



COMUNE DI SERDIANA  
PROVINCIA DI CAGLIARI

## PIANO URBANISTICO COMUNALE

VARIANTE N°7

il sindaco: Roberto Meloni

il responsabile dell'ufficio tecnico: Marco Locci

---

**RELAZIONE  
GEOTECNICA**

FEBBRAIO 2014

# Indice

<b>PREMESSA.</b>	<b>3</b>
<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO DI SETTORE</b>	<b>3</b>
<b>IL MODELLO GEOLOGICO</b>	<b>5</b>
<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE</b>	<b>6</b>
STUDIO STRATIGRAFICO DEL SITO	6
STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E SUBSUPERFICIALI	7
TERZIARIO	7
QUATERNARIO	7
<b>INQUADRAMENTO GEOTECNICO</b>	<b>10</b>
INDAGINI GEOGNOSTICHE	10
RISULTATI DELLE INDAGINI	11
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
IL MODELLO GEOTECNICO	12
<b>VALUTAZIONE DEI TERRENI INTERESSATI DA SCAVI</b>	<b>13</b>
STUDI, CARATTERIZZAZIONI, CERTIFICAZIONI, INERENTI RIUTILIZZO TERRE E ROCCE DA SCAVO	13
<b>LA COMPATIBILITÀ GEOTECNICA DELLA VARIANTE AL PUC</b>	<b>14</b>

## **PREMESSA.**

Questo elaborato costituisce la Relazione Geotecnica della Variante al Piano Urbanistico di Sordana associata al progetto di Ristrutturazione di un edificio comunale per destinarlo a sede dell'Unione dei Comuni.

## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO DI SETTORE**

La seguente relazione geotecnica è conforme a quanto richiesto da:

- dal punto H del D.M. 11.3.1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno e delle terre e delle opere di fondazione";
- dal DM 14-01-2008 NTC2008;
- dagli Eurocodici EC7 ed EC8.

In particolare, il D.M. 14-01-2008 entrato in vigore a partire dal 01-07-2009 stabilisce le Norme Tecniche per le Costruzioni o meglio le norme per la progettazione ed il dimensionamento delle strutture.

Tale documento, come anche precisato dalla successiva Circolare Applicativa del febbraio 2009, con tutti gli ovvi risvolti sulle fasi preliminari della progettazione, è quindi riferito alla fase esecutiva della progettazione.

Per quanto riguarda la sfera attinente la professionalità del geologo vengono richiesti all'interno della progettazione 3 documenti:

- relazione geologica
- relazione geotecnica
- relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base.

La relazione geologica deve contenere le indagini, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito in riferimento all'opera ed analizzare la pericolosità geologica del sito in assenza ed in presenza delle opere. La valenza di questo documento è fondamentale non solo per la progettazione esecutiva dell'opera ma per stabilire in fase di progettazione architettonica o preliminare se l'opera si "può fare" e quali saranno le problematiche relative alla stabilità dei terreni ed all'assetto idrogeologico dell'intorno.

La relazione geotecnica riguarda le indagini, la caratterizzazione e modellazione geotecnica del solo "volume significativo" e deve valutare l'interazione opera/terreno ai fini del dimensionamento.

La relazione sulla modellazione sismica deve valutare la pericolosità sismica di base del sito, tale documento riveste importanza per la valutazione della "pericolosità" e quindi va inserito non solo nel livello di progettazione definitivo ma già fin dal livello di progettazione preliminare. Dato che tale documento specie per la trattazione degli effetti di sito assume un carattere prettamente "geologico", lo stesso può essere redatto in forma indipendente o essere inserito nella relazione geologica.

In particolare la normativa generale presa a riferimento è costituita da:

- Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

- Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

- Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI

- Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

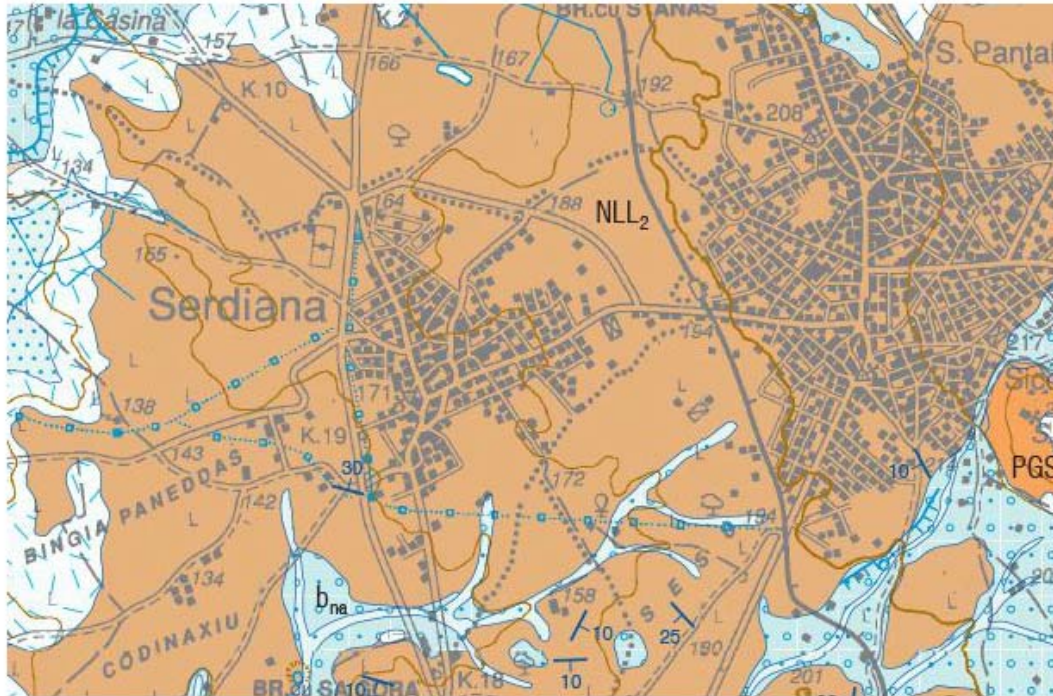
- Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

- Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale
- Piani Territoriali di coordinamento (Provincia)
- Piano e Regolam. Urbanistico
- D.M. 11.03.1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità e dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione

## IL MODELLO GEOLOGICO



### FORMAZIONE DI NURALLAO

Arenarie di Serralonga

NLL<sub>2</sub> Arenarie da grossolane a micro-conglomeratiche, con intercalazioni di conglomerati, arenarie siltose, marne siltoso-arenacee.

*AQUITANIANO SUP.-BURDIGALIANO?*

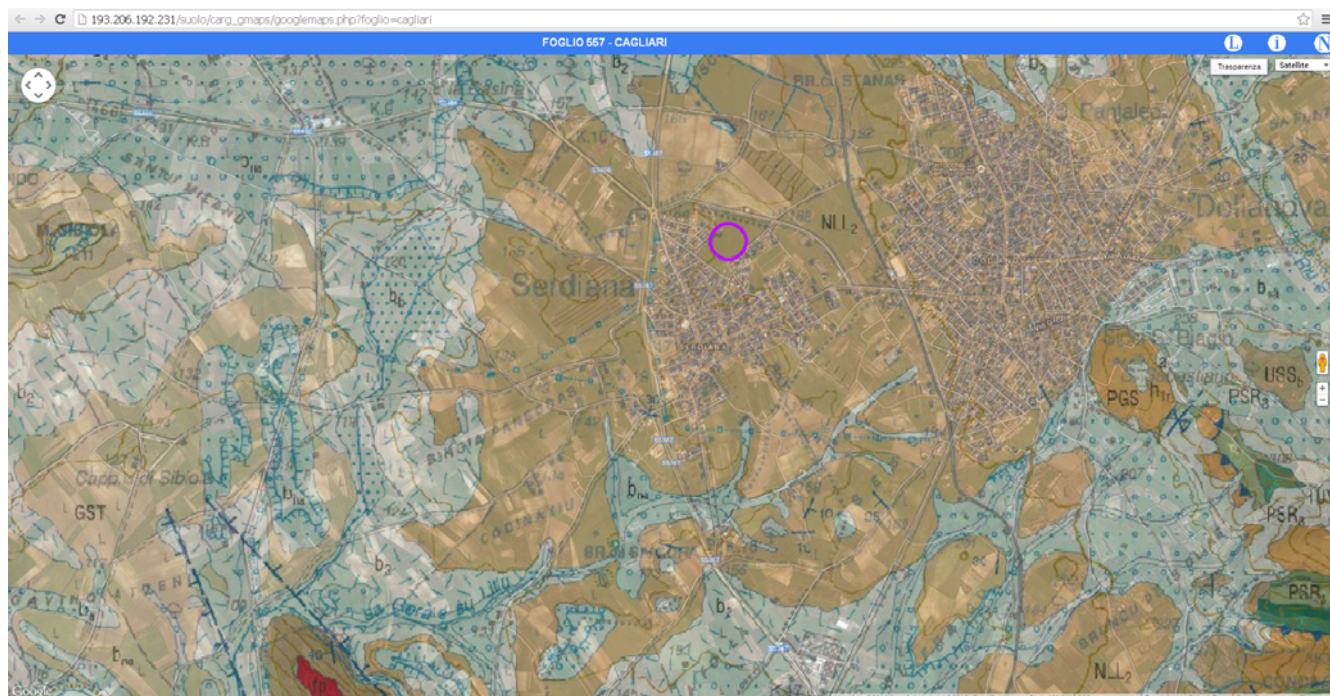
**Mapa Geolitologica dell'area**

Il settore studiato è posto su un versante giacente sulla Formazione di Nurallao (NLL2).

In alcuni punti, come riporta la mappa, una debole coltre di depositi recenti ricopre l'area.

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

Nell'intera area vasta studiata sono presenti litologie ascrivibili, per la maggior parte, al Terziario ed Quaternario mentre il settore montano è dominato dai rilievi paleozoici del Serpeddi – Sette Fratelli.



***Mappa – Il settore di progetto (in viola) è posto alle spalle del sistema dell'anfiteatro del golfo di Cagliari e giace sulle formazioni detritiche terziarie delle Arenarie di Serralonga (NLL2)(SITO ISPRA – CARG – Foglio 557 in trasparenza su Google – MAPS)***

## STUDIO STRATIGRAFICO DEL SITO

Nell'ambito del presente lavoro di fondamentale importanza, in relazione ai risvolti applicativi, risulta la conoscenza della stratigrafia dei terreni sui quali verranno realizzate le opere in progetto.

L'approccio cognitivo della condizione stratigrafica del sito di interesse è stato condotto realizzando osservazioni e misure dirette e analizzando i dati in possesso, frutto dell'esperienza sul territorio del professionista scrivente e di lavori scientifici pubblicati e non.

Le indagini realizzate in tale ambito e nei lavori professionali sopra descritti sono state finalizzate a:

- ricostruire l'assetto stratigrafico nel sito d'indagine;
- osservare direttamente la struttura del sottosuolo (tipo e natura dei terreni, giacitura, successione e potenza delle eventuali stratificazioni, stato di alterazione etc.);
- fornire indicazioni sulle acque del sottosuolo;
- ottenere informazioni finalizzate ad ipotizzare future campagne geognostiche per lo studio esecutivo.

In sintesi le opere da realizzare insisteranno su configurazioni stratigrafiche del tipo indicato nella stratigrafia descritta.

Sostanzialmente si riscontra la presenza di un primo livello superficiale caratterizzato da suolo agrario arancio-nocciola. Lo spessore di questo livello si aggira generalmente intorno ai 30 cm e generalmente lo stesso si presenta rimaneggiato a seguito di lavorazioni o frammisto a materiali di riporto di varia natura.

Il secondo livello è dato dalla formazione delle marne di Gesturi. Lo spessore di questo livello risulta variabile ma generalmente superiore alle profondità investigate e di interesse.

Il materiale sottostante è caratterizzato dall'alternanza di livelli sabbiosi e conglomeratici in matrice argillosa da alterata a molto alterata. Questo materiale è interessato, a differenti profondità e con spessori variabili, da livelli

a blocchi arrotondati, anche di grosse dimensioni, collegati ad eventi di piena particolarmente intensi. Lo spessore di questi livelli è variabile ma generalmente superiore al metro.

## **STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E SUBSUPERFICIALI**

Le unità geolitologiche presenti nell'area sono in ordine di giacitura:

- **NLL2, MARNE DI GESTURI.** Arenarie da grossolane a microconglomeratiche, con intercalazioni di conglomerati, arenarie siltose e marne siltose –arenacee.  
AQUITANIANO SUP. – BURDIGALIANO?

La serie presente nel settore immediatamente adiacente l'abitato, comprende anche altre unità:

## **TERZIARIO**

I depositi terziari presenti sono rappresentati dalle Marne di Gesturi e dalle Arenarie di Serralonga (uniche ad affiorare nell'abitato).

### **Marne di Gesturi (GST)**

Nelle Marne di Gesturi vengono distinte due facies: una marnoso-arenacea (GST) ed una piroclastico-epiclastica (GSTa) (PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969).

Nel settore studioato troviamo la sola facies marnoso-arenacea (GST).

L'unità è costituita da marne arenacee, arenarie marnose e siltitiche, con subordinate intercalazioni di arenarie, soprattutto nelle parti basale e sommitale. La porzione basale è caratterizzata da alternanze di arenarie da medie a grossolane, talora ben cementate, localmente contenenti bivalvi, gasteropodi (*Ficus F. conditus*), briozoi e noduli algali, siltiti laminate e marne siltose e/o argillose, in strati di spessore variabile, fino al metro.

Le marne sono da gialle a grigie a verdastre, con marcata fissilità nei termini più siltitici e fratturazione pseudo-concoide ("a saponetta") in quelli più argillosi.

Laminazioni piano-parallele e rare ondulazioni sono associate ad evidenti alternanze tessiturali.

Sulle superfici di strato talora si osservano minerali micacei submillimetrici.

Il cemento è carbonatico.

### **Arenarie di Serralonga (NLL2)**

I depositi continentali della formazione di Ussana passano lateralmente e superiormente a questa successione arenacea, sabbiosa e conglomeratica, talora a componente vulcanica, con spessori superiori ai 200 m.

Si tratta di sequenze a gradazione normale, costituite da arenarie medio- grossolane a stratificazione incrociata, localmente canalizzate da conglomerati e da arenarie siltose fini che evolvono ritmicamente a marne. Gli ambienti deposizionali vanno da transizionali ai bordi dei bacini (con barre litoranee) fino a distali, con accumuli gravitativi (torbiditi e slumping). Frequenti le alternanze di arenarie e sabbie talora conglomeratiche, riconducibili ad ambiente marino ad alta energia, di spiaggia sommersa (shoreface).

## **QUATERNARIO**

I depositi quaternari presenti nell'area sono di natura prevalentemente eluvio-colluviale e alluvionale.

L'ordine cronologico di descrizione è sempre quello dal più antico al più recente.

### **Depositi pleistocenici (PVM2a)**

Durante tutto il Pleistocene i processi fluviali sono stati molto intensi, quando le variazioni glacio-eustatiche hanno portato, attraverso i mutamenti dei livelli di base dei fiumi, ad importanti erosioni nonché alla successiva deposizione di alluvioni terrazzate a quote differenti. Si tratta di ghiaie, sabbie e limi fluviali, alterati, a matrice limoso sabbiosa, rossastra per ossidi di ferro. Si distinguono diversi ordini di terrazzi alluvionali. I più antichi si trovano a quote variabili e



generalmente elevate (da 30 a 60 m). Sono caratterizzati da alterazione spinta della matrice e dei ciottoli che compongono i relativi depositi, sono state presumibilmente deposte nell'arco di tempo tra il Pleistocene inferiore ed il Pleistocene medio. Esse sono delimitate dalle rotture di pendio non nette, ma facilmente distinguibili, degli orli di terrazzo.

Un secondo ordine di terrazzi è costituito dai depositi alluvionali situati a quote variabili tra i 15 e i 20 m circa, più estesi, riscontrabili nell'area alla sommità dei sistemi residuali dalla re incisione quaternaria (.

Al loro margine sono presenti orli di terrazzo il più delle volte non distinguibili. L'alterazione subita da tali depositi, meno spinta delle precedenti alluvioni, mostra che essi sono più recenti e vengono riferiti al Pleistocene superiore.

Questi sono costituiti da depositi ciottolosi, sabbiosi e argillosi con ciottoli di rocce fortemente selezionate e formate dalle cosiddette resistant, scisti silicizzati, cornubianitici, liditi etc..

L'alternanza erosione-deposizione ha portato alla formazione di terrazzi a diversi livelli dei quali i più elevati corrispondono alle alluvioni più antiche.

Si può operare una suddivisione tra i depositi fluviali presenti nella zona in:

- Alluvioni antiche bruno rossastre terrazzate da ben costipate e fortemente cementate a matrice sabbiosa-limosa costituite da ciottoli di scisto, porfido etc... (Pleistocene medio);
- Alluvioni recenti conglomeratiche (di condizioni climatiche arido-fredde) terrazzate costituite da ciottoli di calcari e scisti di varia granulometria non arrotondati scarsamente cementate, a matrice sabbiosa (Pleistocene superiore) (PVM2a).

Le alluvioni più recenti (***Subsistema di Portoscuso***), nonché le più diffuse tra quelle del Pleistocene superiore, si presentano spesso costituite da elementi grossolani che raggiungono non eccezionalmente la dimensione dei blocchi anche di grosse dimensioni, a spigoli subangolosi o subarrotondati. Si tratta di depositi tipici di corsi d'acqua a canali intrecciati tendenti alla migrazione laterale. Malgrado l'aspetto frammentario è verosimilmente presumibile che gli stessi costituissero estese conoidi alluvionali coalescenti che bordavano e colmavano le depressioni vallive del Campidano. In alcuni casi le caratteristiche dei materiali (morfologia del deposito, forma e dimensione dei costituenti) lasciano ipotizzare condizioni di scarso trasporto idrico. Le conoidi formate da questi materiali giacciono generalmente sulle superfici di spianamento di clima arido (pediment). L'intensa attività antropica ha portato ad un rimodellamento topografico che rende molto difficile il riconoscimento dei limiti di questi depositi in superficie. Lo spessore va da 5 a 50 m circa e ricoprono il sottostante basamento costituito dalla Formazione delle Marne di Gesturi.

### **Depositi olocenici terrazzati (bna)**

Si tratta dei sedimenti attuali e recenti (olocenici) che ricoprono i precedenti ascrivibili al Sistema di Portovesme (PVM2a) a loro volta poggianti sulla NLL2 o la GST.

Affiorano estesamente in tutto il settore studiato e ricoprono i sedimenti del sistema di Portovesme e sono ricoperti dai depositi alluvionali attuali che talvolta colmano alvei fluviali successivi incisi al loro interno.

Sono costituiti da ghiaie a stratificazione incrociata concava deposte all'interno di canali bassi e poco continui, alternate a ghiaie a stratificazione piano parallela.

In alcuni casi in canali di erosione fluviale si spingono fino a incidere il substrato nella NLL2.

Nelle sezioni sono presenti livelli sabbiosi a stratificazione piano parallela o incrociata concava e talvolta sottili livelli pedogenizzati da suoli poco sviluppati.

I bna sono posti ai lati dei letti attuali o dei tratti di alveo regimati ed in genere non sono interessati dalle dinamiche con tempi di ritorno pluridecennale, anche se alcuni tratti, pur limitati di questa unità sono stati interessati da dinamiche alluvionali durante eventi idrometeorici eccezionali.

La mancanza di significativi gradienti topografici ha impedito di stabilire quali fossero i tratti interessati da dinamiche precedenti la situazione idrografica attuale.

### **Depositi alluvionali (bn)**

L'area di studio è drenata dal rio Sa Gora 'e su Littu – sa Frissa.

Ad esso si raccordano numerosi affluenti minori con carattere fortemente torrentizio.



Alcuni di essi sono stati fortemente regimati e si presentano delimitati da argini artificiali o canalizzati.

I sedimenti alluvionali, associati ai corsi d'acqua naturali presenti, sono in genere grossolani e solo localmente sono presenti intercalazioni di lenti e sottili livelli di sabbia.

Le strutture sedimentarie non si differenziano da quelle descritte per i depositi alluvionali terrazzati olocenici (bna).

I sedimenti fini, poco presenti in quest'area, aumentano notevolmente verso valle.

Sono localmente presenti alcune altre unità litologiche non significative ai fini della costruzione del modello geologico.

## INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Al fine di poter caratterizzare appropriatamente i terreni sono state effettuate numerose ricognizioni nel settore della sottostazione e di quelle adiacenti, e sono state reperite indagini ed analisi relative ad interventi operati nell'area, su substrati aventi caratteristiche simili.

## INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il settore di progetto è stato investigato attraverso:

- un rilievo di superficie;
- analisi delle sezioni esposte nell'area e lungo la bretella di raccordo alla SS387
- 2 prove penetrometriche continue

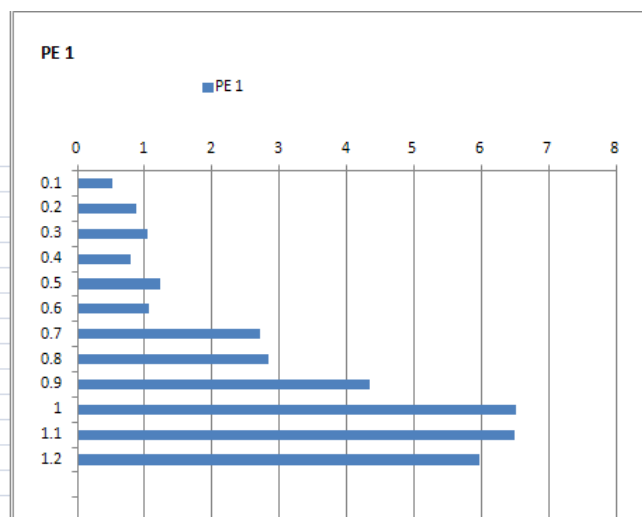


**Mappa – Ubicazione delle prove penetrometriche**

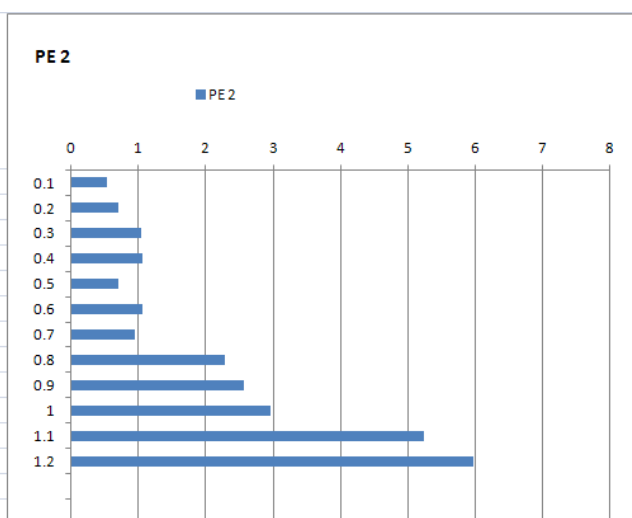
## RISULTATI DELLE INDAGINI

I risultati diretti delle indagini solo allegati alla relazione e vengono qui riassunti con il diagramma costruito con il variare con la profondità del carico ammissibile calcolato con il metodo Herminier – Olandesi.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.1	6	0.857	11.61	13.56	0.53	0.62
0.2	10	0.855	19.31	22.6	0.88	1.03
0.3	12	0.853	23.12	27.12	1.05	1.23
0.4	9	0.851	17.3	20.34	0.79	0.92
0.5	15	0.799	27.08	33.9	1.23	1.54
0.6	13	0.797	23.41	29.38	1.06	1.34
0.7	38	0.695	59.7	85.88	2.71	3.9
0.8	43	0.643	62.52	97.18	2.84	4.42
0.9	66	0.642	95.69	149.15	4.35	6.78
1	99	0.64	143.13	223.73	6.51	10.17
1.1	99	0.638	142.74	223.73	6.49	10.17
1.2	99	0.636	131.57	206.79	5.98	9.4



Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.1	6	0.857	11.61	13.56	0.53	0.62
0.2	8	0.855	15.45	18.08	0.7	0.82
0.3	12	0.853	23.12	27.12	1.05	1.23
0.4	13	0.801	23.53	29.38	1.07	1.34
0.5	8	0.849	15.35	18.08	0.7	0.82
0.6	13	0.797	23.41	29.38	1.06	1.34
0.7	11	0.845	21.01	24.86	0.95	1.13
0.8	32	0.693	50.14	72.32	2.28	3.29
0.9	36	0.692	56.26	81.36	2.56	3.7
1	45	0.64	65.06	101.69	2.96	4.62
1.1	80	0.638	115.34	180.79	5.24	8.22
1.2	99	0.636	131.57	206.79	5.98	9.4



## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le principali formazioni presenti nell'area di progetto sono:

- Terreni di copertura quaternari e suoli;
- Arenarie da grossolane a microconglomeratiche, con intercalazioni di conglomerati, arenarie siltose e marne siltoso –arenacee. **NLL2**, MARNE DI GESTURI.

I terreni di copertura quaternari ricadenti nella unità litostratigrafiche **PVM2a, posti al difuori del sedime dell'impianto**, sono classificati come terre.

I depositi alluvionali recenti (**ba**), poligenici ed incoerenti sono presenti nella parte bassa del versante verso la strada. Mentre i depositi alluvionali eterometrici, rimaneggiati e terrazzati, non sono presenti nell'area di sedime ma solo sulle pianore, alla sommità del versante (**bna**)

Il complesso sedimentario miocenico (NLL2) è considerato come terre per la frazione propriamente incoerente e come roccia per la frazione arenacea, generalmente lapidea.

Sulla base di analisi di laboratorio e delle caratteristiche dei versanti naturali presenti sulla formazione di Serralonga, nonché delle prove penetrometriche effettuate, si è ipotizzato che la massa abbia i seguenti parametri tipici minimi:

parametro	simb	Unità	Arenarie NLL2	Depositi alluvionali bna
Pressione ammissibile	$\sigma$	Kg/cm <sup>2</sup>	2.60-4.20	1.40-1.80
Coesione non drenata	$c_u$	Kg/cm <sup>2</sup>	2.20	1.60
Modulo edometrico		Kg/cm <sup>2</sup>	150	70
Modulo di Young		Kg/cm <sup>2</sup>	250	120
Angolo d'attrito	$\alpha$	Gradi	26-28	24-27
Peso di volume	$\gamma$	g/cm <sup>3</sup>	2.12	2.02

L'unità NLL2 è ritrovata in tutte le prove penetrometriche, mentre l'unità bna è presente sostanzialmente nella parte alta del versante.

La variabilità del contenuto d'acqua delle masse argillose presenti produce, come in tutti i materiali incoerenti, una variazione delle caratteristiche geotecniche.

## **IL MODELLO GEOTECNICO**

I risultati delle analisi ed indagini di superficie hanno consentito la ricostruzione della conformazione geologica dei terreni della sottostazione.

In particolare è stato possibile identificare la profondità del substrato, lo spessore e natura dei terreni di copertura e, dove possibile, le caratteristiche meccaniche degli stessi el substrato, ed è stato possibile ricostruire un modello geologico-tecnico, di supporto alla progettazione delle opere previste.

Per l'elaborazione del modello geotecnico si è operato per fasi successive di approfondimento.

Utilizzando come base il modello geologico, sono state successivamente differenziate le categorie di materiali presenti, in funzione dello stato lapideo o sciolto, e dei caratteri tecnici degli stessi.

Le informazioni acquisite nel corso dei rilievi geologici e geomorfologici di campagna, delle indagini in sito eseguite ed i dati reperiti in letteratura hanno consentito di definire con una sufficiente approssimazione la situazione stratigrafica della zona percorsa dall'infrastruttura in progetto.

I terreni presenti nel sito, possono essere schematicamente riassunti nella seguente sequenza stratigrafica a costituire il modello geotecnico:

- **ba** - Depositi alluvionali recenti, poligenici, incoerenti. Olocene
- **ba** - Depositi alluvionali poligenici, eterometrici, rimaneggiati, terrazzati. Olocene
- **NLL2** - ARENARIE DI SERRALONGA. Arenarie da grossolane a microconglomeratiche, con intercalazioni di conglomerati, arenarie siltose e marne siltose –arenacee.  
AQUITANIANO SUP. – BURDIGALIANO?

La ricostruzione del modello geologico-tecnico, ha permesso di affrontare i vari problemi geotecnici legati alla progettazione delle opere previste, di valutare la stabilità d'insieme dell'area interessata dall'opera, e di identificare, in via preliminare, le problematiche che la natura e le caratteristiche tecniche dei terreni possono creare nella scelta delle soluzioni progettuali.

### **VALUTAZIONE DEI TERRENI INTERESSATI DA SCAVI**

Gli scavi previsti sono operati in funzione della predisposizione delle livellazioni per la viabilità ed i parcheggi per raccordare i sedimi per i basamenti degli elementi che costituiranno i manufatti di servizio.

### ***STUDI, CARATTERIZZAZIONI, CERTIFICAZIONI, INERENTI RIUTILIZZO TERRE E ROCCE DA SCAVO***

Analisi e valutazioni ai sensi del TU Ambiente (L. 156/2006) e successive modificazioni, e delle perimetrazioni del sito di interesse nazionale SULCIS-IGLESIENTE-GUSPINESE di cui al D.M. 12 marzo 2003 ed in particolare rispetto alle aree perimetrate ai sensi degli Artt. 7-8-9 del D.M. 471/99.

I terreni costituenti il sedime sono esclusi dal SIN interni al perimetro generale ma non sono inclusi nelle aree di attenzione, o interne a bacini idrografici posti a valle di aree minerarie significative o di zone industriali ad elevato inquinamento e conseguentemente, trattandosi di terreni in posto, si dichiara che sono esenti dalla potenziale presenza di sostanze inquinanti sulla base delle tabelle della normativa vigente.

## LA COMPATIBILITÀ GEOTECNICA DELLA VARIANTE AL PUC

Il territorio, è mappato dal progetto AVI, dal PAI e dall'IFFI, ed è interessato solo limitatamente all'area orientale, extraurbana, da significative problematiche morfologiche, costituite da fenomeni di varia natura.

Dai materiali d'archivio integrati dalle indagini svolte, risulta che la **stabilità reale dei versanti** posti nelle adiacenze o direttamente interessati il settore in progetto è **elevata e comunque compatibile** con le opere.

**Nel complesso, le opere di progetto previste nella Variante al PUC, così come ipotizzate non interferiscono con strutture pubbliche o private esistenti, ed in particolare non risulta che il progetto previsto abbia controindicazioni tecniche di natura alcuna.**

La **pericolosità reale di frana** per le sottostazione e della viabilità interna di servizio, è generalmente bassa (<Hg1 o nulla) e non sono noti fenomeni franosi pregressi.

In ogni caso la trasformabilità della Variante al PUC non può non prevedere altro se non il rispetto delle limitazioni derivanti da tale livello di pericolosità Hg, salvo che non vengano eseguiti interventi di mitigazione della pericolosità peraltro poco significativi.

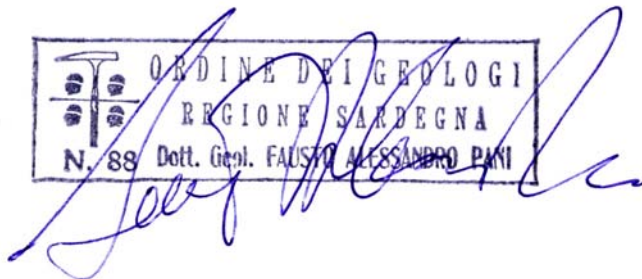
**Possiamo quindi asserire che il settore interessato dalla variante, non è suscettibile di eventi di frana, inondazione, sinkhole e comunque di attivarli.**

L'attività mineraria pregressa non ha interessato in nessun modo il sito, o, comunque, i dintorni per almeno 5 km di raggio, ed il suo sottosuolo è scevro da scavi in galleria o pozzo.

Altresì non sono presenti discariche minerarie, scavi o accumuli di materiale derivante da tali attività e la sua area è posta fuori dai siti che il SIN considera necessitanti di caratterizzazione.

La Variante al PUC è quindi compatibile con le caratteristiche geologiche del sito.

Fausto A. Pani  
Geologo





# PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

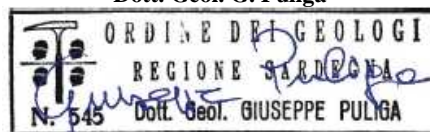
Committente: Dott. Geol. Fausto Pani  
 Cantiere: Serdiana (CA)  
 Località: Serdiana (CA) – 28/10/2013

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: Penny 20 10 cmq 60°

Rif. Norme	DIN 4094		
Peso Massa battente	20		Kg
Altezza di caduta libera	0,20		m
Peso sistema di battuta	12,5		Kg
Diametro punta conica	35,68		mm
Area di base punta	10		cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1		m
Peso aste a metro	2,9		Kg/m
Profondità giunzione prima asta	1,1		m
Avanzamento punta	0,10		m
Numero colpi per punta	N(10)		
Coeff. Correlazione	0,765		
Rivestimento/fanghi	No		
Angolo di apertura punta	90°		

**OPERATORE**  
 Dott. Geol. G. Puliga

**RESPONSABILE**  
 Dott. Geol. G. Puliga



**Ubicazione prove penetrometriche**



## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING)

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato un’immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L’utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette (vari autori), dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona. Le prove penetrometriche sono state eseguite con un penetrometro dinamico medio-leggero mod. 16- T0013/E della CONTROLS. La prova consiste nel lasciar cadere un maglio del peso di 20 Kg (o 30 Kg) da un’altezza di 20 cm sopra un’incudine che trasmette l’energia su delle aste di diametro Ø 22 mm, tali aste spingono una punta conica che in tal modo penetra nel terreno. In base al numero di colpi necessari per avere un approfondimento successivo e continuo di 10 cm delle aste, si risale, attraverso formule empiriche, alle caratteristiche meccaniche del terreno considerato. La grande casistica nonché l’enorme diffusione di questa tipologia di prova, standardizzata a livello internazionale, consente di ottenere dei dati significativi altamente attendibili. I risultati delle prove penetrometriche sono riportati negli elaborati allegati. I dati spuri di significato (incongruenti) sono indicati con colore differente (rosso), mentre con 99 (sempre in rosso) sono indicati i tratti per i quali la penetrazione, per motivi localizzati (es. grossi ciottoli) è stata raggiunta con un numero di colpi maggiore di 100 (dato non considerabile in relazione al tipo di prova e strumento). Le tabelle indicano, oltre al numero di colpi per tratto ed alla resistenza dinamica alla punta, dei dati di portanza unitaria (pressione ammissibile specifica sull’interstrato con effetto di riduzione per svergolamento o no) calcolata secondo le elaborazioni proposte da Herminier e ottenuti utilizzando un coefficiente di sicurezza pari a 22 (caratteristico dello strumento) corrispondente ad un coefficiente di sicurezza standard pari a 4, relativo ad una geometria fondale di larghezza pari a 1 m ed un immersione  $d=1m$ . I dati sono stati elaborati in ambiente Dynamic Probing della GeoStru Software.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall’effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche. Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa. In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l’andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandese

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo ( $\delta/N$ );

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

## Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione  $d = 1$  m.

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977 - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltsosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

### Modulo Di Young ( $E_y$ )

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

### Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

### Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

### Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

### Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

## Correlazioni geotecniche terreni coesivi

### *Coesione non drenata*

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$ , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*.
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (Cu- $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

### *Modulo Edometrico-Confinato (Mo)*

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt}=6-12$ ).

### *Modulo Di Young (E $\gamma$ )*

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

### *Stato di consistenza*

- Classificazione A.G.I. 1977

### *Peso di Volume Gamma*

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

### *Peso di volume saturo*

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ( $N_{spt}=0$ ) a 0,545 ( $N_{spt}=28$ )



**PROVA ...Pe1**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

Penny 20 10cmq 60°  
 28/11/2013  
 1.20 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	6	0.857	11.61	13.56	0.53	0.62
0.20	10	0.855	19.31	22.60	0.88	1.03
0.30	12	0.853	23.12	27.12	1.05	1.23
0.40	9	0.851	17.30	20.34	0.79	0.92
0.50	15	0.799	27.08	33.90	1.23	1.54
0.60	13	0.797	23.41	29.38	1.06	1.34
0.70	38	0.695	59.70	85.88	2.71	3.90
0.80	43	0.643	62.52	97.18	2.84	4.42
0.90	66	0.642	95.69	149.15	4.35	6.78
1.00	99	0.640	143.13	223.73	6.51	10.17
1.10	99	0.638	142.74	223.73	6.49	10.17
1.20	99	0.636	131.57	206.79	5.98	9.40

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
Strato 1	6.44	0.60	0.40	0.81	0.25	0.26	0.63	0.57	0.58	0.92	0.32	1.07	0.81
Strato 2	30.03	0.90	2.03	3.75	0.00	1.13	2.99	2.66	2.44	3.09	1.50	5.22	3.75

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	6.44	0.60	29.55	--	67.48	80.50
Strato 2	30.03	0.90	137.78	--	308.08	300.30

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	6.44	0.60	53.66	64.40
Strato 2	30.03	0.90	324.95	300.30

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	6.44	0.60	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 2	30.03	0.90	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	6.44	0.60	Meyerhof ed altri	1.83
Strato 2	30.03	0.90	Meyerhof ed altri	2.16

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	6.44	0.60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1.89
Strato 2	30.03	0.90	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2.37

**PROVA ...Pe2**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

Penny 20 10cmq 60°  
 28/11/2013  
 1.20 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	6	0.857	11.61	13.56	0.53	0.62
0.20	8	0.855	15.45	18.08	0.70	0.82
0.30	12	0.853	23.12	27.12	1.05	1.23
0.40	13	0.801	23.53	29.38	1.07	1.34
0.50	8	0.849	15.35	18.08	0.70	0.82
0.60	13	0.797	23.41	29.38	1.06	1.34
0.70	11	0.845	21.01	24.86	0.95	1.13
0.80	32	0.693	50.14	72.32	2.28	3.29
0.90	36	0.692	56.26	81.36	2.56	3.70
1.00	45	0.640	65.06	101.69	2.96	4.62
1.10	80	0.638	115.34	180.79	5.24	8.22
1.20	99	0.636	131.57	206.79	5.98	9.40

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
Strato 1	6.17	0.70	0.39	0.77	0.25	0.25	0.60	0.55	0.56	0.90	0.31	1.01	0.77
Strato 2	26.64	1.10	1.80	3.33	1.00	1.01	2.65	2.36	2.19	2.74	1.33	4.59	3.33

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 1	6.17	0.70	28.31	--	64.72	77.13
Strato 2	26.64	1.10	122.22	--	273.50	266.40

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 1	6.17	0.70	50.56	61.70
Strato 2	26.64	1.10	285.96	266.40

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	6.17	0.70	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 2	26.64	1.10	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	6.17	0.70	Meyerhof ed altri	1.82
Strato 2	26.64	1.10	Meyerhof ed altri	2.13

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	6.17	0.70	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1.89
Strato 2	26.64	1.10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2.27

