGGIO S2 (20.0m) – CASSETTA S1C1 (0.00 – 5.00)

LAVORAZIONI: Indagini geognostiche per il Complesso monumentale di Santa Chiara

LOCALITA' Via Scarparelli e via Rua Formaggi a Palermo.

COMMITTENTE: Dr Geologo Paolo Martines



	
SONDAGGIO S2 (20.0m) – CASSETTA S2C2 (5.00 – 10.00)	SONDAGGIO S2 (20.0m) – CASSETTA S2C3 (10.00 – 15.00)
	
SONDAGGIO S2 (20.0m) – CASSETTA S2C3 (15.00 – 20.00)	

Geolab srl  
90044 Carini (Pa) / Area Industriale  
via De Spuches, s.n.  
T 091 8674029 / F 091 8933042  
P. IVA 04040700827  
CCIAA PA N. 128166



Laboratorio autorizzato  
per prove ufficiali  
sui terreni (settore a)  
e sulle rocce (settore b)  
punto 2, parte I  
Circolare 349/STC-99

SOIL GEO srl  
Via dei Quartieri n.100  
Palermo

***Richiedente***

---

Indagini geognostiche eseguite presso il complesso  
monumentale di Santa Chiara

***Lavoro***

---

**PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO  
SETTORE PROVE E CERTIFICAZIONI SUI TERRENI**

*Verbale di accettazione n. GEO 0356 del 17/12/08*

**SCHEDA IDENTIFICATIVA CAMPIONE**

Norma ASTM D 2488 - 84

**Verbale di accettazione n.** GEO 0356 del 17/12/08

**Data esecuzione prova** 14/01/09

**Richiesta di prova  
sottoscritta da** SOIL GEO srl  
Via del Quartieri n.100  
Palermo

**Lavoro** Indagini geognostiche eseguite presso il complesso  
monumentale di Santa Chiara

**Sigla campione** S1 C11 **Profondità m** 18.30-18.80

**Provenienza del campione** Complesso monumentale di Santa Chiara

**Campionamento eseguito da** SOIL GEO srl

**Procedura di campionamento** non fornito

**Classe di qualità del campione** non fornito

**Data prelievo campione** non fornito

**Contenitore** fustella metallica

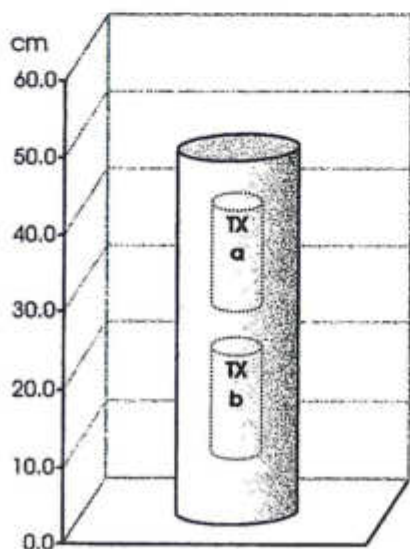
**Chiusura contenitore** nastro adesivo e paraffina

**Forma campione** cilindrica

**Lunghezza cm** 47.0 **Diametro cm** 8.5

**Condizioni campione all'estrazione** rotto in due tronconi

**Reazione all'HCl** forte



**DESCRIZIONE MACROSCOPICA**

Sabbia limosa colore Munsell 2,5Y 6/4 "marrone giallastro chiaro", umida, mediamente addensata, con inclusi elementi calcarenitici di forma sub-angolare delle dimensioni massime di circa 5 cm.

Presenti diffusi resti di apparati conchigliari.

La porzione superiore del campione si presenta parzialmente disgregata, bagnata e con un maggiore contenuto di elementi grossolani.

**Nota:** a causa delle condizioni di parte del campione è stato possibile confezionare solamente due provini idonei alla prova di compressione triassiale.

Lo sperimentatore  
Dott. Rubello Genio

Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone

**Legenda**

ED Provino compressione edometrica

ELL Provino compressione espansione laterale libera

TD Provino taglio diretto

TX Provino compressione triassiale

Il presente certificato di prova composto da n.1 pagina, non può essere riprodotto, anche parzialmente, senza il consenso scritto del laboratorio Geolab s.r.l.



**DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN ACQUA**  
Norma UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005

**Verbale di accettazione n.** GEO 0356 del 17/12/08 **Data inizio prova** 14/01/09

**Richiesta di prova  
sottoscritta da** SOIL GEO srl  
Via dei Quartieri n.100  
Palermo

**Lavoro** Indagini geognostiche eseguite presso il complesso  
monumentale di Santa Chiara

**Sigla campione** S1 C11 **Profondità m** 18.30-18.80

**Campionamento eseguito da** SOIL GEO srl  
**Procedura di campionamento** non fornito  
**Classe di qualità del campione** non fornito  
**Data prelievo campione** non fornito  
**Contenitore** fustella metallica  
**Chiusura contenitore** nastro adesivo e paraffina  
**Forma campione** cilindrica  
**Lunghezza campione cm** 47.0  
**Diametro campione cm** 8.5  
**Condizioni campione all'estrazione** rotto in due tronconi  
**Apparecchiatura utilizzata** bilancia elettronica con precisione di 0,01g  
stufa ventilata  
essiccatore in vetro

		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Massa contenitore	[g]	156.87	159.22	157.95
Massa contenitore + provino umido	[g]	213.55	229.22	213.42
Massa contenitore + provino secco	[g]	198.79	211.20	198.78
Contenuto d'acqua	[%]	35.21	34.67	35.86

**Risultato della prova**

<b>Contenuto d'acqua</b>	<b>%</b>	<b>35.24</b>
--------------------------	----------	--------------

Lo sperimentatore  
Dott. Alberto Genio

Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone

**DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE (metodo con misurazioni lineari)**  
Norma UNI CEN ISO/TS 17892-2:2005

**Verbale di accettazione n.** GEO 0356 del 17/12/08 **Data inizio prova** 14/01/09

**Richiesta di prova  
sottoscritta da** SOIL GEO srl  
Via dei Quartieri n.100  
Palermo

**Lavoro** Indagini geognostiche eseguite presso il complesso  
monumentale di Santa Chiara

**Sigla campione** S1 C11 **Profondità m** 18.30-18.80

**Campionamento eseguito da** SOIL GEO srl  
**Procedura di campionamento** non fornito  
**Classe di qualità del campione** non fornito  
**Data prelievo campione** non fornito  
**Contenitore** fustella metallica  
**Chiusura contenitore** nastro adesivo e paraffina  
**Forma campione** cilindrica  
**Lunghezza campione cm** 47.0  
**Diametro campione cm** 8.5  
**Condizioni campione all'estrazione** rotto in due tronconi  
**Apparecchiatura utilizzata** bilancia elettronica con precisione di 0,01g, stufa ventilata,  
essiccatore in vetro, fustelle metalliche a pareti sottili con bordo tagliente  
calibro digitale con precisione pari a 0.01 mm

		Provino 1	Provino 2
Massa fustella	[g]	59.19	60.37
Altezza fustella	[mm]	19.95	19.88
Diametro fustella	[mm]	50.50	50.45
Massa fustella + provino umido	[g]	134.44	130.22
Massa fustella + provino secco	[g]	116.32	111.65
Massa volumica	[Mg/m <sup>3</sup> ]	1.88	1.76
Massa volumica secca	[Mg/m <sup>3</sup> ]	1.43	1.29
Contenuto d'acqua	[%]	31.72	36.21

**Risultati della prova**

Massa volumica	Mg/m <sup>3</sup>	1.82
Massa volumica secca	Mg/m <sup>3</sup>	1.36
Contenuto d'acqua	%	33.97

Lo sperimentatore  
Dott. Alberto Genio

Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone

**DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI GRANULI SOLIDI**  
Norma UNI CEN ISO/TS 17892-3:2005 - Metodo A

**Verbale di accettazione n.** GEO 0356 del 17/12/08 **Data inizio prova** 14/01/09

**Richiesta di prova  
sottoscritta da** SOIL GEO srl  
Via dei Quartieri n.100  
Palermo

**Lavoro** Indagini geognostiche eseguite presso il complesso  
monumentale di Santa Chiara

**Sigla campione** S1 C11 **Profondità m** 18.30-18.80

**Campionamento eseguito da** SOIL GEO srl  
**Procedura di campionamento** non fornito  
**Classe di qualità del campione** non fornito  
**Data prelievo campione** non fornito  
**Contenitore** fustella metallica  
**Chiusura contenitore** nastro adesivo e paraffina  
**Forma campione** cilindrica  
**Lunghezza campione cm** 47.0  
**Diametro campione cm** 8.5  
**Condizioni campione all'estrazione** rotto in due tronconi  
**Apparecchiatura utilizzata** bilancia elettronica con precisione di 0,01g, stufa ventilata  
essiccatore in vetro, picnometri, pompa per vuoto

		Prova n° 1	Prova n° 2
Massa picnometro	[g]	199.23	217.65
Massa picnometro + provino secco	[g]	302.56	321.01
Massa picnometro + provino + acqua	[g]	846.86	851.10
Massa picnometro + acqua	[g]	781.30	785.62
Temperatura acqua distillata	[°C]	16	16
Massa volumica dei granuli solidi a T [°C]	[Mg/m <sup>3</sup> ]	2.74	2.73
Densità dell'acqua a T [°C]	[Mg/m <sup>3</sup> ]	0.999	0.999
Massa volumica dei granuli solidi a 20 °C	[Mg/m <sup>3</sup> ]	2.73	2.73

**Risultato della prova**

<b>Massa volumica dei granuli solidi</b>	<b>Mg/m<sup>3</sup></b>	<b>2.73</b>
--	-------------------------	-------------

Lo sperimentatore  
Dott. Alberto Genio

Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone

**ANALISI GRANULOMETRICA**  
 AGI - "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio" - 1994

**Verbale di accettazione n.** GEO 0356 del 17/12/08

**Data inizio prova** 14/01/09

**Richiesta di prova sottoscritta da** SOIL GEO srl  
 Via dei Quartieri n.100  
 Palermo

**Lavoro** Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara

**Sigla campione** S1 C11

**Data prelievo** non fornito

**Campionamento eseguito da** SOIL GEO srl

**Procedura di campionamento** non fornito

**Classe di qualità del campione** non fornito

**Contenitore** fustella metallica

**Chiusura contenitore** nastro adesivo e paraffina **Forma campione** cilindrica

**Lunghezza campione cm** 47.0 **Diametro campione cm** 8.5

**Condizioni campione all'estrazione** rotto in due tronconi

**Peso campione secco iniziale** g 219.95

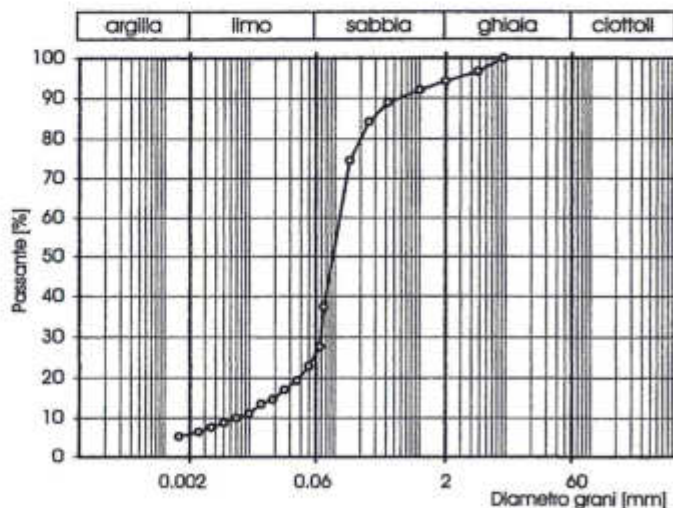
**Analisi per setacciatura ad umido**

Aperture vagli [mm]	Trattenuto			Passante cumulativo [%]
	parziale [g]	parziale [%]	cumulativo [%]	
100	0.00	0.0	0.0	100.0
75	0.00	0.0	0.0	100.0
37.5	0.00	0.0	0.0	100.0
25	0.00	0.0	0.0	100.0
19	0.00	0.0	0.0	100.0
9.5	0.00	0.0	0.0	100.0
4.75	7.44	3.4	3.4	96.6
2	5.30	2.4	5.8	94.2
1	4.85	2.2	8.0	92.0
0.425	6.68	3.0	11.0	89.0
0.25	10.38	4.7	15.8	84.2
0.15	21.39	9.7	25.5	74.5
0.075	81.67	37.1	62.6	37.4

**Analisi per sedimentazione**  
 (metodo del densimetro)

Diametro grani [mm]	Passante cumulativo [%]
0.0673	27.7
0.0495	22.9
0.0360	19.4
0.0259	17.0
0.0187	14.7
0.0137	13.5
0.0099	11.1
0.0070	10.0
0.0050	8.8
0.0036	7.6
0.0025	6.4
0.0015	5.2

Massa volumica dei grani	Ma/m <sup>3</sup>	2.73
Massa provino disperso	g	50.0
T minima di prova	°C	16
T massima di prova	°C	16



**Coefficienti granulometrici**

D <sub>10</sub>	mm	0.045
D <sub>30</sub>	mm	0.069
D <sub>60</sub>	mm	0.114
Coefficiente di uniformità		2.543
Coefficiente di curvatura		0.926

**Frazioni granulometriche**

Argilla	%	5.8
Limo	%	19.8
Sabbia	%	68.6
Ghiaia	%	5.8
Ciottoli	%	0.0

**Classificazione A.G.I.**

sabbia limosa debolmente ghiaiosa  
 debolmente argillosa

Il sperimentatore  
 Dott. Alberto Geola

Direttore del laboratorio geotecnico  
 Dott. Angela Milone

**DETERMINAZIONE DEL LIMITE LIQUIDO COL PENETROMETRO A CONO**  
Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12:2005

**Verbale di accettazione n.** GEO 0356 del 17/12/08      **Data inizio prova** 14/01/09

**Richiesta di prova sottoscritta da** SOIL GEO srl  
Via dei Quartieri n.100  
Palermo

**Lavoro** Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara

**Sigla campione** S1 C11      **Profondità m** 18.30-18.80

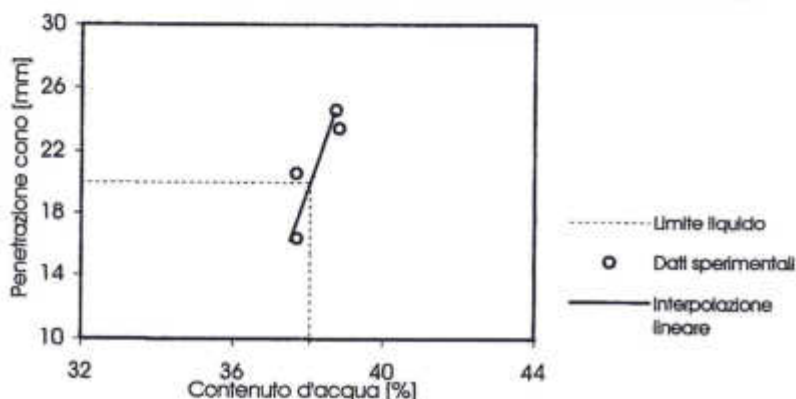
**Campionamento eseguito da** SOIL GEO srl  
**Procedura di campionamento** non fornito  
**Classe di qualità del campione** non fornito  
**Data prelievo campione** non fornito  
**Contenitore** fustella metallica  
**Chiusura contenitore** nastro adesivo e paraffina  
**Forma campione** cilindrica  
**Lunghezza campione cm** 47.0  
**Diametro campione cm** 8.5  
**Condizioni campione all'estrusione** rotto in due tronconi  
**Apparecchiatura utilizzata** bilancia elettronica con precisione di 0,01g, stufa ventilata, essiccatore in vetro

**Materiale trattenuto allo staccio 0,425 mm** 11.0 %

		Prova n° 1		Prova n° 2		Prova n° 3		Prova n° 4	
Letture comparatore	[div]	161	166	204	208	235	234	245	247
Letture comparatore	[mm]	16.1	16.6	20.4	20.8	23.5	23.4	24.5	24.7
<b>Penetrazione media</b>	<b>[mm]</b>	<b>16.35</b>		<b>20.60</b>		<b>23.45</b>		<b>24.60</b>	
Massa contenitore	[g]	13.88		9.16		9.19		9.40	
Massa contenitore + provino umido	[g]	23.23		24.87		18.38		23.19	
Massa contenitore + provino secco	[g]	20.67		20.57		15.81		19.34	
<b>Contenuto d'acqua</b>	<b>[%]</b>	<b>37.70</b>		<b>37.69</b>		<b>38.82</b>		<b>38.73</b>	

**Risultato della prova**

<b>Limite liquido</b>	<b>%</b>	<b>38.1</b>
-----------------------	----------	-------------



Lo sperimentatore  
Dott. Alberto Genio

Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone

**DETERMINAZIONE DEL LIMITE PLASTICO**

Norma BS 1377:Part 2:1990

**Verbale di accettazione n.** GEO 0356 del 17/12/08

**Data inizio prova** 14/01/09

**Richiesta di prova  
sottoscritta da**

SOIL GEO srl  
Via dei Quartieri n.100  
Palermo

**Lavoro**

Indagini geognostiche eseguite presso il complesso  
monumentale di Santa Chiara

**Sigla campione**

SI C11

**Profondità m**

18.30-18.80

**Campionamento eseguito da**

SOIL GEO srl

**Procedura di campionamento**

non fornito

**Classe di qualità del campione**

non fornito

**Data prelievo campione**

non fornito

**Contenitore**

fustella metallica

**Chiusura contenitore**

nastro adesivo e paraffina

**Forma campione**

cilindrica

**Lunghezza campione cm**

47.0

**Diametro campione cm**

8.5

**Condizioni campione all'estrusione**

rotto in due tronconi


**Apparecchiatura utilizzata**

bilancia elettronica con precisione di 0,01g  
stufa ventilata  
essiccatore in vetro  
lastra di vetro molato  
calibro metallico diametro 3 mm

**Risultato della prova**

Non è possibile plasmare il materiale in forma di bastoncino, pertanto la determinazione del limite  
plastico non è effettuabile

**non plastico**

  
Lo sperimentatore  
Dott. Alberto Genia

  
Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone



**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE DEL TIPO CONSOLIDATA DRENATA (CD)**  
Norma BS 1377: Part 8:1990

**Verbale di accettazione n.** GEO 0356 del 17/12/08      **Data inizio prova** 14/01/09  
**Data fine prova** 16/01/09

**Richiesta di prova  
sottoscritta da** SOIL GEO srl  
Via dei Quartieri n.100  
Palermo

**Lavoro** Indagini geognostiche eseguite presso il complesso  
monumentale di Santa Chiara

**Sigla campione** S1 C11      **Profondità m** 18.30-18.80

**Provenienza del campione** Complesso monumentale di Santa Chiara

**Campionamento eseguito da** SOILGEO srl

**Procedura di campionamento** non fornito

**Classe di qualità del campione** non fornito

**Data prelievo campione** non fornito

**Contenitore** fustella metallica

**Chiusura contenitore** nastro adesivo e paraffina

**Forma campione** cilindrica


**Lunghezza campione cm** 47.0

**Diametro campione cm** 8.5

**Condizioni campione all'estrusione** rotto in due tronconi

**Apparecchiatura utilizzata** Sistema triassiale MATEST con celle di pressione aria/acqua  
dotato di tre celle e banco di consolidazione  
Acquisizione dei dati mediante centralina con convertitore  
analogica/digitale e trasduttori elettromeccanici  
(Data System 7, Ele International)

  
Lo sperimentatore  
Dott. Roberto Genio

  
Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Milione

Il presente certificato di prova composto da n. 14 pagine, non può essere riprodotto, anche parzialmente, senza il consenso scritto del laboratorio Geolab s.r.l.

## CERTIFICATO

n. 4057 del 19 gen 2009

D. M. n. 52651 del 26.11.04

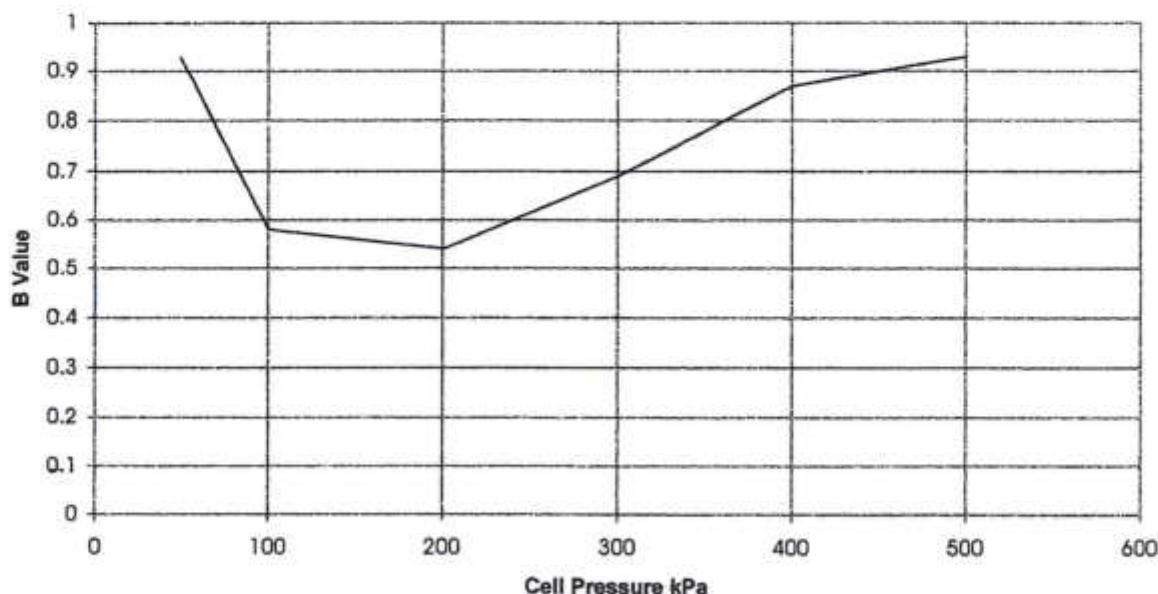


<b>Richiedente</b>	SOIL GEO srl	<b>Verbale n.</b>	GEO 0356 del 17/12/08
<b>Lavoro</b>	Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara		
<b>Sondaggio</b>	S1	<b>Campione</b>	S1 C11

Caratteristiche della prova			
Norma di riferimento	BS1377: part 8: 1990: Clauses 4,5,6,8	Massa volumica dei grani	2.73 Mg/m <sup>3</sup>
Tipo di prova	Consolidata drenata	Posizione del drenaggio	dall'alto
Tipo di campione	Indisturbato Shelby	Temperatura di prova	20.0 °C
Difficoltà dalla procedura	Nessuna		

Caratteristiche del provino			
Sigla provino	<b>A</b>		
Profondità nel campione	20.00 mm	Orientazione nel campione	Infissione lungo l'asse maggiore
Altezza iniziale	75.95 mm	Diametro iniziale	37.88 mm
Preparazione	Infissione di fustella a bordi taglienti	Contenuto d'acqua	42.2 %
Massa volumica iniziale	1.73 Mg/m <sup>3</sup>	Spessore membrana	0.20 mm

## FASE DI SATURAZIONE



Metodo di saturazione	Incrementi di Back Pressure	Incrementi in cella	50.4 - 50.1 - 100.2 - 99.4 - 100.0 - 100.2 kPa
Pressione di cella finale	500.3 kPa	Incrementi di Back Pressure	38.7 - 51.9 - 99.5 - 99.9 - 99.7 kPa
Pressione dei pori finale	502.9 kPa	Valore finale di B	0.929

Geolab s.r.l.  
Lo sperimentatore  
Dott. Alberto Gualo

Geolab s.r.l.  
Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone

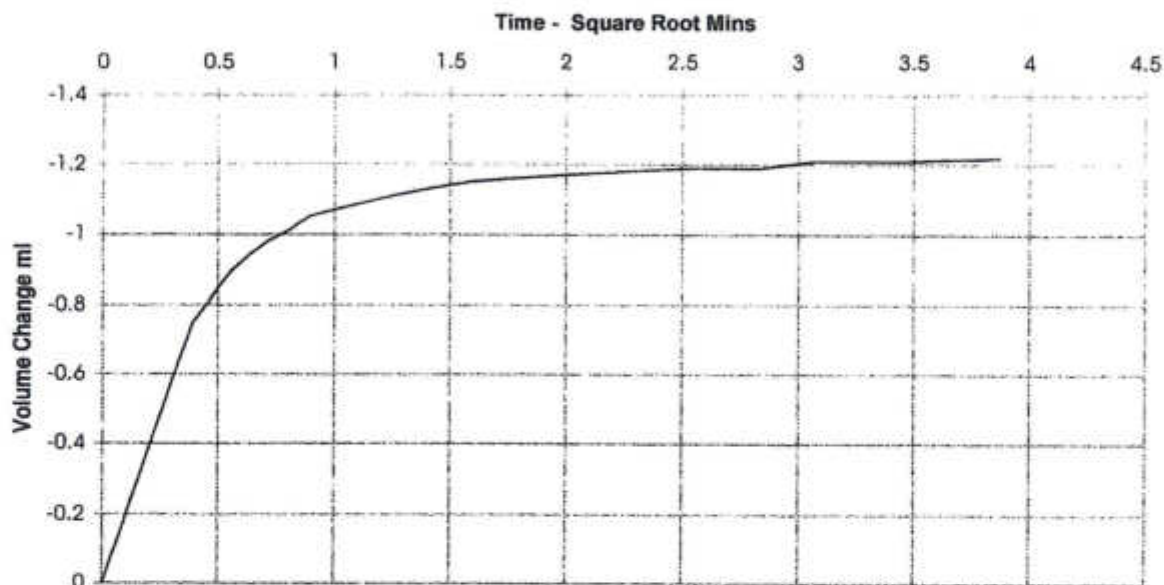


n. 4057 del 19 gen 2009

D. M. n. 52651 del 26.11.04

Richiedente	SOIL GEO srl	Verbale n.	GEO 0356 del 17/12/08
Lavoro	Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara		
Sondaggio	S1	Campione	S1 C11

## FASE DI CONSOLIDAZIONE



Pressione in cella	489.6 kPa	Back Pressure	389.1 kPa
Pressione efficace	100.5 kPa	Pressione dei pori dissipata	79.90 %
Pressione dei pori finale	409.9 kPa		

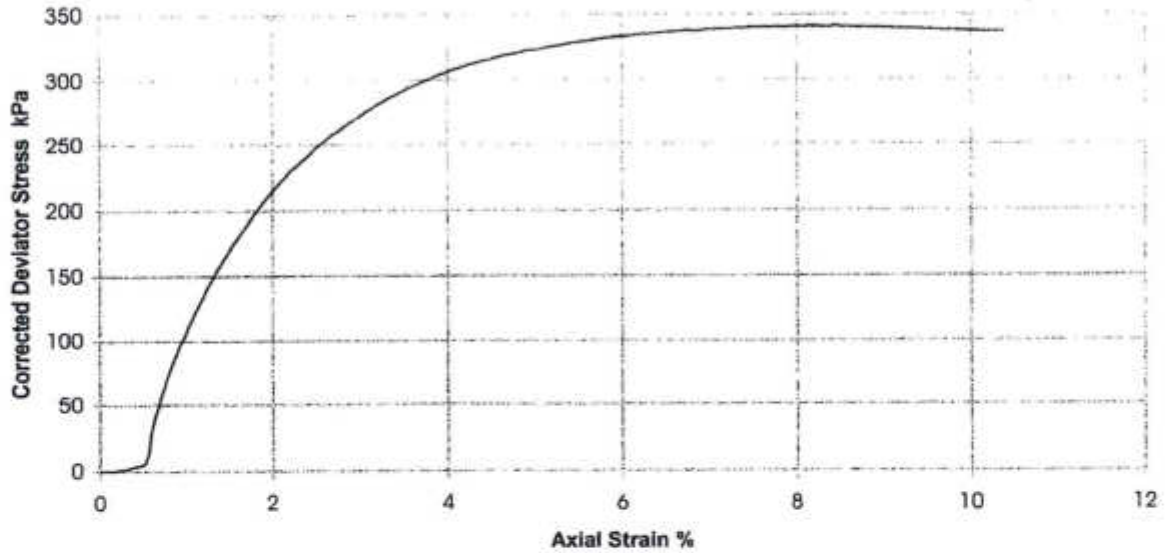
  
 Geolab s.r.l.  
 Lo sperimentatore  
 Dott. Alberto Genio

  
 Geolab s.r.l.  
 Direttore del laboratorio geotecnico  
 Dott. Angelo Mulone

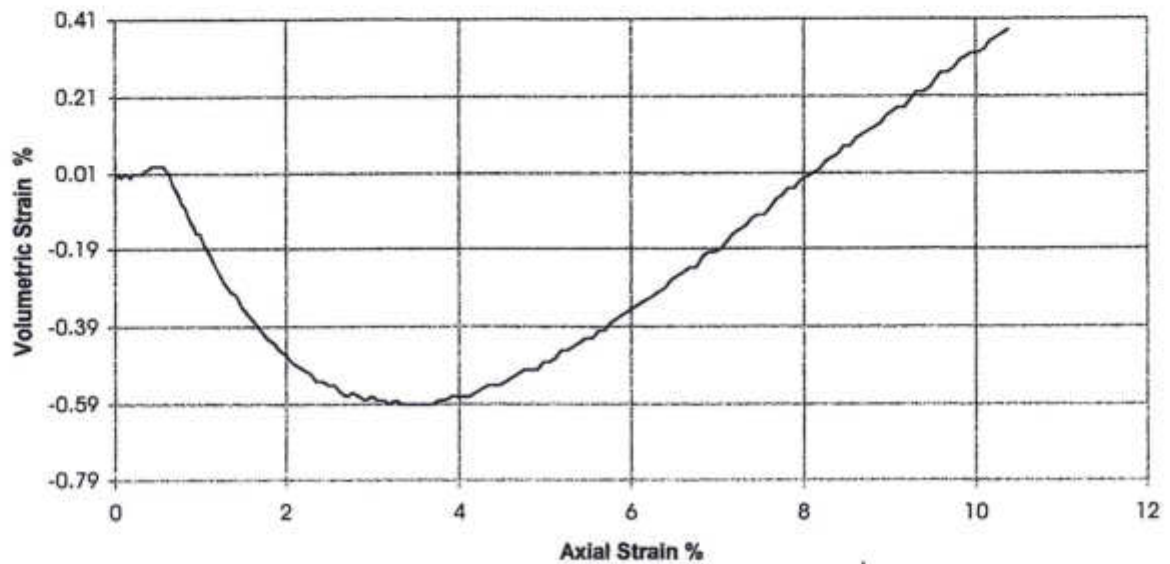


<b>Richiedente</b>	SOIL GEO srl	<b>Verbale n.</b>	GEO 0356 del 17/12/08
<b>Lavoro</b>	Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara		
<b>Sondaggio</b>	S1	<b>Campione</b>	S1 C11

**FASE DI TAGLIO**  
Storzo deviatorico / Deformazione assiale



**FASE DI TAGLIO**  
Deformazione volumetrica / Deformazione assiale



Geolab s.r.l.  
Lo sperimentatore  
Dott. Alberto Genio

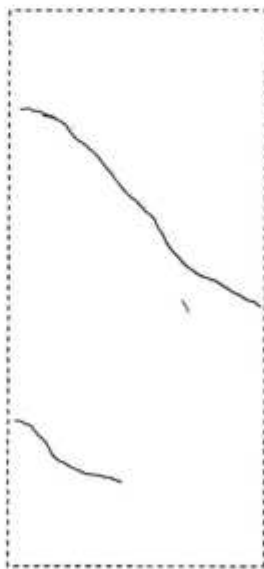
Geolab s.r.l.  
Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone

<b>Richiedente</b>	SOIL GEO srl	<b>Verbale n.</b>	GEO 0356 del 17/12/08
<b>Lavoro</b>	Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara		
<b>Sondaggio</b>	S1	<b>Campione</b>	S1 C11

Condizioni della fase di taglio			
Velocità di spostamento assiale	0.0100 mm/min	Pressione in cella	487.5 kPa
Pressione dei pori iniziale	407.8 kPa	Sforzo efficace iniziale	79.7 kPa

Condizioni al massimo sforzo deviatorico			
Criterio di rottura	Massimo sforzo deviatorico		
Pressione dei pori	406.2 kPa	Sforzo principale efficace minore	80.2 kPa
Sforzo deviatorico corretto	340.9 kPa	Sforzo principale efficace maggiore	421.1 kPa
Deformazione assiale	8.18 %	Deformazione volumetrica	0.02 %
Correzione allo sforzo deviatorico	1.1 kPa		
Massa volumica	1.70 Mg/m <sup>3</sup>	Contenuto d'acqua	41.0 %

## SCHEMA DI ROTTURA



Geolab s.r.l.  
Lo sperimentatore  
Dott. Alberto Genic



Geolab s.r.l.  
Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Milione

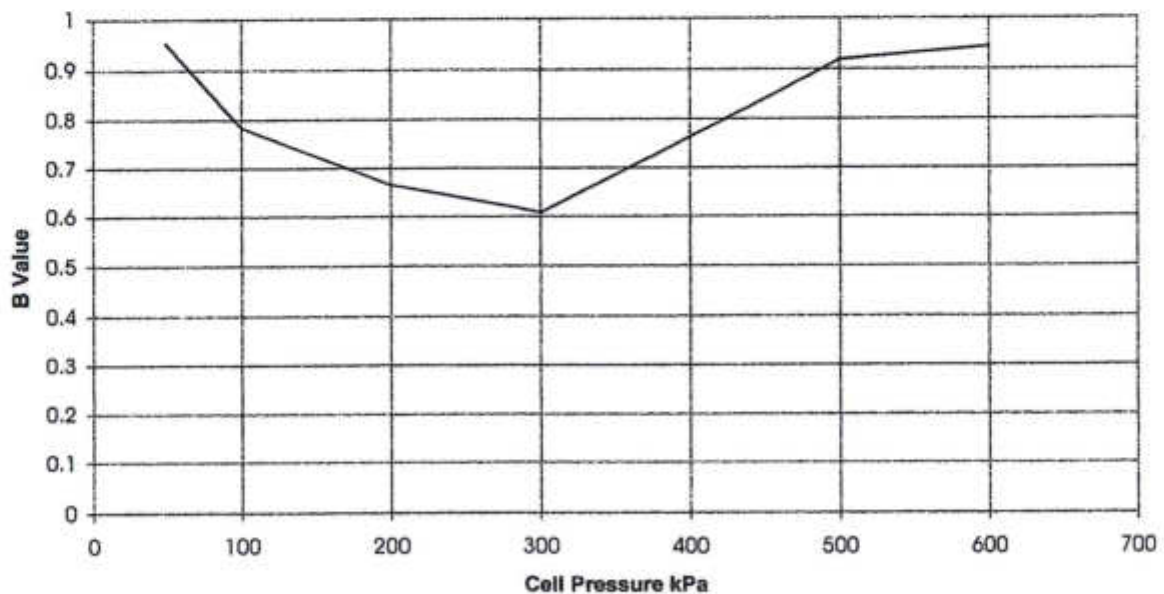


Richiedente	SOIL GEO srl	Verbale n.	GEO 0356 del 17/12/08
Lavoro	Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara		
Sondaggio	S1	Campione	S1 C11

Caratteristiche della prova			
Norma di riferimento	BS1377: part 8: 1990: Clauses 4,5,6,8	Massa volumica dei grani	2.73 Mg/m <sup>3</sup>
Tipo di prova	Consolidata drenata	Posizione del drenaggio	dall'alto
Tipo di campione	Indisturbato Shelby	Temperatura di prova	20.0 °C
Difformità dalla procedura	Nessuna		

Caratteristiche del provino			
Sigla provino	<b>B</b>		
Profondità nel campione	110.00 mm	Orientazione nel campione	Infissione lungo l'asse maggiore
Altezza iniziale	76.23 mm	Diametro iniziale	37.25 mm
Preparazione	Infissione di fustella a bordi taglienti	Contenuto d'acqua	29.9 %
Massa volumica iniziale	1.94 Mg/m <sup>3</sup>	Spessore membrana	0.20 mm
Note			

## FASE DI SATURAZIONE



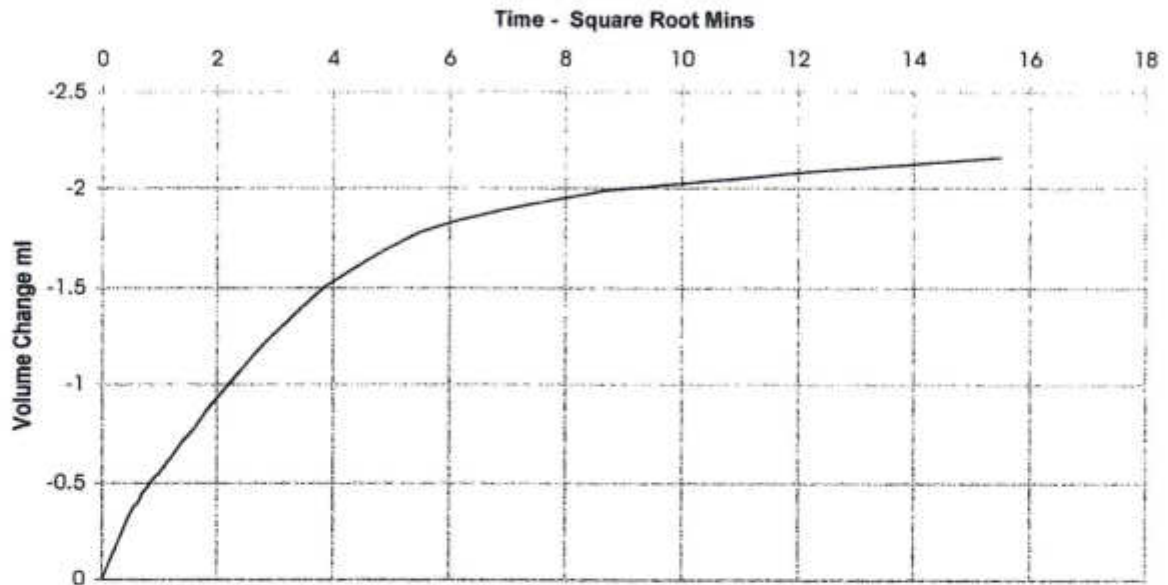
Metodo di saturazione	Incrementi di Back Pressure	Incrementi in cella	50.1 - 50.1 - 99.5 - 101.0 - 100.2 - 99.1 - 100.2 kPa
Pressione di cella finale	600.2 kPa	Incrementi di Back Pressure	38.4 - 52.2 - 99.1 - 101.3 - 99.1 - 100.2 kPa
Pressione dei pori finale	585.2 kPa	Valore finale di B	0.943

Geolab s.r.l.  
Lo sperimentatore  
Dott. Alberto Geio

Geolab s.r.l.  
Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone

Richiedente	SOIL GEO srl	Verbale n.	GEO 0356 del 17/12/08
Lavoro	Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara		
Sondaggio	S1	Campione	S1 C11

## FASE DI CONSOLIDAZIONE



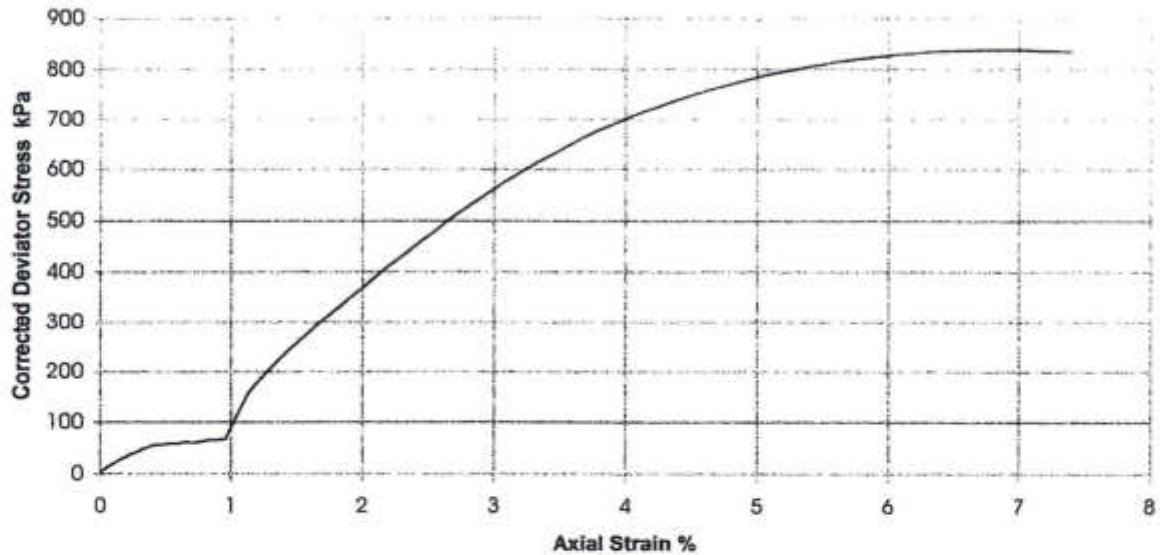
Pressione in cella	689.7 kPa	Back Pressure	489.3 kPa
Pressione efficace	200.4 kPa	Pressione dei pori dissipata	98.78 %
Pressione dei pori finale	491.5 kPa		

  
 Geolab s.r.l.  
 Lo sperimentatore  
 Dott. Alberto Genic

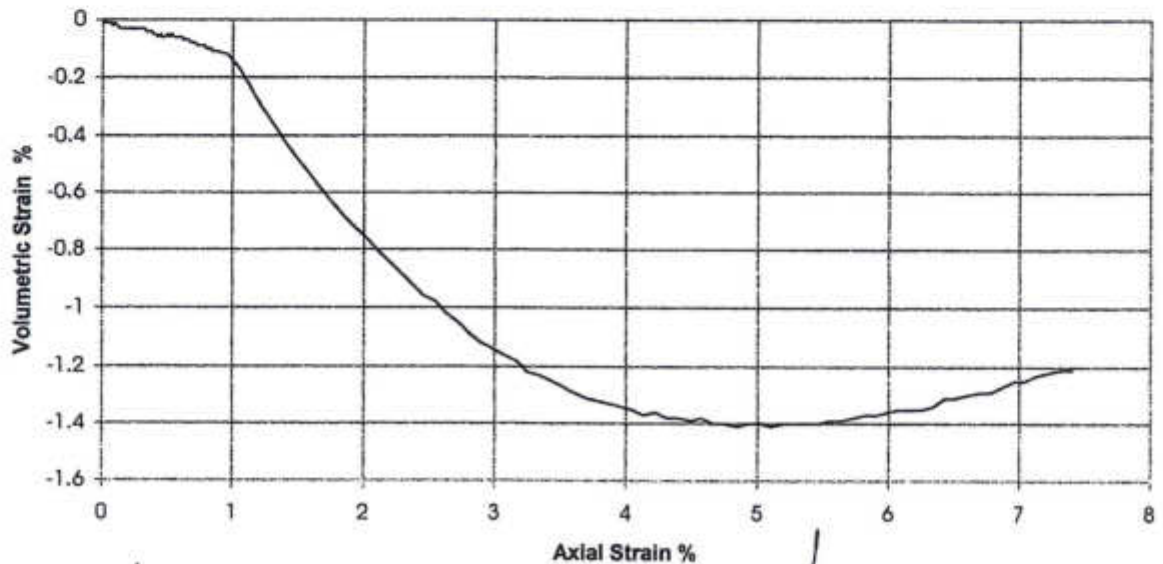
  
 Geolab s.r.l.  
 Direttore del laboratorio geotecnico  
 Dott. Angela Muloro

Richiedente	SOIL GEO srl	Verbale n.	GEO 0356 del 17/12/08
Lavoro	Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara		
Sondaggio	S1	Campione	S1 C11

**FASE DI TAGLIO**  
**Storzo deviatorico / Deformazione assiale**



**FASE DI TAGLIO**  
**Deformazione volumetrica / Deformazione assiale**



Geolab s.r.l.  
 Ac sperimentatore  
 Dott. Alberto Genie

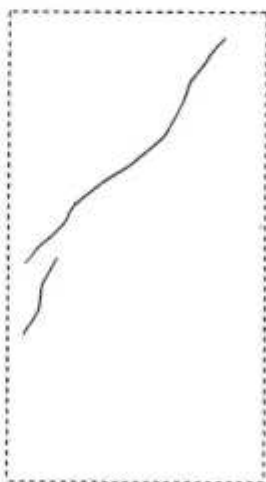
Geolab s.r.l.  
 Direttore del laboratorio geotecnico  
 Dott. Angelo Mulone


<b>Richiedente</b>	SOIL GEO srl	<b>Verbale n.</b>	GEO 0356 del 17/12/08
<b>Lavoro</b>	Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara		
<b>Sondaggio</b>	S1	<b>Campione</b>	S1 C11


Condizioni della fase di taglio			
Velocità di spostamento assiale	0.008 mm/min	Pressione in cella	686.5 kPa
Pressione dei pori iniziale	491.2 kPa	Sforzo efficace iniziale	195.3 kPa

Condizioni al massimo sforzo deviatorico			
Critero di rottura	Massimo sforzo deviatorico		
Pressione dei pori	483.5 kPa	Sforzo principale efficace minore	201.9 kPa
Sforzo deviatorico corretto	838.8 Pa	Sforzo principale efficace maggiore	1040.7 kPa
Deformazione assiale	6.78 %	Deformazione volumetrica	-1.29 %
Correzione allo sforzo deviatorico	0.9 kPa		
Massa volumica	1.86 Mg/m <sup>3</sup>	Contenuto d'acqua	28.8 %

## SCHEMA DI ROTTURA



  
 Geolab s.r.l.  
 Lo sperimentatore  
 Dott. Alberto Genio

  
 Geolab s.r.l.  
 Direttore del laboratorio geotecnico  
 Dott. Angelo Mulone

CERTIFICATO

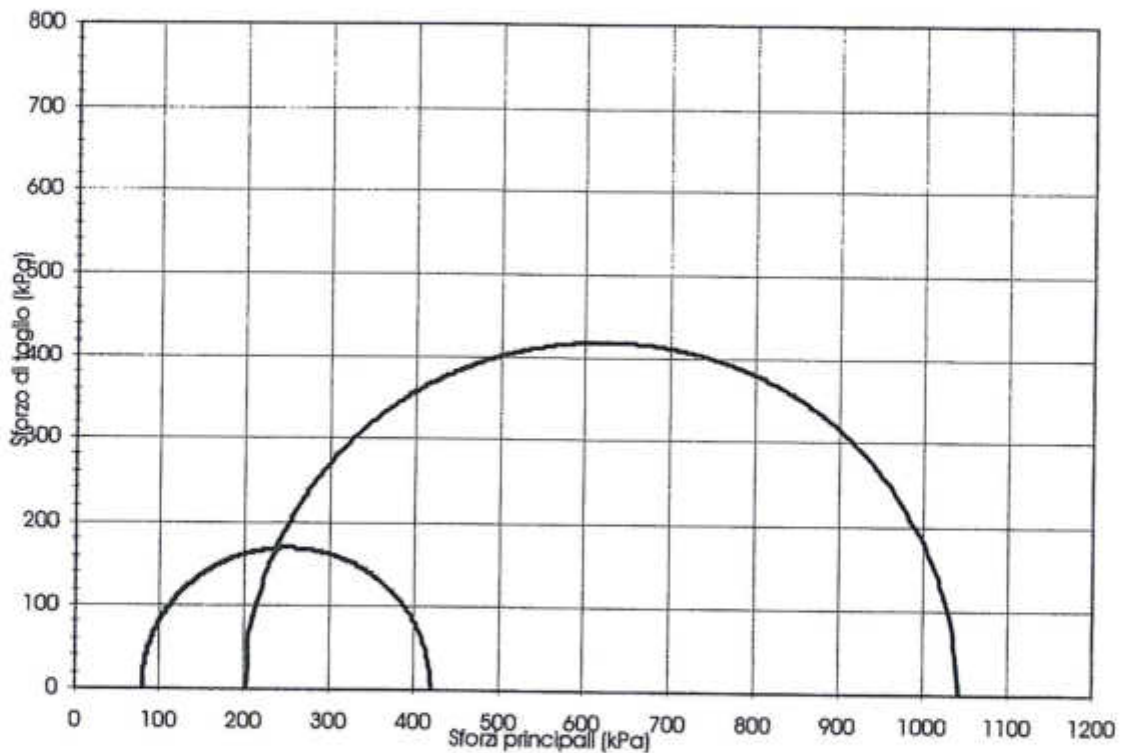
n. 4057 del 19 gen 2009

D. M. n. 52651 del 26.11.04



<b>Richiedente</b>	SOIL GEO srl	<b>Verbale n.</b>	GEO 0356 del 17/12/08
<b>Lavoro</b>	Indagini geognostiche eseguite presso il complesso monumentale di Santa Chiara		
<b>Sondaggio</b>	S1	<b>Campione</b>	S1 C11

Caratteristiche dei provini		
Riferimento provino	Sforzo efficace principale minore ( $\sigma_3$ )	Sforzo efficace principale maggiore ( $\sigma_1$ )
A	80.2 kPa	421.1 kPa
B	201.9 kPa	1040.7 kPa



Geolab s.r.l.  
Lo sperimentatore  
Dott. Alberto Ganio

Geolab s.r.l.  
Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone



CERTIFICATO

n. 4057 del 19 gen 2009

D. M. n. 52651 del 26.11.04



Job Number GEO 0356 del 17-12-08  
 Complesso S1 C11  
 Profondità 18.30-18.80 m

Profilo A

Profilo B

Consolidation Graph Data

X/Units	Square Root Mins
X/Axis	Time -
Y/Units	mi
Y/Axis	Volume Change
X/Data	Y/Data
0	0
0.39	-0.75
0.45	-0.8
0.5	-0.85
0.56	-0.9
0.63	-0.94
0.71	-0.98
0.8	-1.01
0.89	-1.05
1	-1.07
1.13	-1.09
1.26	-1.11
1.41	-1.13
1.59	-1.15
1.78	-1.16
2	-1.17
2.24	-1.18
2.52	-1.19
2.83	-1.19
3.07	-1.21
3.45	-1.21
3.87	-1.22

Consolidation Graph Data

X/Units	Square Root Mins
X/Axis	Time -
Y/Units	mi
Y/Axis	Volume Change
X/Data	Y/Data
0	0
0.39	-0.28
0.45	-0.32
0.5	-0.35
0.56	-0.38
0.63	-0.4
0.71	-0.45
0.8	-0.48
0.89	-0.52
1	-0.55
1.13	-0.6
1.26	-0.65
1.41	-0.71
1.59	-0.77
1.78	-0.85
2	-0.93
2.24	-1.01
2.52	-1.11
2.83	-1.22
3.07	-1.29
3.45	-1.4
3.87	-1.51
4.35	-1.6
4.88	-1.69
5.48	-1.78
6.15	-1.84
6.9	-1.89
7.75	-1.94
8.72	-1.99
9.75	-2.02
10.95	-2.05
12.29	-2.09
13.78	-2.12
15.49	-2.16

Shearing Graph1 Data

X/Units	%
X/Axis	Axial Strain
Y/Units	kPa
Y/Axis	Corrected Deviator Stress
X/Data	Y/Data
0	0
0.04	0
0.07	0
0.11	0
0.14	0
0.18	0.3
0.21	0.9
0.25	0.9
0.28	1.4
0.32	1.7
0.36	2.6
0.39	3.3
0.43	3.4
0.46	4.2
0.5	5.2
0.53	5.9
0.57	13.7
0.6	29
0.64	40.7
0.68	48.3
0.71	56.3
0.75	63.9
0.78	70.5
0.82	76.4
0.85	82.8
0.89	88.6
0.92	94.5
0.96	100.2
1	105.5
1.03	111.1
1.07	116.1
1.1	121.4
1.14	126.1
1.21	135.4
1.28	144.7
1.35	163.3
1.42	160.7
1.49	168.2
1.56	175.4
1.64	182.7
1.71	189.3
1.78	196.5
1.85	202.1
1.92	208.2
1.99	213.7
2.06	219.1
2.13	224.2
2.2	229.6
2.28	234.1
2.35	238.3
2.42	242.5
2.49	247.4
2.56	250.9
2.63	255.2

Shearing Graph1 Data

X/Units	%
X/Axis	Axial Strain
Y/Units	kPa
Y/Axis	Corrected Deviator Stress
X/Data	Y/Data
0	0
0.02	7.2
0.04	10.8
0.06	14.2
0.08	16.5
0.09	19.1
0.11	22.1
0.13	24.5
0.15	27
0.16	28.9
0.18	31.2
0.2	33.1
0.22	35.6
0.23	37.5
0.25	39.7
0.27	41.4
0.29	43.4
0.31	45.5
0.32	47.5
0.34	48.9
0.36	50.9
0.38	52.4
0.39	54.1
0.41	55.6
0.43	56.2
0.45	56.5
0.46	56.5
0.48	57
0.5	57.9
0.52	58.6
0.53	59.1
0.55	58.9
0.57	59.1
0.59	58.4
0.61	58.5
0.62	60.8
0.64	61.9
0.66	61.7
0.68	61.2
0.69	61.2
0.71	60.9
0.73	61.2
0.75	61.8
0.76	62.6
0.78	63.3
0.8	64.2
0.82	64.7
0.83	66
0.85	65.6
0.87	65.6
0.96	66.3
1.05	68.3
1.13	116.5
1.13	155.9
1.22	184.9

Geolab s.r.l.  
 Lo sperimentatore  
 Dott. Alberto Genir



Geolab s.r.l.  
 Direttore del laboratorio geotecnico  
 Dott. Angelo Mulone



CERTIFICATO

n. 4057 del 19 gen 2009

D. M. n. 52651 del 26.11.04.




Provino A	Provino B
2.7	258.8
2.77	261.7
2.84	265.2
2.91	268.6
2.99	271.9
3.06	275.3
3.13	277.9
3.2	280.9
3.27	283.9
3.34	286.4
3.41	288.8
3.48	291.3
3.55	294.1
3.63	296.1
3.7	298.2
3.77	300.3
3.84	302.1
3.91	304.2
3.98	305.6
4.05	307.6
4.12	309
4.19	310.8
4.27	312.3
4.34	313.4
4.41	315
4.48	315.8
4.55	317.3
4.62	318.4
4.69	319.6
4.76	320.4
4.83	321.3
4.91	322.7
4.98	323.2
5.05	324
5.12	324.7
5.19	325.7
5.26	326.4
5.33	327.5
5.4	328.3
5.47	328.8
5.55	329.7
5.62	330.2
5.69	331
5.76	331.7
5.83	332.2
5.9	332.9
5.97	333.1
6.04	333.8
6.11	334.2
6.19	334.9
6.26	335.3
6.33	335.5
6.4	336.2
6.47	336.5
6.54	336.9
6.61	337.1
6.68	337.7
6.75	338.2
6.83	337.7
6.9	337.9
6.97	338.4
7.04	338.6
7.11	339.1
7.18	339.1
7.25	339.3
7.32	340
7.39	339.9
7.46	340.6
7.54	340.3
7.61	340.4
7.68	340.6
7.75	340.6
7.82	340.6
7.89	340.5
7.96	340.8
8.03	340.8
8.1	340.7
8.18	340.9
8.25	340.7
8.32	340.8
8.39	340.7
8.46	340.9
8.53	340.6
8.6	340.4
8.67	340.2
8.74	340.2
8.82	340
8.89	340.2
8.96	340.1
9.03	339.9
9.1	339.7
9.17	339.4
9.24	339.5
9.31	339.2
9.38	339
9.46	338.7
9.53	338.7
9.6	338.3
9.67	338.2
9.74	338.2
9.81	338
9.88	337.8
9.95	337.7
10.02	337.4
10.1	337.2
10.17	337.2

Provino B	Provino B
1.31	210
1.4	233.1
1.49	255.4
1.58	276.7
1.66	295.3
1.75	315.5
1.84	334.9
1.93	353.9
2.02	372.8
2.1	390.4
2.19	409.8
2.28	427
2.37	444.8
2.46	463.3
2.55	479.8
2.63	496.2
2.72	513.6
2.81	528.8
2.9	544
2.99	558.9
3.07	573.5
3.16	587.5
3.25	601.8
3.34	614.8
3.43	627.7
3.52	640.1
3.6	652
3.69	663.9
3.78	675.8
3.87	685.8
3.96	696.3
4.04	705.6
4.13	714.6
4.22	723.3
4.31	731.8
4.4	740.1
4.49	747.7
4.57	754.7
4.66	761.3
4.75	767.6
4.84	773.8
4.93	780
5.02	786
5.1	790.9
5.19	795.8
5.28	800.1
5.37	805.1
5.46	809.9
5.54	812.8
5.63	816.2
5.72	819.1
5.81	822.3
5.9	825.1
5.99	827.5
6.07	830.1
6.16	831.9
6.25	833.6
6.34	835.1
6.43	836.2
6.51	837.4
6.6	837.9
6.69	838.7
6.78	838.8
6.87	839
6.96	839.1
7.04	838.7
7.13	838.1
7.22	837.1
7.31	836.4
7.4	835

Geolab s.r.l.  
Lo sperimentatore:  
Dott. Alberto Geri



Geolab s.r.l.  
Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone



CERTIFICATO

n. 4057 del 19 gen 2009

D. M. n. 52651 del 26.11.04



Provino A	
10.24	336.8
10.31	336.8
10.38	336.7

Provino B

Shearing Graph2 Data		Shearing Graph2 Data	
XUnits	%	XUnits	%
YUnits	Asial Strain	YUnits	Asial Strain
YData	%	YData	%
XData	Volumetric Strain	XData	Volumetric Strain
Y	YData	Y	YData
0	0	0.01	0
0.04	0.01	0.02	-0.01
0.07	0	0.04	-0.01
0.11	0.01	0.06	-0.01
0.14	0.01	0.08	-0.02
0.18	0	0.09	-0.01
0.21	0.01	0.11	-0.02
0.25	0.01	0.13	-0.03
0.28	0.01	0.15	-0.03
0.32	0.01	0.16	-0.03
0.36	0.02	0.18	-0.03
0.39	0.02	0.2	-0.03
0.43	0.03	0.22	-0.03
0.46	0.03	0.23	-0.03
0.5	0.03	0.25	-0.03
0.53	0.03	0.27	-0.03
0.57	0.03	0.29	-0.03
0.6	0.02	0.31	-0.03
0.64	0.01	0.32	-0.03
0.68	-0.02	0.34	-0.04
0.71	-0.03	0.36	-0.04
0.75	-0.06	0.38	-0.04
0.78	-0.07	0.39	-0.05
0.82	-0.08	0.41	-0.05
0.85	-0.1	0.43	-0.06
0.89	-0.12	0.45	-0.06
0.92	-0.13	0.46	-0.06
0.96	-0.15	0.48	-0.06
1	-0.15	0.5	-0.06
1.03	-0.17	0.52	-0.06
1.07	-0.19	0.53	-0.06
1.1	-0.2	0.55	-0.06
1.14	-0.22	0.57	-0.06
1.21	-0.25	0.59	-0.06
1.28	-0.28	0.61	-0.06
1.35	-0.3	0.62	-0.07
1.42	-0.31	0.64	-0.07
1.49	-0.34	0.66	-0.07
1.56	-0.36	0.68	-0.08
1.64	-0.38	0.69	-0.08
1.71	-0.4	0.71	-0.08
1.78	-0.42	0.73	-0.09
1.85	-0.43	0.75	-0.09
1.92	-0.45	0.76	-0.09
1.99	-0.46	0.78	-0.09
2.06	-0.48	0.8	-0.1
2.13	-0.49	0.82	-0.1
2.2	-0.5	0.83	-0.1
2.28	-0.51	0.85	-0.11
2.35	-0.53	0.87	-0.11
2.42	-0.53	0.96	-0.12
2.49	-0.54	1.05	-0.17
2.56	-0.54	1.13	-0.23
2.63	-0.56	1.22	-0.3
2.7	-0.57	1.31	-0.36
2.77	-0.56	1.4	-0.42
2.84	-0.57	1.49	-0.48
2.91	-0.58	1.58	-0.53
2.99	-0.57	1.66	-0.58
3.06	-0.58	1.75	-0.63
3.13	-0.58	1.84	-0.68
3.2	-0.59	1.93	-0.72
3.27	-0.58	2.02	-0.76
3.34	-0.59	2.1	-0.8
3.41	-0.69	2.19	-0.84
3.48	-0.59	2.28	-0.88
3.55	-0.59	2.37	-0.92
3.63	-0.59	2.46	-0.96
3.7	-0.59	2.55	-0.98
3.77	-0.58	2.63	-1.02
3.84	-0.58	2.72	-1.05
3.91	-0.57	2.81	-1.09
3.98	-0.57	2.9	-1.12
4.06	-0.57	2.99	-1.14
4.12	-0.57	3.07	-1.16
4.19	-0.56	3.16	-1.18
4.27	-0.55	3.25	-1.22
4.34	-0.54	3.34	-1.23
4.41	-0.54	3.43	-1.25
4.48	-0.54	3.52	-1.27
4.56	-0.53	3.6	-1.29
4.62	-0.52	3.69	-1.31
4.69	-0.51	3.78	-1.32
4.76	-0.5	3.87	-1.33
4.83	-0.5	3.96	-1.34
4.91	-0.5	4.04	-1.35
4.98	-0.48	4.13	-1.37
5.05	-0.48	4.22	-1.36
5.12	-0.47	4.31	-1.38
5.19	-0.45	4.4	-1.38
5.26	-0.45	4.49	-1.39
5.33	-0.44	4.57	-1.38
5.4	-0.43	4.66	-1.4
5.47	-0.42	4.75	-1.4
5.55	-0.42	4.84	-1.41
5.62	-0.4	4.93	-1.4

Geolab s.r.l.  
 Lo sperimentatore  
 Dott. Alberto Geniv

Geolab s.r.l.  
 Direttore del laboratorio geotecnico  
 Dott. Angelo Mulone

CERTIFICATO

n. 4057 del 19 gen 2009

D. M. n. 52651 del 26.11.04



Prova A		Prova B	
5.69	-0.4	5.02	-1.4
5.76	-0.38	5.1	-1.41
5.83	-0.37	5.19	-1.4
5.9	-0.36	5.28	-1.4
5.97	-0.35	5.37	-1.4
6.04	-0.34	5.46	-1.4
6.11	-0.33	5.54	-1.39
6.19	-0.32	5.63	-1.39
6.26	-0.31	5.72	-1.38
6.33	-0.3	5.81	-1.37
6.4	-0.29	5.9	-1.37
6.47	-0.27	5.99	-1.36
6.54	-0.26	6.07	-1.35
6.61	-0.25	6.16	-1.35
6.68	-0.24	6.25	-1.35
6.75	-0.24	6.34	-1.34
6.83	-0.21	6.43	-1.31
6.9	-0.2	6.51	-1.31
6.97	-0.2	6.6	-1.3
7.04	-0.19	6.69	-1.29
7.11	-0.17	6.78	-1.29
7.18	-0.15	6.87	-1.27
7.25	-0.14	6.96	-1.25
7.32	-0.13	7.04	-1.25
7.39	-0.11	7.13	-1.23
7.46	-0.1	7.22	-1.22
7.54	-0.1	7.31	-1.21
7.61	-0.08	7.4	-1.21
7.68	-0.06		
7.75	-0.05		
7.82	-0.03		
7.89	-0.03		
7.96	-0.01		
8.03	0		
8.1	0.01		
8.18	0.02		
8.25	0.04		
8.32	0.05		
8.39	0.06		
8.46	0.08		
8.53	0.09		
8.6	0.1		
8.67	0.11		
8.74	0.12		
8.82	0.13		
8.89	0.14		
8.96	0.16		
9.03	0.17		
9.1	0.18		
9.17	0.18		
9.24	0.2		
9.31	0.22		
9.38	0.22		
9.46	0.23		
9.53	0.25		
9.6	0.27		
9.67	0.27		
9.74	0.28		
9.81	0.3		
9.88	0.31		
9.95	0.32		
10.02	0.32		
10.1	0.33		
10.17	0.35		
10.24	0.36		
10.31	0.37		
10.38	0.38		

Geolab s.r.l.  
Lo sperimentatore  
Dott. Alberto G.

Geolab s.r.l.  
Direttore del laboratorio geotecnico  
Dott. Angelo Mulone