

DOTT. GEOL. ALESSANDRA CAULI  
ORDINE DEI GEOLOGI SARDEGNA N° 587

FONDIARIA ESTATE S.R.L

PIANO DI LOTTIZZAZIONE "IS ARGIOLAS",  
NEI PRESSI DI VIA GHILARZA  
ORISTANO -

RELAZIONE GEOLOGICA E  
GEOTECNICA

COMMITTENTE: FONDIARIA ESTATE S.R.L.

FONDIARIA ESTATE s.r.l.  
L'AMMINISTRATORE UNICO



IL TECNICO



## INDICE

1. Premessa .....	1
2. Inquadramento geografico e cartografico.....	2
3. Caratteristiche meteorologiche.....	4
4. Caratterizzazione e modellazione geologica .....	9
4.1 Lineamenti geologici dell'area.....	9
4.2 Assetto geomorfologico e idrografia .....	10
4.3 Caratteristiche idrogeologiche.....	10
4.4 Indagini geognostiche eseguite.....	11
4.5 Geostratigrafia di dettaglio .....	13
4.6 Inquadramento sismico .....	15
5. Caratterizzazione e modellazione geotecnica .....	17
5.1 Struttura e caratteri fisici del sottosuolo .....	17
5.2 Caratteri litotecnici e modello fisico di comportamento del sottosuolo .....	18
5.3 Definizione dei parametri geotecnici.....	18
5.4 Analisi dell'interazione terreno - fondazione.....	22
5.4 Capacità portante e cedimenti.....	24
6. Considerazioni conclusive.....	25
Allegati .....	26

## 1. Premessa

Nell'ambito del progetto del Piano di Lottizzazione denominato "Is Argiolas" sito in località Is Pastureddas nella periferia sud-orientale di Oristano, è stato conferito alla scrivente Dott. Geol. Alessandra Cauli, l'incarico professionale per la redazione della relazione geologica e geotecnica a supporto del progetto stesso, così come previsto, fra l'altro, dall'articolo 28 del Regolamento Edilizio del PUC di Oristano.

Il progetto prevede la lottizzazione di un'area, di estensione pari a circa 10 ha, ricadente in zona urbanistica G1 destinata ad accogliere servizi generali quali attrezzature di servizio, parchi, strutture per lo sport e il tempo libero, aree militari e tutte le infrastrutture di area vasta. Nell'immediato è prevista la costruzione di n. 3 fabbricati per le cui ubicazione e caratteristiche dimensionali si rimanda agli elaborati di progetto.

In ottemperanza a quanto previsto dal D.M. del 14/01/2008 recante le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (di seguito NTC), il presente elaborato è articolato sostanzialmente in due sezioni, delle quali una include la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito e l'altra la caratterizzazione e la modellazione geotecnica.

La normativa esistente relativa al presente studio, è attualmente costituita dai seguenti principali riferimenti:

- D.M. 14/01/2008 recante le Norme Tecniche per le Costruzioni con particolare riferimento al capitolo 6 "Progettazione Geotecnica";
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 02/02/2009 recante "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»" con particolare riferimento al paragrafo C6;
- D.M. 11/03/1988 recante "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 delle terre e delle opere di fondazione";
- D.G.R. n. 15/31 del 30/03/2004: Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

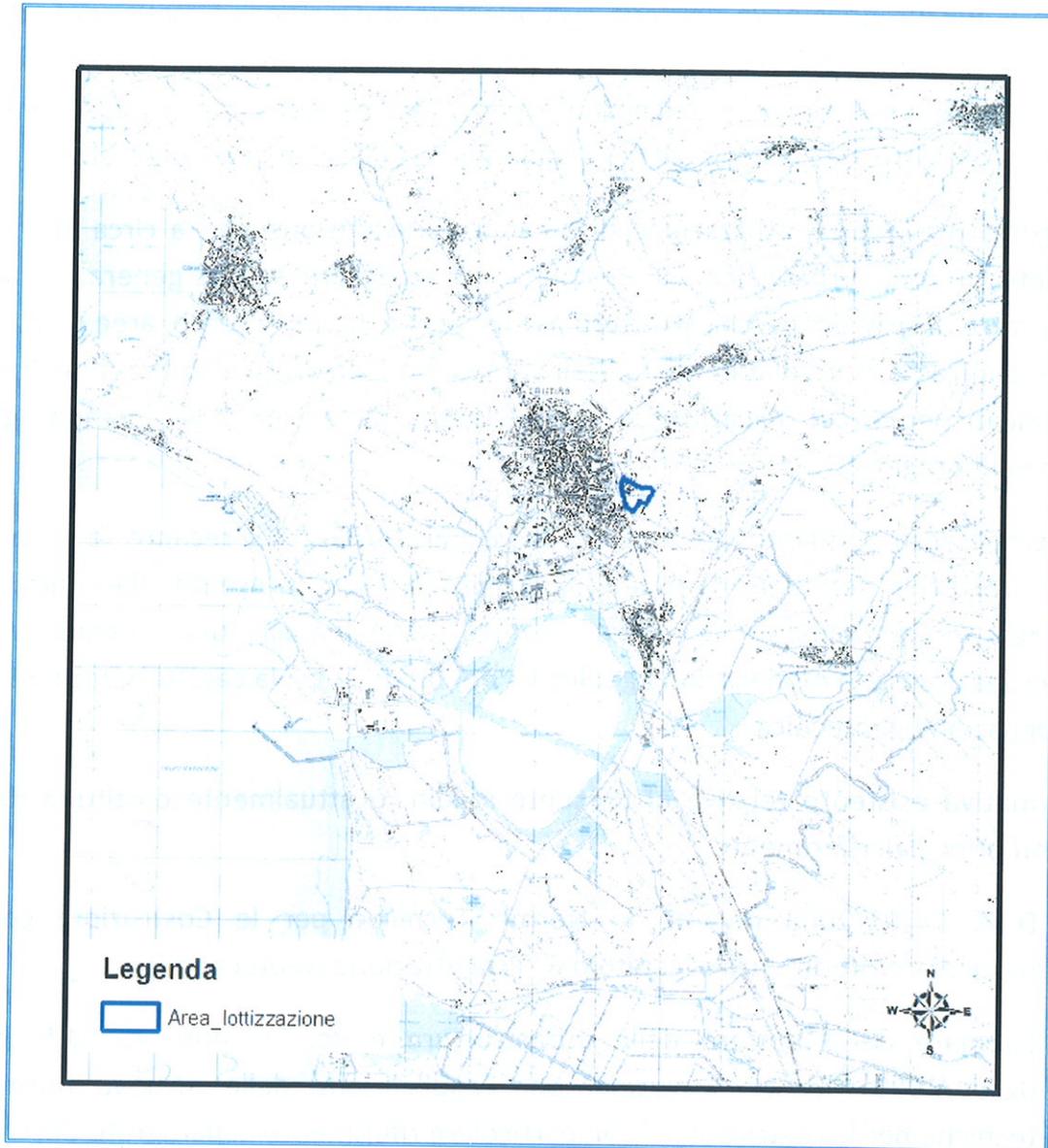


Figura 1 - Ubicazione dell'area di intervento (STRALCIO IGM 1:25.000)

### 3. Caratteristiche meteorologiche

Al fine di completare il quadro delle conoscenze fisico-ambientali della zona indagata, si ritiene opportuno dare evidenza delle caratteristiche meteorologiche relative all'area vasta, con particolare riferimento ai dati inerenti la pluviometria e la temperatura.

Per l'inquadramento pluviometrico si è fatto riferimento ai dati riportati dal "Piano Stralcio del Bacino Regionale per l'Utilizzo delle risorse idriche - Sardegna", che nell'elaborato 1.1 "Annesso dati risorse superficiali", riporta una serie di osservazioni pluviometriche di varia tipologia, a partire dall'anno 1922 fino ad arrivare all'anno 2002. In particolare nella stesura della presente relazione, si è fatto riferimento alle più vicine stazioni di Arborea e Riola Sardo e ai dati relativi presenti nella tabella 5 dell'elaborato sopraccitato, che recano "Altezze di Pioviggia delle stazioni del Servizio Idrografico, Integrate e Ricostruite - periodo 1922-2002 - anni idrologici". Dall'analisi dei dati di cui sopra è stato possibile costruire i seguenti grafici:

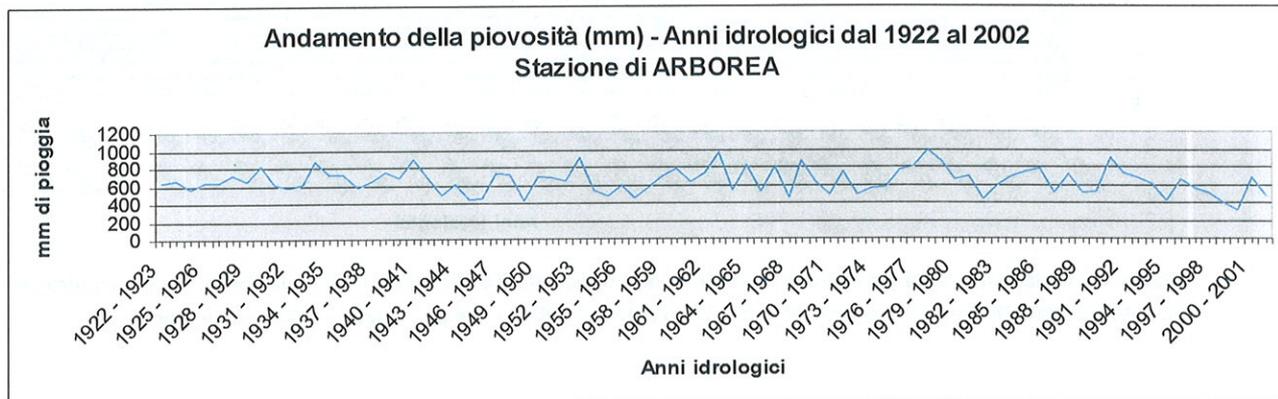


Figura 2- Andamento della pioviggia annuale (mm di pioggia) riferito alla stazione di Arborea, negli anni idrologici dal 1922 al 2002 (fonte dati di origine: Piano Stralcio del Bacino Regionale per l'Utilizzo delle risorse idriche).

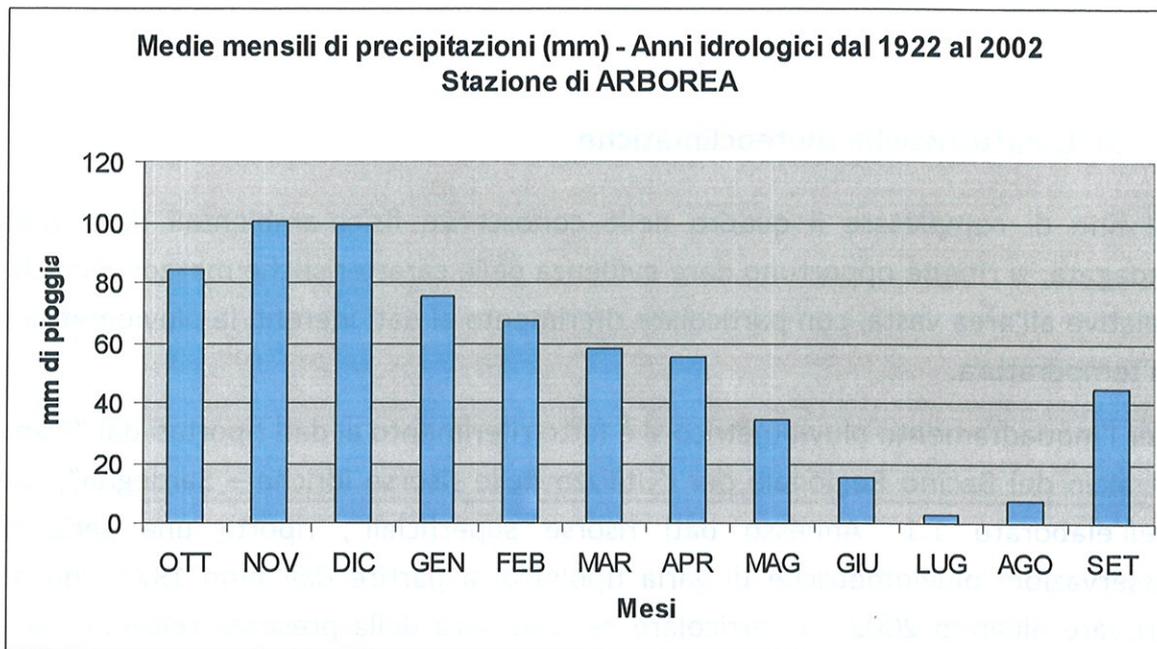


Figura 3 - Medie mensili di precipitazioni (mm di pioggia) riferiti alla stazione di Arborea, negli anni idrologici dal 1922 al 2002 (fonte dati di origine: Piano Stralcio del Bacino Regionale per l'Utilizzo delle risorse idriche).

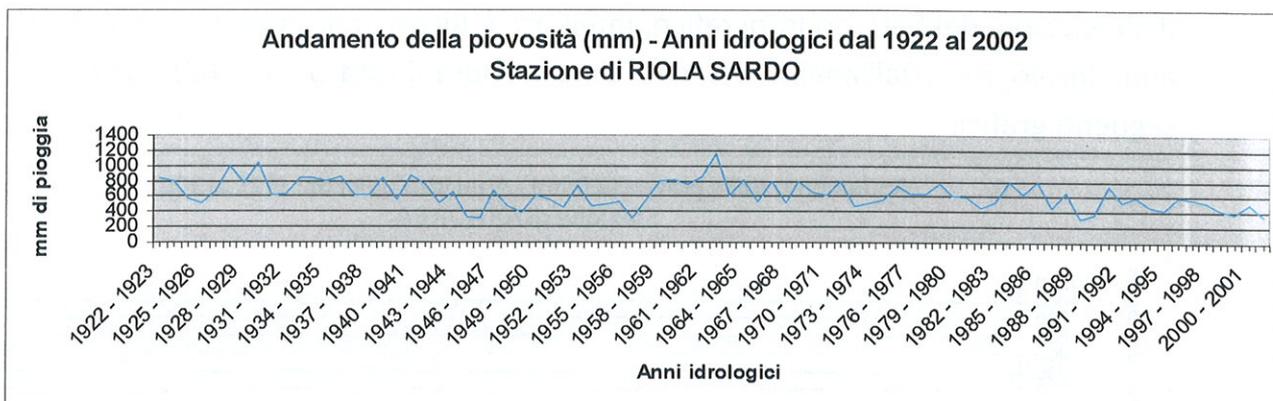


Figura 4 - Andamento della piovosità annuale (mm di pioggia) riferito alla stazione di Riola Sardo, negli anni idrologici dal 1922 al 2002 (fonte dati di origine: Piano Stralcio del Bacino Regionale per l'Utilizzo delle risorse idriche).

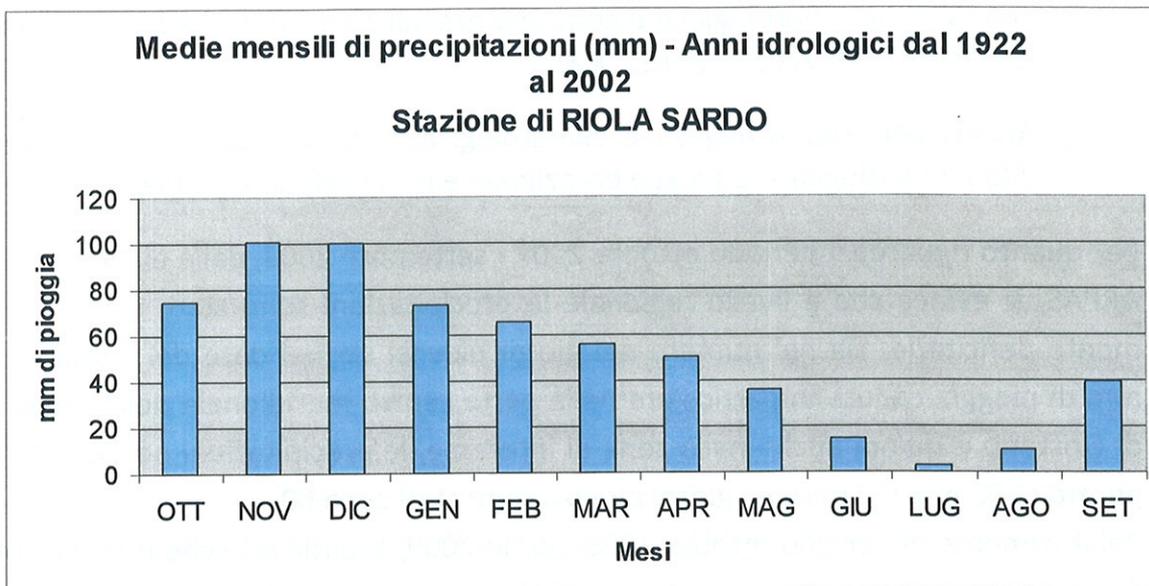


Figura 5- Medie mensili di precipitazioni (mm di pioggia) riferiti alla stazione di Arborea, negli anni idrologici dal 1922 al 2002 (fonte dati di origine: Piano Stralcio del Bacino Regionale per l'Utilizzo delle risorse idriche).

Lo stesso Piano Stralcio riporta alcune considerazioni sulla sugli andamenti pluviometrici, che peraltro sono sicuramente applicabili anche ai dati desunti dalle stazioni di interessare, Riola Sardo e Arborea, e che vale la pena riportare: *"[...]appare evidente che fino al 1975 non sussistevano indizi di una non stazionarietà della media, le fluttuazioni, infatti, risultavano contenute. E' risultato, pertanto, opportuno confrontare la media degli ultimi 16 anni (saltando un periodo di circa 10 anni di chiara transizione) con i primi 53, proprio perché tale periodo fornisce un quadro di riferimento importante in relazione all'estensione temporale ed alla stabilità dei parametri statistici. A ciò si aggiunga che le serie delle grandezze idrologiche dal 1922 al 1975 hanno costituito la base su cui sono stati impostati gli schemi idrici del Piano Acque Sardegna (1985) e, quindi, tale confronto appare interessante anche per verificare e rapportare le prestazioni delle diverse configurazioni infrastrutturali. Dalle elaborazioni effettuate dall'EAF si evince che le altezze di pioggia annue nell'isola hanno subito una contrazione tra i due periodi del 18% come valor medio sull'intera isola, e del 17% sul Tirso."*

Relativamente ai periodi più recenti, ovvero da ottobre 2007 ad aprile 2009, in mancanza di dati puntuali per ciascuna stazione, come invece è stato riportato per gli anni dal 1922 al 2002, si ritiene comunque utile riportate quanto consultato negli elaborati dall'ex Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna (S.A.R., oggi ARPAS - Dipartimento Specialistico Regionale Idrometeorologico, di seguito semplicemente ARPAS). In particolare sono state consultate le pubblicazioni:

- 1) Analisi agrometeorologica e climatologica della Sardegna - Analisi delle

condizioni meteorologiche e conseguenze sul territorio regionale nel periodo ottobre 2007/settembre 2008;

2) Analisi agrometeorologica e climatologica della stagione piovosa 2008 - 2009 in Sardegna - Le piogge eccezionali e gli impatti sul comparto agricolo

Per quanto riguarda il periodo ottobre 2007 - settembre 2008, dalle elaborazioni di ARPAS, si evince che a livello regionale le precipitazioni sono state complessivamente deficitarie, sia nel numero dei giorni piovosi sia nel dato del cumulo di mm di pioggia caduti. In particolare nella parte centro-meridionale della Provincia di Oristano e quindi anche nella zona di interesse, le precipitazioni non hanno superato i 500 mm/12 mesi e i giorni piovosi sono stati circa 60.

Relativamente al periodo ottobre 2008- aprile 2009, si è rilevato che in quasi tutto il territorio regionale si sono avute quasi ovunque precipitazioni superiori alla media, se confrontate con i dati del trentennio 1961 – 1990: in buona parte del territorio regionale, e anche nel territorio di interesse, si sono infatti superati i 600 mm di cumulo.

Dai dati sopra riportati, lo stesso dipartimento ARPAS ha effettuato un'analisi comparativa con i dati di più di un secolo di osservazioni pluviometriche, vale a dire dal 1900 al 2009, dalla quale è facile comprendere come in Sardegna non si registravano piogge così abbondanti (da ottobre ad aprile) dal periodo 1971-72, come si vede nel grafico sottostante:

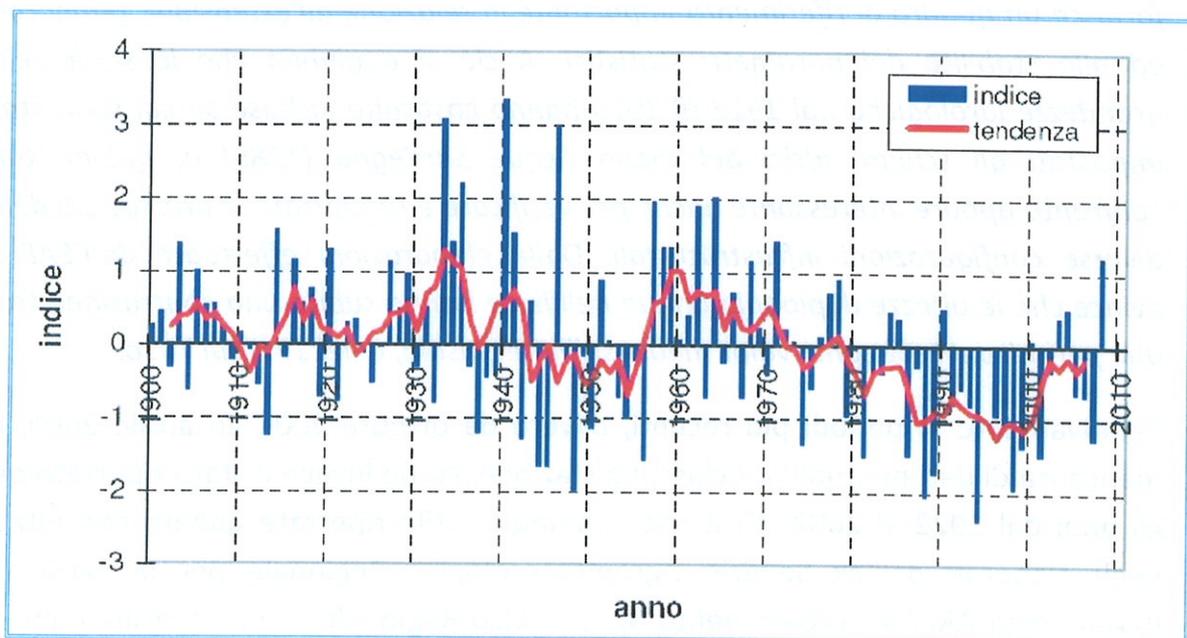


Figura 6- Andamento del cumulo di precipitazioni di ottobre-aprile dal 1900 ad oggi (fonte ARPAS)

In merito all'inquadramento termometrico si è fatto riferimento alle banche dati presenti nel sito istituzionale dell'APAT, che attraverso il portale tematico SCIA

raggiungibile all'indirizzo <http://www.scia.sinanet.apat.it/scia.asp#>, offre una serie di indicatori climatologici, derivati dalle serie temporali delle variabili misurate da diverse reti di osservazione meteorologica. La stazione di riferimento per l'osservazione termometrica è Capo Frasca e i dati rilevati afferiscono al periodo 1961-1990, come riportato nei grafici seguenti:

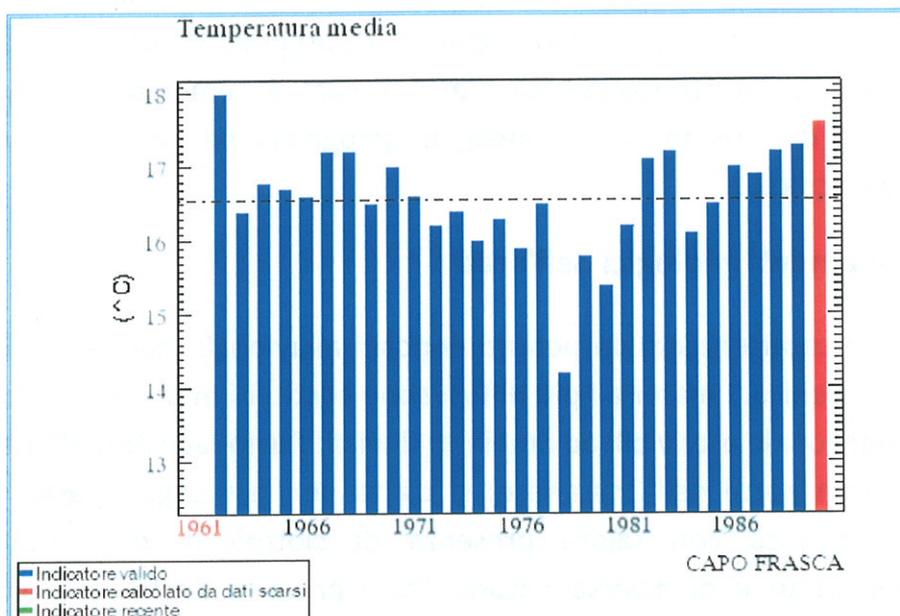


Figura 7 - Temperature medie annuali rilevate dal 1961 al 1990 nella Stazione di Capo Frasca (fonte sito APAT-SCIA)

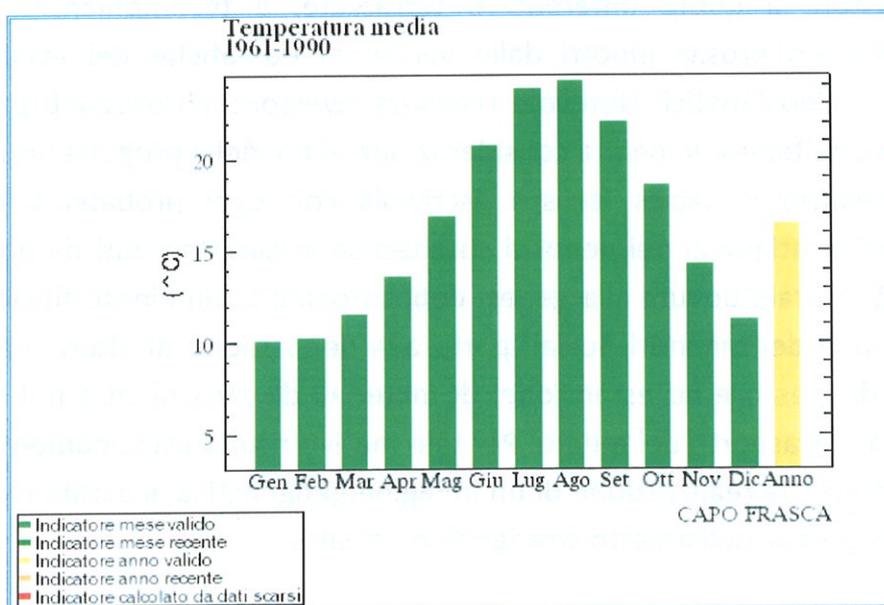


Figura 8 - Temperature medie mensili rilevate dal 1961 al 1990 nella Stazione di Capo Frasca (fonte sito APAT-SCIA)

Dall'osservazione dei grafici soprariportati, emerge che, per il periodo di osservazione nella Stazione di Capo Frasca, le temperature medie annuali raramente sono scese al di sotto dei 16,5°C, e che le temperature medie mensili si sono attestate intorno ai 25°C nel mese di Agosto e ai 10°C nel mese di Gennaio.

## **4. Caratterizzazione e modellazione geologica**

Così come indicato anche nella Circolare Ministeriale citata in premessa, lo studio geologico è stato esteso ad un'area più vasta rispetto a quella interessata dal progetto, al fine di fornire un quadro d'insieme più chiaro e completo in merito alle condizioni geolitologiche, all'assetto geomorfologico e ai lineamenti idrogeologici. Nei paragrafi che seguono sono trattati gli argomenti necessari per effettuare una corretta caratterizzazione, dalla quale è emerso peraltro anch'organizzazione del piano delle indagini geognostiche e infine la caratterizzazione geotecnica.

### **6.1 Lineamenti geologici dell'area**

La zona di interesse è caratterizzata da potenti depositi alluvionali eterogenei, di età pleistocenica e olocenica. I materiali più diffusi sono costituiti in prevalenza da depositi di natura alluvionale ascrivibili ad ambienti fluviali, fluvio-lacustri e deltizi, che caratterizzano gran parte dell'Oristanese; si tratta per la maggior parte di sabbie a matrice argillosa con talora presenza di ciottoli di dimensione centimetrica ben elaborati e di diversa natura. Sono presenti anche orizzonti francamente sabbiosi. I materiali sedimentati sono sviluppati in varie unità deposizionali, impostate a quote differenti e terrazzate, a testimonianza di processi deposizionali ed erosivi indotti dalle variazioni eustatiche del livello marino e dai fattori paleoclimatici. Notevole rilevanza rivestono gli orizzonti più francamente argillosi, da tenere in debita considerazione ai fini della progettazione geotecnica, testimonianza di facies lacustri ascrivibili con ogni probabilità al Pleistocene. I rapporti stratigrafici dei depositi succitati sono caratterizzati da una fisiologica variabilità laterale dovuta alla genesi deposizionale in ambiente fluvio-lacustre. La divagazione dei meandri fluviali porta alla deposizione di alternanze variabili, in termini di spessore ed estensione, di materiali da grossolani a fini in funzione dell'energia di trasporto del mezzo. Per tale motivo risulta estremamente importante, in questi casi la realizzazione di un'indagine geognostica accurata che fornisca informazioni precise sull'assetto stratigrafico del sito.

Le caratteristiche granulometriche sopracitate conferiscono a tali sedimenti una permeabilità da media a medio-bassa, in funzione del contenuto di componenti limo-argillose, più o meno elevato.

Il substrato roccioso che, dalle informazioni riportate in letteratura, si trova a svariate decine di metri, è essenzialmente costituito dalle vulcaniti andesitiche del

ciclo oligo-miocenico e dasedimenti miocenici marini che possono invece presentarsi in facies marnosa oppure marnoso-arenacea.

## **6.2 Assetto geomorfologico e idrografia**

La zona indagata è compresa nell'ampio settore del Campidano settentrionale ed è delimitata a nord ed est rispettivamente dai complessi vulcanici del Montiferru e del M.te Arci, mentre il limite occidentale è costituito dalla linea di costa che delinea il golfo di Oristano.

L'area è prevalentemente pianeggiante e non presenta dunque alcun problema di stabilità relativamente a fenomeni franosi, così come per quanto concerne i fenomeni alluvionali e di esondazione non risultano situazioni di pericolosità. La conformazione pianeggiante è interrotta, nell'area vasta, da pochi rilievi appena accentuati che presentano quote assai modeste. A est del sito, in lontananza, si possono osservare le propaggini del Monte Arci con quote massime, limitatamente al territorio considerato, pari a circa 210 m s.l.m.

Tra le forme tipiche del territorio, sono da citare quelle di natura fluviale quali i terrazzi fluviali con i relativi orli di scarpata, i cui dislivelli risultano comunque molto modesti.

Relativamente alle forme antropiche, è da rilevare nelle vicinanze del luogo, la presenza delle aree di cava di sabbia, l'area aeroportuale, le aree di discarica di rifiuti urbani.

L'idrografia superficiale dell'area vasta è caratterizzata principalmente dal fiume Tirso, il cui tratto finale scorre in direzione Est-Ovest, a una distanza pari a circa 3 km in linea d'aria a nord del lotto di interesse, e dai numerosi canali di irrigazione che caratterizzano la zona dell'Oristanese. La circolazione delle acque superficiali avviene in generale a lama d'acqua, localmente concentrata in deboli rivoli.

## **6.3 Caratteristiche idrogeologiche**

L'assetto idrogeologico dell'area vasta, così come illustrato nell'abbondante letteratura esistente relativamente alla zona di Oristano, nonché in altri lavori già eseguiti dalla scrivente, è caratterizzato essenzialmente dalla presenza di due acquiferi di rilevante importanza, uno superficiale e uno profondo. L'acquifero superficiale, di tipo freatico, è impostato sui depositi alluvionali più recenti ed è

per lo più alimentato dalle acque meteoriche oltre che dall'interazione con i corsi d'acqua che insistono sul territorio. Il letto di tale acquifero è costituito da un orizzonte impermeabile di natura argillosa e sabbioso-argillosa. L'acquifero profondo, di tipo semi-confinato, è impostato sui prodotti alluvionali pleistocenici ed è di tipo multistrato, a causa dei numerosi orizzonti a permeabilità più o meno bassa che lo costituiscono. Tuttavia, restringendo l'indagine all'area interessata dalla lottizzazione, la presenza di facies marcatamente limose e argillose già descritte nel paragrafo 3.1, rende assai difficoltoso il deflusso delle acque sotterranee costituendo di fatto un limite per permeabilità all'acquifero superficiale che caratterizza il territorio oristanese. A conferma di ciò, la presenza di alcuni pozzi profondi circa 60 m nell'area in studio, testimoniano l'assenza di acquiferi superficiali significativi.

#### **6.4 Indagini geognostiche eseguite**

In seguito a quanto emerso dal rilevamento effettuato sul sito, dall'analisi dei dati già esistenti in letteratura, nonché da informazioni derivate da lavori precedentemente effettuati dalla scrivente in zone vicine, si è reso necessario effettuare alcune indagini geognostiche al fine di determinare con maggiore accuratezza e puntualità le caratteristiche litostratigrafiche già delineate al paragrafo 4.1.

In particolare il piano delle indagini ha previsto la realizzazione di:

- n. 5 pozzetti geognostici effettuati con escavatore a braccio, approfonditi fino a un massimo di 3 m circa;
- n. 5 prove penetrometriche effettuate con penetrometro dinamico medio (peso della massa battente pari a 30 kg)

L'ubicazione dei punti di indagine, osservabile nell'immagine seguente, è stata articolata in modo tale che i risultati ottenuti possano fornire un quadro conoscitivo sufficientemente completo e riferibile all'intera area della lottizzazione. Nella tabella seguente vengono riportate le caratteristiche di ciascuna prova effettuata:

Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" - Oristano  
 Relazione geologica - geotecnica

Identificativo Prova	Tipologia	Coordinate plane (Gauss - Boaga)	Quota (m.s.l.m.)	Profondità (m)
Pz1	Pozzetto	E 1.466.733,473; N 4.416.668,028	13,50	2,10
Pz2	Pozzetto	E 1.466.546,610; N 4.416.640,438	13,00	3,00
Pz3	Pozzetto	E 1.466.524,036; N 4.416.606,577	12,50	3,20
Pz4	Pozzetto	E 1.466.408,658; N 4.416.478,658	12,00	3,00
Pz5	Pozzetto	E 1.466.434,994; N 4.416.459,846	13,00	2,70
P1	Penetrometria	E 1.466.683,309; N 4.416.681,824	13,50	0,60
P2	Penetrometria	E 1.466.522,782; N 4.416.674,299	13,00	6,90
P3	Penetrometria	E 1.466.458,823; N 4.416.513,773	13,00	4,00
P4	Penetrometria	E 1.466.472,618; N 4.416.553,904	13,00	5,90
P5	Penetrometria	E 1.466.409,912; N 4.416.594,036	12,25*	3,90*

\* Il punto è ubicato sul fondo di uno scavo esistente profondo circa 2,25 m, pertanto 12,25 m è dato dalla differenza tra la quota originaria pari a circa 14,50 m e il dislivello di 2,25 m; la profondità raggiunta di 3,90 m si intende dal fondo scavo

Tab.1 - Tabella riassuntiva delle prove effettuate e loro caratteristiche

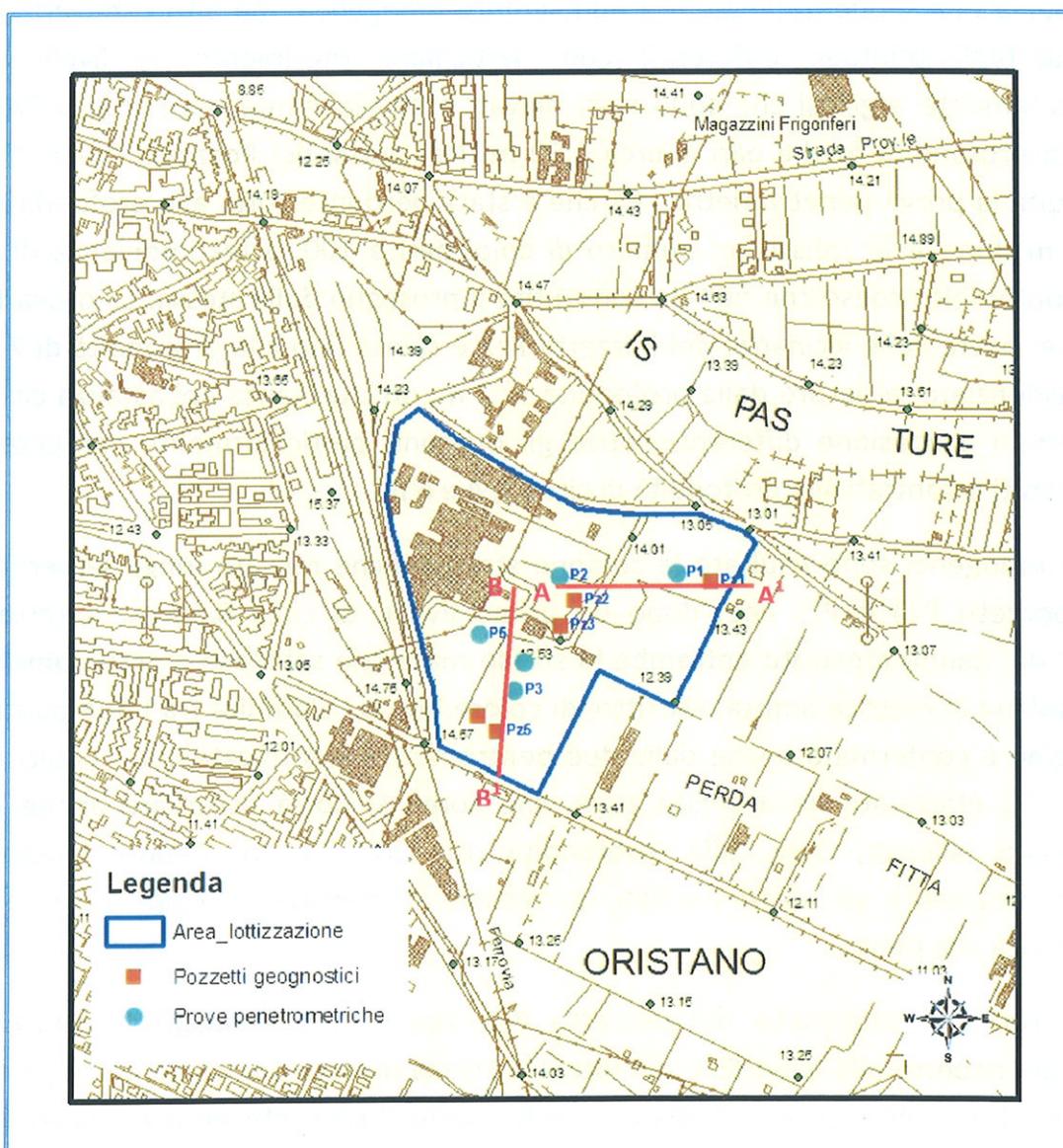


Figura 9 - Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite

Le stratigrafie dei pozzetti geognostici e i certificati recanti i dati delle prove penetrometriche sono consultabili alla sezione "Allegati".

## 6.5 Geostratigrafia di dettaglio

La realizzazione dei pozzetti geognostici e l'esecuzione delle prove penetrometriche che, come noto, forniscono un valido ausilio alla ricostruzione stratigrafica del sottosuolo indagato, hanno confermato in linea generale quanto già illustrato al paragrafo 4.1, ovvero la presenza di depositi di genesi alluvionale riferibili ad ambienti fluviali, fluvio-lacustri e deltizi, quali sabbie a matrice limo-argillosa, limi sabbiosi e orizzonti francamente argillosi.

In particolare, dall'interpretazione stratigrafica effettuata nei vari punti di indagine è emersa una sequenza litogenica non sempre omogenea, ma anzi caratterizzata da dettagli puntuali differenti, con particolare riferimento ai livelli più marcatamente argillosi che sono stati rilevati essenzialmente nei pozzetti Pz1 e Pz2, a profondità medie pari a circa 1,50 m. Nei pressi del Pozzetto Pz1 è stata eseguita la prova penetrometrica P1 che è stata però interrotta alla profondità di 0,70 m dopo aver infisso un numero di colpi pari a 100, a testimonianza di un orizzontemolto coeso che non ha consentito il proseguo della stessa. La prova P2, invece, posta nelle vicinanze del Pozzetto Pz2 e spinta fino alla profondità di 7 m, ha evidenziato, a partire dalla profondità di 2 m, un'alternanza abbastanza ciclica di terreni a coesione differente, dove gli orizzonti particolarmente competenti sono stati incontrati alle profondità di circa 3, 4 e 6 m.

Assai omogenei sono risultate le colonne stratigrafiche rilevate lungo le verticali dei pozzetti Pz4 e Pz5 che, dopo un primo livello di circa 0,50 m di terreno vegetale, hanno mostrato entrambe lo stesso materiale sabbioso a granulometria grossolana in matrice limosa, asciutto, di colore bruno. L'affinità tra i due punti di indagine è confermata anche dalle due pentrometrie identificate con i codici P3, P4 e P5, effettuate nella stessa zona, che come si potrà osservare anche nei certificati allegati, fino alla profondità di circa 3 m hanno prodotto orientativamente gli stessi risultati, in termini di numero di colpi infissi e di resistenza alla punta.

In merito alla stratigrafia del pozzetto Pz3, posto in una posizione piuttosto centrale rispetto alla superficie del lotto, la stessa mostra una certa analogia con quelle dei pozzetti Pz4 e Pz5, ma in questo punto è presente un livello a resti di laterizi, a una profondità media di circa 1 m, mentre da 1,50 m fino al termine

dello scavo si rileva la presenza del solito materiale sabbioso ma in questo caso con una percentuale di matrice limosa abbastanza rilevante.

Infine, in merito alla prova P5, impostata sul fondo di uno scavo già esistente di profondità pari a circa 2,25 m, ha messo in luce un terreno dal comportamento meccanico pressoché omogeneo fino alla profondità di 3,50 m circa, con una resistenza alla punta pari a circa 50 kg/cm<sup>2</sup> che aumenta fino oltre 300 kg/cm<sup>2</sup> da circa 4 m, ma in ogni caso questo ultimo dato appare poco rilevante in quanto esterno al volume significativo interessato dalle fondazioni dell'opera.

Per maggiore chiarezza si riportano di seguito due schemi stratigrafici orientativi impostati sulle sezioni A-A<sup>1</sup> e B-B<sup>1</sup>

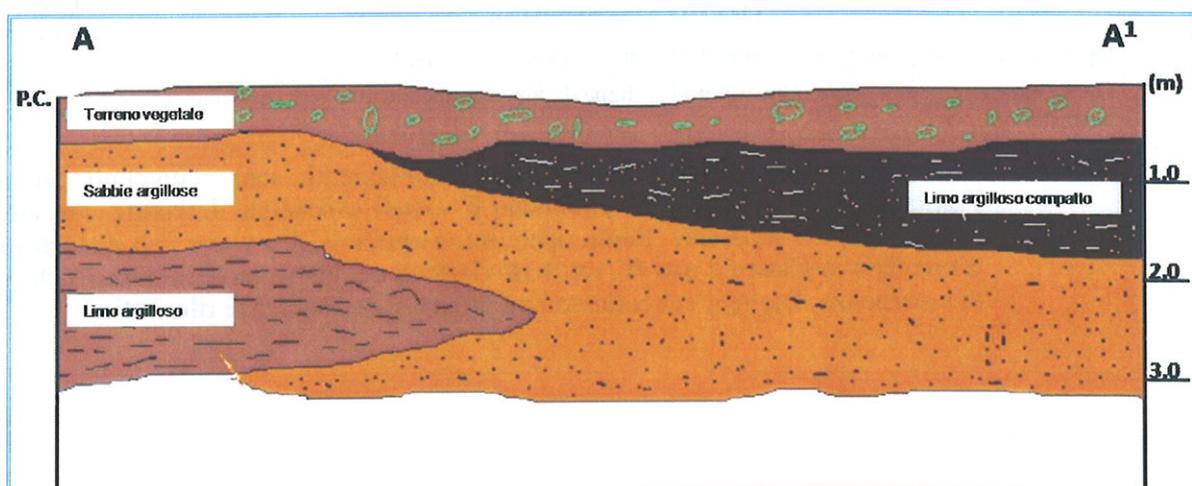


Figura 10 - Ricostruzione stratigrafica Sezione A-A<sup>1</sup>

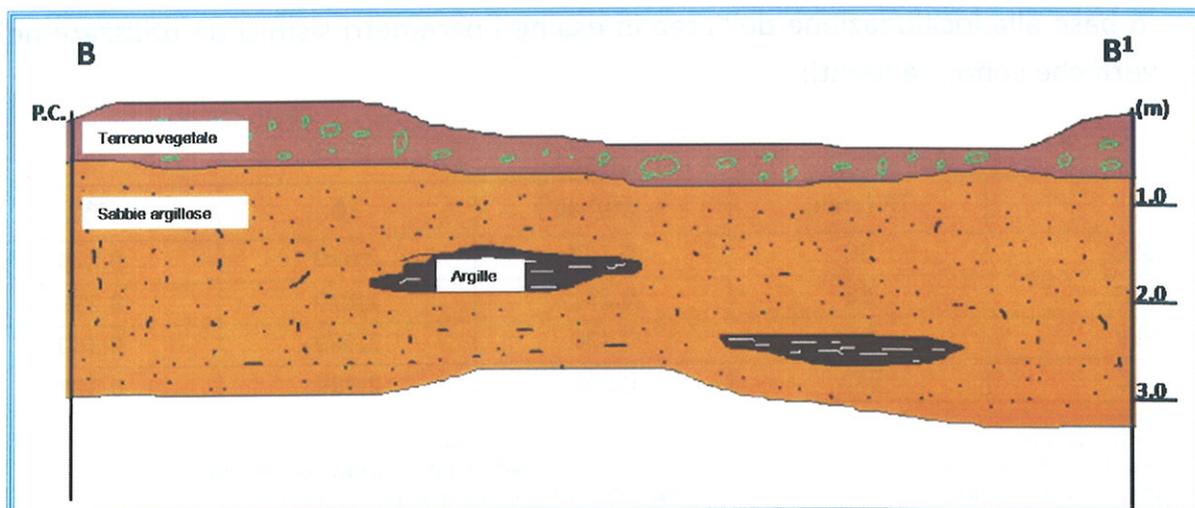


Figura 11 - Ricostruzione stratigrafica Sezione B-B<sup>1</sup>

## 6.6 Inquadramento sismico

Per quanto concerne la sismicità, ai sensi della normativa di settore citata in precedenza, il territorio comunale di Oristano ricade in Zona 4 e non sussiste pertanto l'obbligo di progettazione antisismica. Tuttavia di seguito vengono indicati i parametri sismici da utilizzare nelle verifiche secondo quanto previsto dalle NTC 2008.

La tipologia di costruzioni previste in progetto (NTC2008 - par.2.4) ha vita nominale  $\geq 50$  anni (...opere ordinarie ) e appartiene alla classe d'uso II.

**Tabella 2.4.I** – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

In base alla localizzazione dell'area in esame i parametri sismici da utilizzare nelle verifiche sono i seguenti:

	TR (anni)	$a_g$ (m/sec <sup>2</sup> )	F0	T*C
SLO	30	0,183	2,610	0,273
SLD	50	0,231	2,670	0,296
SLV	475	0,490	2,880	0,340
SLC	975	0,591	2,980	0,372

Dove:

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (SLO)

Stato Limite di Danno (SLD)

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T\*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

La categoria di sottosuolo, sulla base dei dati preliminari attualmente a disposizione è la **C** in prevalenza e **D** localmente nei livelli più soffici:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

La categoria topografica è la T1 a cui corrisponde un valore del fattore di amplificazione pari a 1.0.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

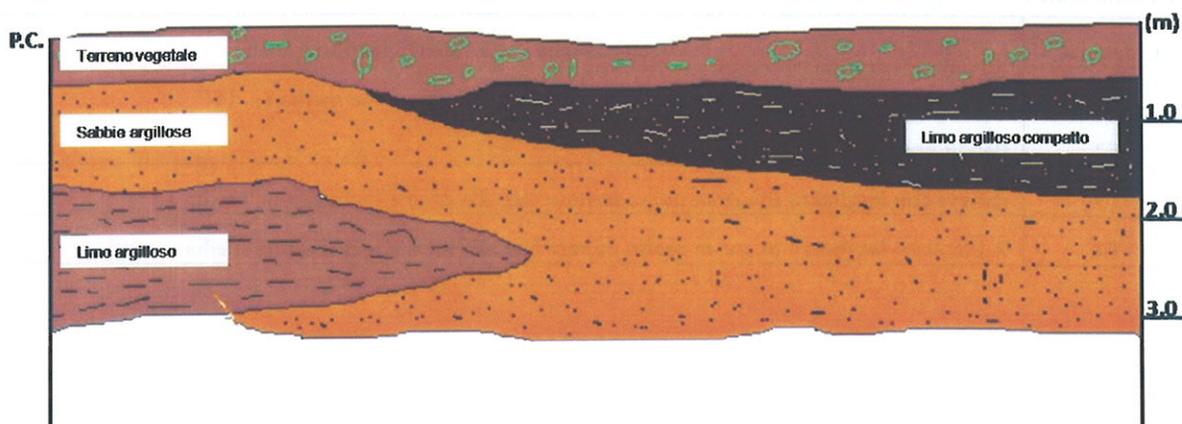
## 5. Caratterizzazione e modellazione geotecnica

Sulla base dei dati geologici provenienti da ricerche bibliografiche e da rilievi in sito e dalle informazioni ottenute dall'indagine geognostica si è potuto ricostruire il modello geologico-tecnico del sito oggetto di intervento.

### 5.1 Struttura e caratteri fisici del sottosuolo

L'area in progetto è interessata essenzialmente dalla presenza di una coltre di suolo di spessore variabile da 0,20 m a 0,50 m in appoggio a depositi di origine alluvionale terrazzati costituiti da orizzonti sabbioso-limoso-argillosi in varie proporzioni. Ai fini geotecnici si possono quindi distinguere 4 litotipi aventi caratteristiche fisico-meccaniche differenti e diversamente distribuiti nell'areale indagato.

- Litotipo A – Terreno vegetale – suolo sciolto sabbioso-limoso.
- Litotipo B – Sabbie limoso-argillose
- Litotipo C – Limo argilloso compatto
- Litotipo D – Limo argilloso da mediamente a poco compatto



Il rapporto geometrico tra le formazioni è in generale sub orizzontale o debolmente inclinato. Variabilità laterali si riscontrano nelle percentuali di sabbia-limo-argilla nella matrice dei litotipi B, C e D.

## **5.2 Caratteri litotecnici e modello fisico di comportamento del sottosuolo**

- Litotipo A:** coltre di suolo costituita da sabbie limose e frazione organica sciolto. Non possiede buone capacità portanti.
- Litotipo B:** Sabbie limoso argillose di natura alluvionale in proporzioni variabili, generalmente stratificate, mediamente compatte. L'eventuale presenza di locali livelli maggiormente limoso-argillosi può localmente diminuirne la capacità portante in seguito all'aumento della plasticità e la diminuzione della permeabilità.
- Litotipo C:** Limo argilloso compatto. Possiede buone capacità portanti.
- Litotipo D:** Limo argilloso da mediamente a poco compatto. Media capacità portante.

## **5.3 Definizione dei parametri geotecnici**

Il comportamento dei terreni in questione è prevalentemente di tipo granulare. La resistenza che il terreno oppone ai carichi di progetto è quindi legata essenzialmente al valore dell'angolo d'attrito del terreno di impianto.

Durante le indagini non è stata rinvenuta falda superficiale, benché in taluni casi i materiali avessero un certo grado di umidità. Poiché quest'ultima risulta trascurabile si ritiene opportuno per tutti i litotipi utilizzare il peso specifico secco  $\gamma_d$ .

Sulla base dei dati litologici e con riferimento alle prove penetrometriche SPT eseguite per ausilio al dimensionamento delle fondazioni dell'edificio in progetto, si ritiene di adottare i seguenti parametri geotecnici per la caratterizzazione dei 4 diversi siti, illustrati nell'immagine seguente, in cui è prevista la costruzione degli edifici in progetto:

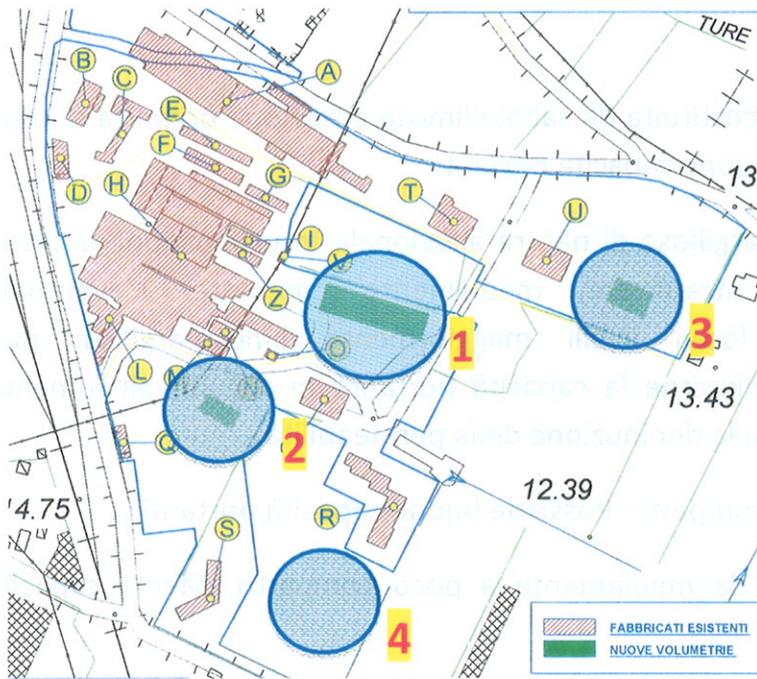


Figura 12 - Suddivisione del lotto nei 4 siti principali di intervento

**SITO 1:**

**da 0,00m a 0,20m:** Coltre superficiale con scendenti caratteristiche geotecniche.

**da 0,20m a 1,40m:** Sabbie limoso-argillose

- Peso di volume = 1,38 t/mc per i terreni sopra falda
- Nspt = 3
- Angolo d'attrito efficace = 27,2°
- Modulo di deformazione drenato = 214 kg/cmq
- Modulo edometrico = 69,38 kg/cmq

**da 1,40m a 1,90m:** Sabbie argillose poco compatte

- Peso di volume = 1,51 t/mc per i terreni sopra falda
- Nspt = 11
- Angolo d'attrito efficace = 30,3°
- Modulo di deformazione drenato = 276 kg/cmq
- Modulo edometrico = 153,06 kg/cmq

**da 1,90m a 4,50m:** Limo argilloso mediamente compatto

- Peso di volume = 1,73 t/mc per i terreni sopra falda
- Nspt = 35
- Angolo d'attrito efficace = 37,3°
- Modulo di deformazione drenato = 461 kg/cmq
- Modulo edometrico = 404,10 kg/cmq

**da 4,50m a 5,30m:** Limo argilloso poco compatto

- Peso di volume = 1,53 t/mc per i terreni sopra falda
- Nspt = 13
- Angolo d'attrito efficace = 30,9°
- Modulo di deformazione drenato = 292 kg/cmq
- Modulo edometrico = 173,98 kg/cmq

**da 5,30m a 6,90m:** Limo argilloso mediamente compatto

- Peso di volume = 1,71 t/mc per i terreni sopra falda
- Nspt = 32
- Angolo d'attrito efficace = 36,5°
- Modulo di deformazione drenato = 438 kg/cmq
- Modulo edometrico = 372,72 kg/cmq

**SITO 2 :**

**da 0,00m a 2,50m:** Scavo esistente su sabbie limoso argillose e limo argilloso.

**da 2,50m a 5,60m:** Limo argilloso poco compatto

- Peso di volume= 1,46 t/mc
- Nspt = 8
- Angolo d'attrito efficace = 29°
- Modulo di deformazione drenato =253kg/cmq
- Modulo edometrico = 121,68 kg/cmq

**da 5,60m a 6,30m:** Limo argilloso poco compatto

- Peso di volume= 1,46 t/mc
- Nspt = 18
- Angolo d'attrito efficace = 32°
- Modulo di deformazione drenato =330kg/cmq
- Modulo edometrico = 226,28 kg/cmq

**SITO 3:**

**da 0,00m a 0,20m:** Coltre superficiale con scadenti caratteristiche geotecniche.

**da 0,20m a 3,00m:** Limo argilloso da mediamente a molto compatto

- Peso di volume= 1,73 t/mc per i terreni sopra falda
- Nspt = 35
- Angolo d'attrito efficace = 37,3°
- Modulo di deformazione drenato =461kg/cmq
- Modulo edometrico = 404,10 kg/cmq

**SITO 4:**

**da 0,00m a 0,50m:** Coltre superficiale con scadenti caratteristiche geotecniche.

**da 0,50m a 4,00m:** Sabbie limoso-argillose mediamente compatte

- Peso di volume= 1,93 t/mc per i terreni sopra falda
- Nspt = 10
- Angolo d'attrito efficace = 30°
- Modulo di deformazione drenato =268 kg/cmq
- Modulo edometrico = 142,60 kg/cmq

**da 4,00m a 5,90m:** Sabbie limoso-argillose

- Peso di volume= 2,04 t/mc per i terreni sopra falda
- Nspt = 28
- Angolo d'attrito efficace = 35,4°
- Modulo di deformazione drenato =407 kg/cmq
- Modulo edometrico = 330,88 kg/cmq

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito del terreno, si è fatto riferimento ai risultati della prove SPT utilizzando la relazione di (Peck Hanson e Thornburn 1953-74). Il metodo è valido per terreni granulari e correla ( $\phi$ ) con  $N_{spt}$  medio dello strato .

$$\phi = 27,2 + 0,28 N_{spt}$$

Per il modulo di deformazione drenato  $E'$ , si è fatto riferimento ai risultati della prove SPT utilizzando la relazione di D'Apollonia (1970). Il metodo è valido per le sabbie e/o ghiaie normal-consolidate che correla  $E'$  con  $N_{spt}$  medio dello strato:

$$E(\text{kg/cm}^2) = 7,71 N_{spt} + 191$$

Per il Modulo edometrico  $E$  (Modulo di Young) si è fatto riferimento ai risultati della prove SPT utilizzando la relazione di Menzebach e Malcev. Il metodo è valido per le sabbie e/o ghiaie in genere, e si basa sulla seguente relazione:

$$E_d (\text{Kg/cm}^2) = 10,46 N_{spt} + 38$$

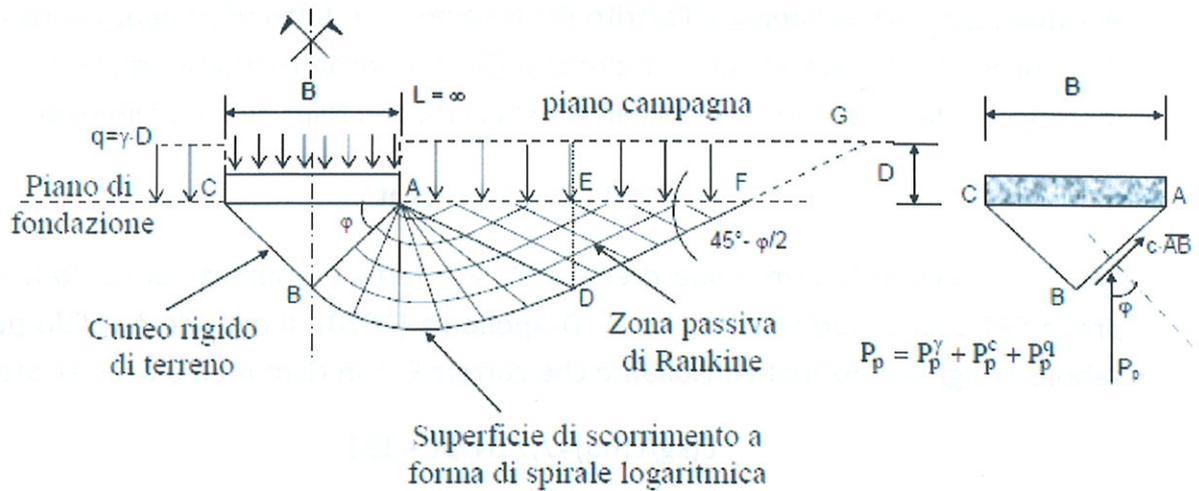
Il Peso di volume ( $\gamma$ ) è stato ricavato dai dati della prova SPT utilizzando la relazione di Terzaghi e Peck. Il metodo è valido per terreni granulari e correla il Peso di Volume con  $N_{spt}$  medio dello strato in funzione della sua granulometria.

#### **5.4 Analisi dell'interazione terreno - fondazione**

Di seguito si riporta la valutazione della portanza del terreno dei 4 siti individuati ipotizzando una fondazione diretta quadrata con base da 1,00m - 1,50m - 2,00m, e la valutazione dei cedimenti connessi, con carico di progetto pari a 1kg/cmq.

Nel caso di fondazioni superficiali, adottando lo schema di interazione di Terzaghi, il valore della capacità portante unitaria  $q_d$ , per una fondazione continua, è fornito dalla seguente relazione, i cui coefficienti sono riferiti allo schema grafico sotto riportato

$$q_d = C N_c + D \gamma_1 N_q + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma$$



- D= profondità di fondazione
- $\gamma_1$ =Peso di volume del terreno sopra il piano di fondazione
- $\gamma_2$ =Peso di volume del terreno sotto il piano di fondazione
- B= larghezza della fondazione
- C=coesione

$N_c$ ;  $N_q$ ;  $N_g$  sono fattori di portanza il cui valore varia in funzione dell'angolo d'attrito interno del terreno.

Dal valore di capacità portante unitaria  $q_d$ , si passa al valore ammissibile  $q_a$  adottando un coefficiente di sicurezza pari a 3:  $q_d/3 = q_a$ .

Ancora con riferimento alla citata fondazione superficiale continua, una valutazione dell'entità dei cedimenti "s", relativamente all'asse della fondazione con carico centrato, può essere effettuata attraverso la relazione

$$s = (H \Delta p) / M$$

dove:

- s = cedimento in cm
- H = spessore strato significativo
- $\Delta p$  = incremento netto di carico indotto dall'opera dalla pressione  $dp$ , a metà dello strato di spessore H
- M= modulo edometrico del terreno

## 5.4 Capacità portante e cedimenti

### SITO 1:

Dimensione fondazione (BxL)	Profondità di influenza bulbo delle pressioni (B x 2,5)	Profondità cune di taglio (m) da p.posa fondazione	Qult (T/mq)	Qamm (kg/cmq)	Cedimenti S (cm) Piastra flessibile	Cedimenti S (cm) Piastra rigida
1,00m X 1,00m	2,50m	0,87	59,07	1,97	0,68	0,511
1,50m X 1,50m	3,75m	1,30	65,03	2,17	0,91	0,68
2,00m X 2,00m	5,00m	1,73	70,99	2,37	1,10	0,825

### SITO 2:

Piano di posa della fondazione a -2,50m quota scavo presente.

Dimensione fondazione (BxL)	Profondità di influenza bulbo delle pressioni (B x 2,5)	Profondità cune di taglio (m) da p.posa fondazione	Qult (T/mq)	Qamm (kg/cmq)	Cedimenti S (cm) Piastra flessibile	Cedimenti S (cm) Piastra rigida
1,00m X 1,00m	2,50m	0,85	52,08	1,73	0,83	0,625
1,50m X 1,50m	3,75m	1,27	57,14	1,90	1,32	0,991
2,00m X 2,00m	5,00m	1,70	62,20	2,07	1,75	1,31

### SITO 3:

Dimensione fondazione (BxL)	Profondità di influenza bulbo delle pressioni (B x 2,5)	Profondità cune di taglio (m) da p.posa fondazione	Qult (T/mq)	Qamm (kg/cmq)	Cedimenti S (cm) Piastra flessibile	Cedimenti S (cm) Piastra rigida
1,00m X 1,00m	2,50m	1,00	182,52	6,084	0,23	0,17
1,50m X 1,50m	3,75m	1,27	203,97	6,80	0,31	0,232
2,00m X 2,00m	5,00m	1,70	254,53	8,48	0,37	0,277

### SITO 4:

Dimensione fondazione (BxL)	Profondità di influenza bulbo delle pressioni (B x 2,5)	Profondità cune di taglio (m) da p.posa fondazione	Qult (T/mq)	Qamm (kg/cmq)	Cedimenti S (cm) Piastra flessibile	Cedimenti S (cm) Piastra rigida
1,00m X 1,00m	2,50m	0,87	80,24	2,80	0,82	0,612
1,50m X 1,50m	3,75m	1,30	87,85	2,93	1,25	0,938
2,00m X 2,00m	5,00m	1,73	95,47	3,18	1,61	1,21

## 6. Considerazioni conclusive

L'indagine geognostica realizzata attraverso la realizzazione di pozzetti stratigrafici e prove penetrometriche dinamiche in vari punti dell'area oggetto di studio ha permesso di ricostruire il modello geologico del sito e valutare le caratteristiche geotecniche dei litotipi identificati al fine di ricostruire il modello geotecnico.

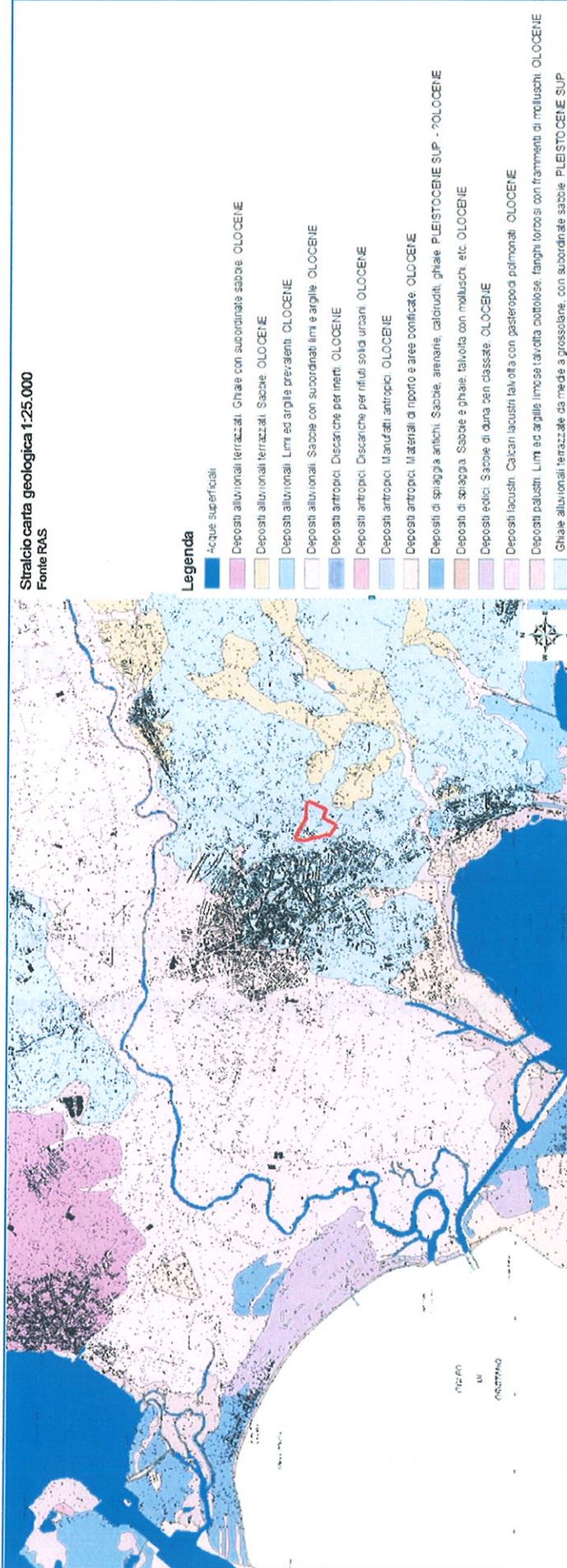
I terreni di sedime sono costituiti da depositi di natura alluvionale rappresentati da livelli sabbioso-limoso argillosi (Pz3, P3, P4) limi argillosi con talora orizzonti francamente argillosi da molto compatti (Pz1; P1, P5) a poco compatti (Pz2; P2).

Il grado di compattezza, la natura incoerente e l'assenza di circolazione d'acqua (assenza o quasi di coesione) rendono a questi terreni una capacità portante da mediamente buona ( $q_{amm} = 1,73 \text{ kg/cm}^2$ ) nel sito 1 ad estremamente buona (sito 3).

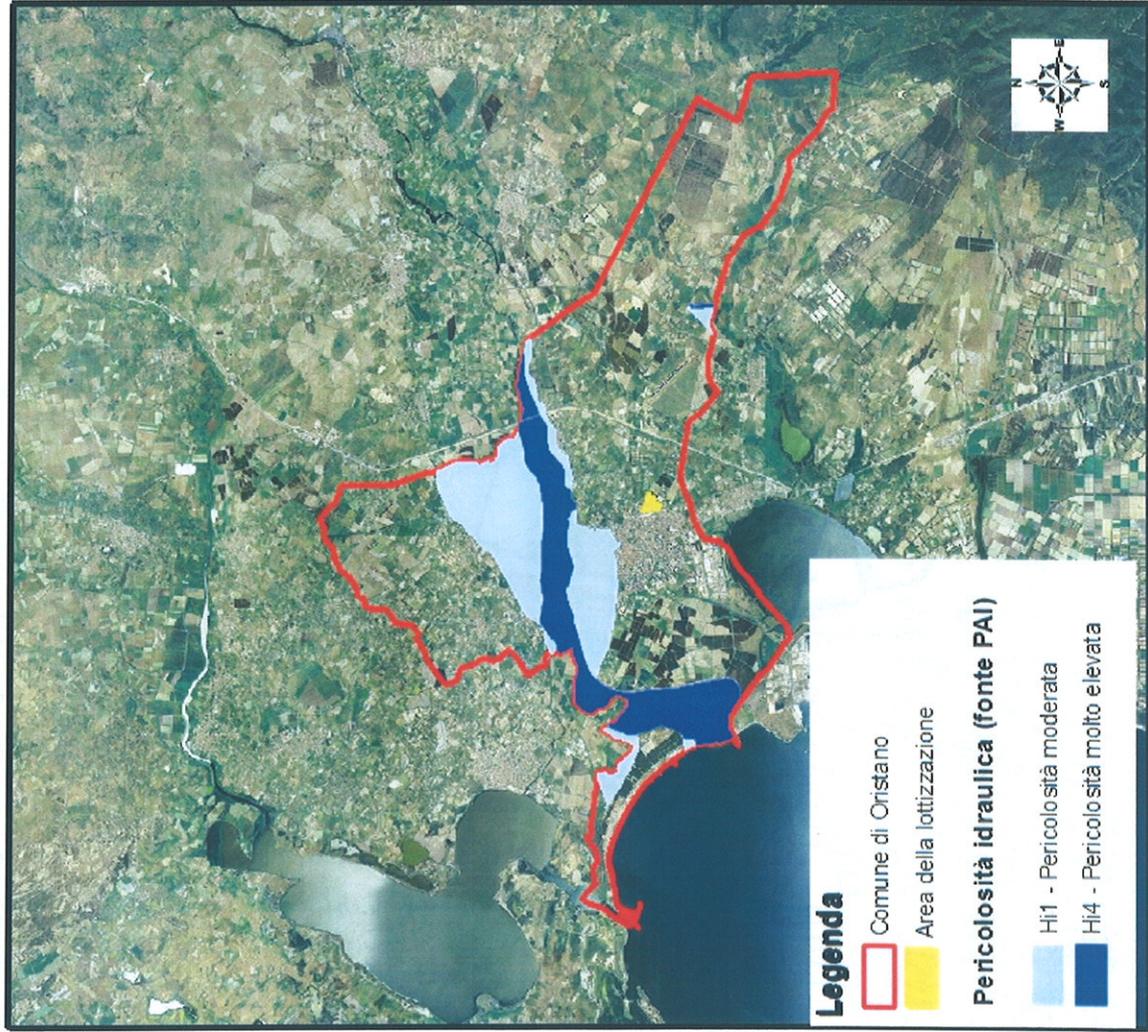
## **Allegati**

- Stralcio carta geologica area vasta
- Stralcio perimetrazione PAI
- Colonne stratigrafiche dei pozzetti geognostici
- Certificati delle prove penetrometriche

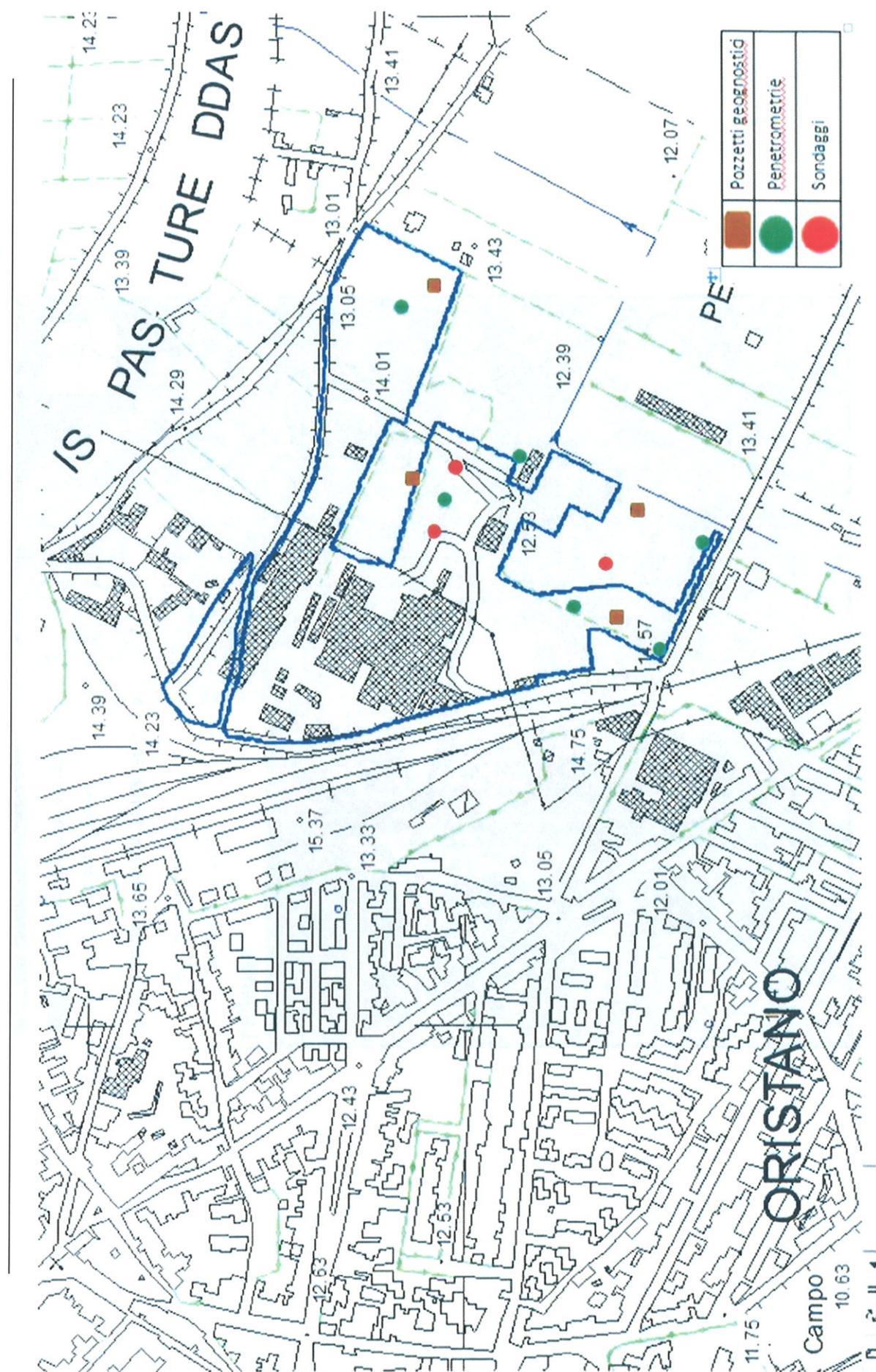
Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" –Oristano  
 Relazione geologica – geotecnica



Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" –Oristano  
Relazione geologica – geotecnica



Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" –Oristano  
Relazione geologica – geotecnica



Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" -Oristano  
Relazione geologica - geotecnica

Dr. Carlo Lecca  
Via Moreau, 5  
09420 Sant'Antioco (CA)

Riferimento: Fondataria

Dr. Carlo Lecca  
Via Moreau, 5  
09420 Sant'Antioco (CA)

Riferimento: Fondataria

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DM-30 (60°)

TIPO	Stigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	M ≤ 10
Medio	DPM (Medium)	10 < M ≤ 40
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≤ M < 60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M ≥ 60

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici

n°	Profondità (m)	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspit	
		M	min	Max	σ	M <sub>s</sub>	M <sub>s</sub>				
1	0,50	0,70	0,70	0,90	0,00	0,00	0,00	0,77	64	0,77	72
									368		

M: valore medio; max: valore massimo; σ: scarto quadratico medio;  
N: numero colpi; P<sub>u</sub>: prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm); Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²);  
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico β = 0,77); Nspit: numero colpi prova SPT (avanzamento s = 10 cm)

CARATTERISTICHE TECNICHE : DM-30 (60°)

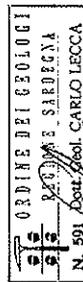
- PESO MASSA BATTENTE M = 30,00 kg
- ALTEZZA CADUTA LIBERA H = 0,20 m
- PESO SISTEMA BATTUTA Ms = 13,60 kg
- DIAMETRO PUNTA CONICA D = 35,70 mm
- AREA BASE PUNTA CONICA A = 10,00 cm²
- ANGOLO APERTURA PUNTA α = 60°
- LUNGHEZZA DELLE ASTE La = 1,00 m
- PESO ASTE PER METRO Ma = 2,40 kg
- PROF. GIUNZIONE \* ASTA P1 = 0,90 m
- AVANZAMENTO PUNTA δ = 0,10 m
- NUMERO DI COLPI PUNTA N = N(10) ⇒ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
- RIVESTIMENTO / FANGHI NO
- ENERGIA SPECIFICA \* COLPO Q = (Mh)/(As) = 6,00 kg/cm² (prova SPT; Ospit = 7,83 kg/cm²)
- COEFF. TEORICO DI ENERGIA βt = Q/Ospit = 0,766 (teoricamente; Nspit = βt N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd (funzione del numero di colpi N) (FORMULA OLANDESE):

$$Rpd = M^* H / [A e (M+P)] = M^* H N / [A δ (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A) M = peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo = δ/N P = peso totale aste e sistema battuta

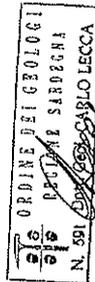
UNITA di MISURA (conversioni)  
1 kg/cm² = 0,098067 MPa  
1 MPa = 1 MN/m² = 10,197 kg/cm²  
1 bar = 1,0197 kg/cm² = 0,1 MPa  
1 kN = 0,001 MN = 101,97 kg



P.V.A. 028349025

CAPIRELLI & ASSOCIATI

P.V.A. 028349025



Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" -Oristano  
Relazione geologica - geotecnica

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09040 Santino San Pietro (CA)

Riferimento: Fondisita

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09040 Santino San Pietro (CA)

Riferimento: Fondisita

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09040 Santino San Pietro (CA)

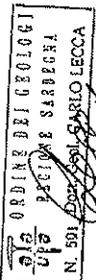
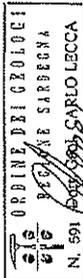
Riferimento: Fondisita

DIN 2

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nsppt			NATURA GRANULARE			NATURA COESIVA		
			DR	σ'	E	Ysd	Yd	Cu	Ysd	W	c
1	0,00 - 0,70		83,3	44,1	746	2,20	1,92	4,50	2,65	01	0,030

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\sigma = 30$  cm)  
DR % = densità relativa,  $\sigma'$  (t) = angolo di attrito efficace  
E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione elastico - W% = contenuto d'acqua  
Ysd, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r) asta
0,00 - 0,10	3	11,7	1	3,50 - 3,80	38	128,6	4
0,10 - 0,20	5	19,8	1	3,60 - 3,70	39	132,0	4
0,20 - 0,30	4	15,7	1	3,70 - 3,80	38	128,6	4
0,30 - 0,40	4	15,7	1	3,80 - 3,90	41	138,7	4
0,40 - 0,50	5	19,8	1	3,90 - 4,00	86	278,4	5
0,50 - 0,60	5	19,8	1	4,00 - 4,10	85	268,7	5
0,60 - 0,70	2	7,8	1	4,10 - 4,20	59	181,0	5
0,70 - 0,80	2	7,8	1	4,20 - 4,30	39	132,0	5
0,80 - 0,90	1	11,2	1	4,30 - 4,40	38	128,6	5
0,90 - 1,00	3	11,2	2	4,40 - 4,50	20	69,8	5
1,00 - 1,10	2	11,2	2	4,50 - 4,60	20	69,8	5
1,10 - 1,20	3	11,2	2	4,60 - 4,70	23	74,5	5
1,20 - 1,30	5	18,8	2	4,70 - 4,80	23	74,5	5
1,30 - 1,40	7	26,0	2	4,80 - 4,90	14	45,3	5
1,40 - 1,50	10	37,2	2	4,90 - 5,00	13	40,3	6
1,50 - 1,60	14	52,1	2	5,00 - 5,10	14	43,4	6
1,60 - 1,70	13	48,3	2	5,10 - 5,20	16	49,7	6
1,70 - 1,80	17	63,2	2	5,20 - 5,30	15	46,6	6
1,80 - 1,90	19	70,7	2	5,30 - 5,40	36	111,7	6
1,90 - 2,00	18	63,8	3	5,40 - 5,50	60	186,2	6
2,00 - 2,10	20	70,9	3	5,50 - 5,60	47	145,9	6
2,10 - 2,20	24	83,0	3	5,60 - 5,70	40	124,1	6
2,20 - 2,30	30	106,3	3	5,70 - 5,80	51	158,3	6
2,30 - 2,40	33	118,2	3	5,80 - 5,90	35	118,2	7
2,40 - 2,50	32	109,9	3	5,90 - 6,00	71	237,5	7
2,50 - 2,60	31	109,9	3	6,00 - 6,10	46	152,0	7
2,60 - 2,70	39	134,8	3	6,10 - 6,20	25	83,1	7
2,70 - 2,80	28	99,2	3	6,20 - 6,30	25	74,5	7
2,80 - 2,90	24	85,0	3	6,30 - 6,40	26	77,5	7
2,90 - 3,00	61	206,4	3	6,40 - 6,50	32	95,4	7
3,00 - 3,10	71	240,2	4	6,50 - 6,60	42	125,2	7
3,10 - 3,20	98	331,6	4	6,60 - 6,70	35	104,3	7
3,20 - 3,30	91	307,9	4	6,70 - 6,80	37	110,3	7
3,30 - 3,40	47	159,0	4	6,80 - 6,90	30	89,4	7
3,40 - 3,50	25	84,6	4				



- PENETROMETRO DINAMICO tipo - DIM-30 (60°)  
- M (massa battente)= 30,00 kg - H (altezza caduta)= 0,20 m - A (area punta)= 10,00 cm<sup>2</sup> - C (diam. punta)= 35,70 mm  
- Numero Colpi Punta N = N(10) [S = 10 cm]

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA - PENETROMETRO DINAMICO tipo - DIM-30 (60°) - M (massa battente)= 30,00 kg - H (altezza caduta)= 0,20 m - A (area punta)= 10,00 cm<sup>2</sup> - C (diam. punta)= 35,70 mm - Numero Colpi Punta N = N(10) [S = 10 cm] - Uso investimento / Tanghi Ingegneria - NO

Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" –Oristano  
Relazione geologica – geotecnica

Dr. Carlo Lecca  
Via Monaldi, 3  
09140 Santino San Piero (CA)

Riferimento: Fondataria

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

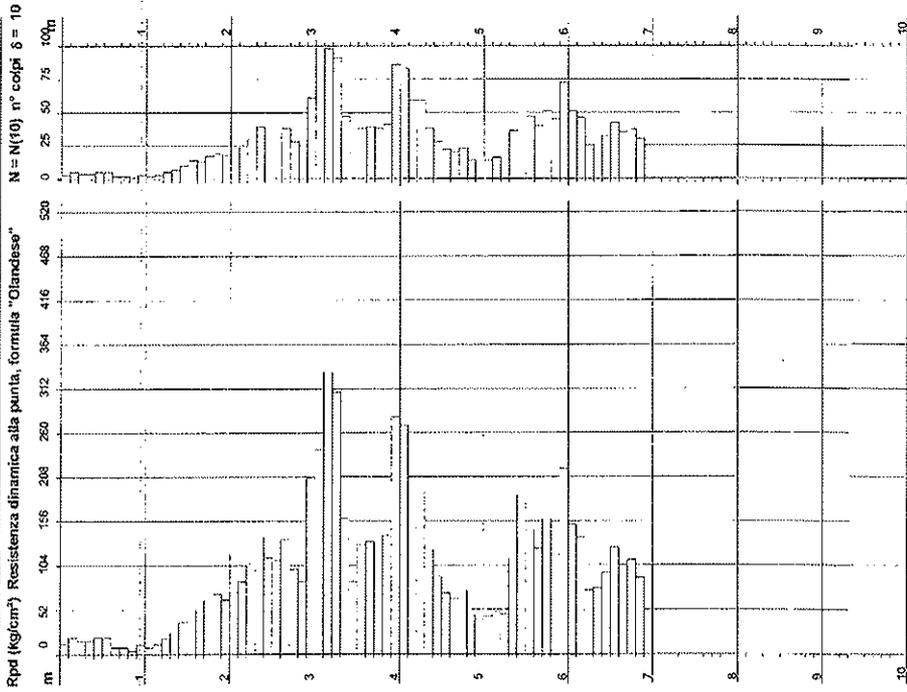
DIN 2

Scala 1: 50

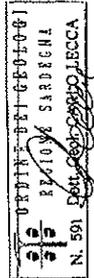
- committente: Fondataria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro: Indagini Geognostiche  
- località: Oristano  
- note: suddivisione livelli su indicazione dei Geologi Atzori e Caui - pagina: 1

- data: 09/07/2011  
- quota inizio: -0,60  
- prof. fondo: Falda non rilevata

$N = N(10)$  n° colpi  $\delta = 10$



Ordine dei Geologi  
P. IVA 0282549025



Dr. Carlo Lecca  
Via Monaldi, 5  
09140 Santino San Piero (CA)

Riferimento: Fondataria

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

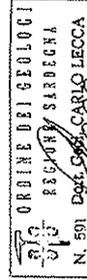
DIN 2

- committente: Fondataria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro: Indagini Geognostiche  
- località: Oristano  
- note: suddivisione livelli su indicazione dei Geologi Atzori e Caui - pagina: 1

- data: 09/07/2011  
- quota inizio: -0,60  
- prof. fondo: Falda non rilevata

n°	Profondità (m)	PARAMETRO					ELABORAZIONE STATISTICA					VCA	$\beta$	Nsppt
		M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M+s	M-s						
1	0,60	1,40	3,6	1	7	2,3	1,6	2,0	5,3	4	0,77	3		
2	1,40	1,90	14,6	4	26	8,9	6,2	7,7	20,2	16	0,77	11		
3	1,90	4,50	45,6	19	71	45,7	—	—	—	56	0,77	35		
4	4,50	5,30	17,1	13	23	15,1	23,2	22,6	89,8	168	0,77	13		
5	5,30	6,90	54,5	40	75	57,4	13,5	41,0	66,0	54	0,77	32		
			125,1	75	218	101,3	38,8	89,3	165,9	127				

M: valore medio; min: valore minimo; Max: valore massimo;  $\frac{1}{2}(M+min)$ : scarto quadratico medio  
N: numero colpi; Punta prova penetrometrica dinamica (con avanzamento  $\delta = 10$  cm); Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
s: Coefficiente correlato con prova SPT (valore teorico  $\beta = 0,77$ ); Nsppt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 10$  cm)



Ordine dei Geologi  
P. IVA 0282549025

Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" -Oristano  
Relazione geologica - geotecnica

Dr. Carlo Lecca  
Via Morandi, 5  
09040 Scintino San Piero (CA)

Riferimento: Fondiaria

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

- committente : Fondiaria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro : Indagini Geogeotecniche  
- località : Oristano  
- note : suddivisione livelli su indicazione dei Geologi Alzori e Casali

- data : 09/07/2011  
- quota inizio : -0,60  
- prof. falda : Falda non rilevata

n°	Prof. (m)	LITOLOGIA	Natura Granulare			Natura Coesiva					
			DR	e'	E	Ysat	Yd	Cu	W	e	
1	0,00 - 1,40		11,3	27,2	214	1,36	1,98	0,59	1,76	44	1,034
2	1,40 - 4,50		25	32	461	1,85	1,97	2,19	2,20	15	0,875
3	4,50 - 5,30		13	39,5	352	2,08	1,73	1,95	1,53	30	0,818
4	5,30 - 6,30		32	67,0	438	2,06	1,71	2,00	2,17	17	0,459

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $s_p = 30$  cm)

DR % = densità relativa e' (\*) = angolo di attrito efficace  
E (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo o secco (rispettivamente) del terreno  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Dr. Carlo Lecca  
Via Morandi, 5  
09040 Scintino San Piero (CA)

Riferimento: Fondiaria

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

DIN 3

**TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

- committente : Fondiaria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro : Indagini Geogeotecniche  
- località : Oristano  
- note : (nuova)

- data : 09/07/2011  
- quota inizio : 0,0  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof. (m)	N (colpi p)	Rpd (kg/cm²)	N (colpi r) asta	Prof. (m)	N (colpi p)	Rpd (kg/cm²)	N (colpi r) asta
0,00 - 0,10	13	50,9	1	2,00 - 2,10	17	60,2	3
0,10 - 0,20	17	66,5	1	2,10 - 2,20	21	74,4	3
0,20 - 0,30	17	66,5	1	2,20 - 2,30	24	85,0	3
0,30 - 0,40	12	47,0	1	2,30 - 2,40	24	85,0	3
0,40 - 0,50	14	54,8	1	2,40 - 2,50	21	74,4	3
0,50 - 0,60	14	54,8	1	2,50 - 2,60	21	74,4	3
0,60 - 0,70	20	78,3	1	2,60 - 2,70	20	70,9	3
0,70 - 0,80	16	70,4	1	2,70 - 2,80	16	66,7	3
0,80 - 0,90	18	86,0	1	2,80 - 2,90	11	39,0	3
0,90 - 1,00	18	86,0	2	2,90 - 3,00	16	67,4	4
1,00 - 1,10	15	55,8	2	3,00 - 3,10	14	47,1	4
1,10 - 1,20	14	52,1	2	3,10 - 3,20	18	60,9	4
1,20 - 1,30	14	40,9	2	3,20 - 3,30	18	60,9	4
1,30 - 1,40	11	52,1	2	3,30 - 3,40	18	60,9	4
1,40 - 1,50	11	40,9	2	3,40 - 3,50	22	74,4	4
1,50 - 1,60	15	55,8	2	3,50 - 3,60	24	81,2	4
1,60 - 1,70	14	52,1	2	3,60 - 3,70	28	94,7	4
1,70 - 1,80	15	55,8	2	3,70 - 3,80	37	125,2	4
1,80 - 1,90	10	37,2	2	3,80 - 3,90	67	226,7	4
1,90 - 2,00	18	63,8	3	3,90 - 4,00	100	323,7	5

ORBIE DEI GEOLOGI  
SARDEGNA  
N. 501 Dott. Carlo Lecca

ORBIE DEI GEOLOGI  
SARDEGNA  
Dott. Carlo Lecca

- PENETROMETRO DINAMICO tipo: DM-30 (60°)  
- M (massa battente) = 30,00 kg - H (altezza caduta) = 0,20 m - A (area punta) = 10,00 cm² - D (diam. punta) = 35,70 mm  
- Numero Colpi Punta N = N(10) [s = 10 cm]

P.IVA 02586490925

Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" –Oristano  
Relazione geologica – geotecnica

Dr. Carlo Lecca  
Via Mercata, 5  
09040 Santuzza San Piero (CA)

Riferimento: Fondiaria

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

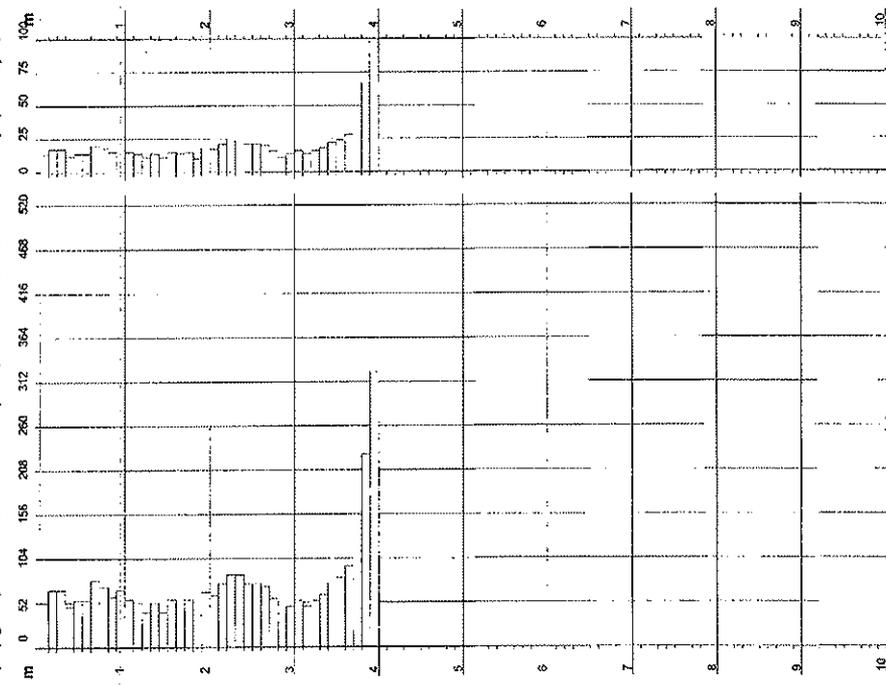
DIN 3

Scala 1: 50

- committente : Fondiaria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro : Indagini Geognostiche  
- località : Oristano

- data : 09/07/2011  
- quota inizio : 0,0  
- prof. fondo : Falda non rilevata

$R_{pd}$  (kg/cm<sup>2</sup>) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olindasse"  
 $N = N(10) n^0 \text{ con } \delta = 10$



Dr. Carlo Lecca  
Via Mercata, 5  
09040 Santuzza San Piero (CA)

Riferimento: Fondiaria

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- committente : Fondiaria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro : Indagini Geognostiche  
- località : Oristano  
- note : suddivisione livelli su indicazione dei Geologi Atzeni e Caui - pagina : 1

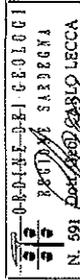
- data : 09/07/2011  
- quota inizio : 0,0  
- prof. fondo : Falda non rilevata

n°	Profondità (m)	PARAMETRO		ELABORAZIONE STATISTICA					VCA	β	Nspit
		M	min	Max	1/2(M+min)	s	Mts				
1	0,00	15,0	13	17	14,0	—	—	—	15	0,77	11
		58,7	51	67	54,8	—	—	—	59	—	—
2	0,20	16,6	10	24	13,3	3,9	7,7	20,5	17	0,77	13
		60,1	37	85	48,6	13,2	46,9	73,3	62	—	—
3	3,60	59,0	28	100	43,0	—	—	—	58	0,77	44
		192,9	59	324	142,7	—	—	—	183	—	—

M: valore medio; min: valore minimo; Max: valore massimo  
N: numero punte; Nspit: numero colpi; s: deviazione standard; β: coefficiente di variazione  
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico β = 0,77) Nspit: numero colpi prova SPT (avanzamento s = 10 cm)

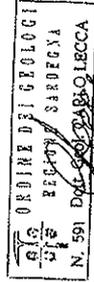
Ordine n° 0238649673

P.IVA 0238649673



Ordine n° 0238649673

P.IVA 0238649673



Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" -Oristano  
Relazione geologica - geotecnica

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09140 Sestane San Piero (CA)

Riferimento: Fondataria

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09140 Sestane San Piero (CA)

Riferimento: Fondataria

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

Scala 1: 50

DIN 4

Riferimento: Fondataria

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09140 Sestane San Piero (CA)

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

Scala 1: 50

DIN 4

Riferimento: Fondataria

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09140 Sestane San Piero (CA)

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

Scala 1: 50

DIN 4

Riferimento: Fondataria

n°	Prof. (m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
				DR	σ'	E	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00 - 0,20		11	36,5	30,3	276	1,94	1,51	0,69	1,91	32	0,867
2	0,20 - 0,60		13	33,5	30,9	292	1,95	1,53	0,81	1,93	30	0,818
3	0,60 - 4,00		44	79,0	39,5	531	2,12	1,83	2,75	2,31	11	0,297

Nspt: numero di colpi prova SPT (eventualmente  $g = 30$  cm)

CR % = densità relativa  $\sigma'$  (') = angolo di attrito efficace  $Wp$  = contenuto d'acqua  
e (e) = indice dei vuoti  $Cu$  (kg/cm<sup>3</sup>) = coesione non drenata  $Ysat$ ,  $Yd$  (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo o secco (rispettivamente) del terreno

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09140 Sestane San Piero (CA)

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

Scala 1: 50

DIN 4

Riferimento: Fondataria

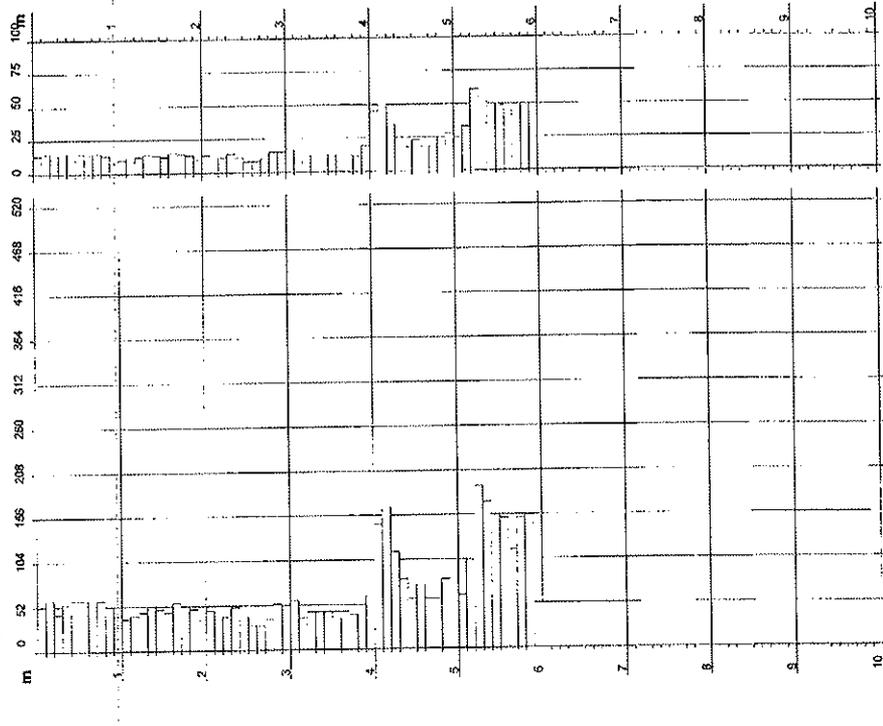
Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09140 Sestane San Piero (CA)

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

Scala 1: 50

DIN 4

Riferimento: Fondataria



ORDINE DEI GEOLOGI  
REPTON SARDEGNA  
N. 591 Dott. Carlo Lecca

Stampato in Italia - 0336449923

Stampato in Italia - 0336449923

ORDINE DEI GEOLOGI  
REPTON SARDEGNA  
N. 591 Dott. Carlo Lecca

Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" -Oristano  
Relazione geologica - geotecnica

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09040 Sulfino San Piero (CA)

Riferimento: Fonciaria

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente: Fondiaria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro: Indagini Geognostiche  
- località: Oristano  
- note: suddivisione livelli su indicazione dei Geologi Atzeni e Caui

- data: 09/07/2011  
- quota inizio: 0,0  
- prof. falda: Falda non rilevata  
- pagina: 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO				ELABORAZIONE STATISTICA				VCA	β	Nspt
		M	min	Max	s	M-s	M+s	s	M-s			
1	0,00 - 0,30	13,0 50,3	7,1 4,3	15 58	2,0 47,0	—	—	—	—	13	0,77	10
2	0,30 - 4,00	12,7 45,3	8 28	19 62	10,4 37,1	2,3 3,7	10,4 57,2	15,0 54,5	—	12	0,77	10
3	4,00 - 5,80	36,3 114,5	18 58	61 188	27,2 88,4	14,4 44,4	21,9 70,2	50,7 193,9	36	10,77	—	28

M: valore medio; min: valore minimo; Max: valore massimo; s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi-Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm); Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
β: Coefficiente di correlazione con prova SPT (valori teorici β = 0,77); Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 10 cm)

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09040 Sulfino San Piero (CA)

Riferimento: Fonciaria

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

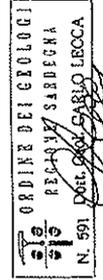
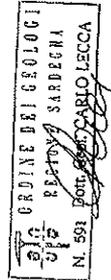
Fondiaria e d'investimento s.a.s.

- committente: Fondiaria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro: Indagini Geognostiche  
- località: Oristano  
- note: suddivisione livelli su indicazione dei Geologi Atzeni e Caui

- data: 09/07/2011  
- quota inizio: 0,0  
- prof. falda: Falda non rilevata  
- pagina: 1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA				NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA			
		DR	σ'	E'	Ysat	DR	σ'	E'	Ysat	Cu	Ysat	W	e
1	0,00 - 0,30	10	35,0	26,0	288	1,50	0,53	1,90	23	0,892			
2	0,30 - 4,00	10	35,0	30,0	288	1,50	0,65	1,83	33	0,892			
3	4,00 - 5,80	28	62,0	35,4	407	2,04	1,57	1,75	212	1,9	0,522		

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)  
DR % = densità relativa; σ' (') = angolo di attrito efficace; E' (kg/cm²) = modulo di deformazione dinamico; W% = contenuto d'acqua  
e (t) = indice dei vuoti; Cu (kg/cm²) = coesione non drenata; Ysat, Yc (t/m³) = peso di volume saturo e secco (approssimativamente) del terreno



Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" –Oristano  
Relazione geologica – geotecnica

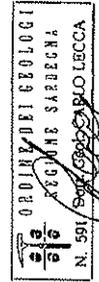
Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09040 Sultano San Pietro (CA)

Riferimento: Fondataria  
DIN 5

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Fondataria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro : Indagini Geognostiche  
- localita' : Oristano  
- note : (nuovo)  
- data : 09/07/2011  
- quota inizio : -2,50  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rsp(kg/cm²)	N(colpi n) asta	Prof.(m)	Rsp(kg/cm²)	N(colpi n) asta
0,00 - 0,10	13	50,9	1	2,00 - 2,10	9	31,9
0,10 - 0,20	13	50,9	1	2,10 - 2,20	9	28,3
0,20 - 0,30	13	50,9	1	2,20 - 2,30	9	31,9
0,30 - 0,40	8	31,3	1	2,30 - 2,40	10	39,6
0,40 - 0,50	6	23,5	1	2,40 - 2,50	11	39,6
0,50 - 0,60	7	27,4	1	2,50 - 2,60	10	35,4
0,60 - 0,70	7	27,4	1	2,60 - 2,70	10	35,4
0,70 - 0,80	9	35,2	1	2,70 - 2,80	10	35,4
0,80 - 0,90	9	35,2	1	2,80 - 2,90	11	39,0
0,90 - 1,00	10	37,2	2	2,90 - 3,00	12	40,8
1,00 - 1,10	16	59,5	2	3,00 - 3,10	11	37,2
1,10 - 1,20	12	44,6	2	3,10 - 3,20	23	77,8
1,20 - 1,30	8	29,8	2	3,20 - 3,30	20	67,7
1,30 - 1,40	9	33,5	2	3,30 - 3,40	20	67,7
1,40 - 1,50	8	29,8	2	3,40 - 3,50	20	67,7
1,50 - 1,60	8	29,8	2	3,50 - 3,60	20	67,7
1,60 - 1,70	8	29,8	2	3,60 - 3,70	20	67,7
1,70 - 1,80	8	29,8	2	3,70 - 3,80	37	125,2
1,80 - 1,90	8	33,5	2	3,80 - 3,90	100	338,3
1,90 - 2,00	8	29,3	3			

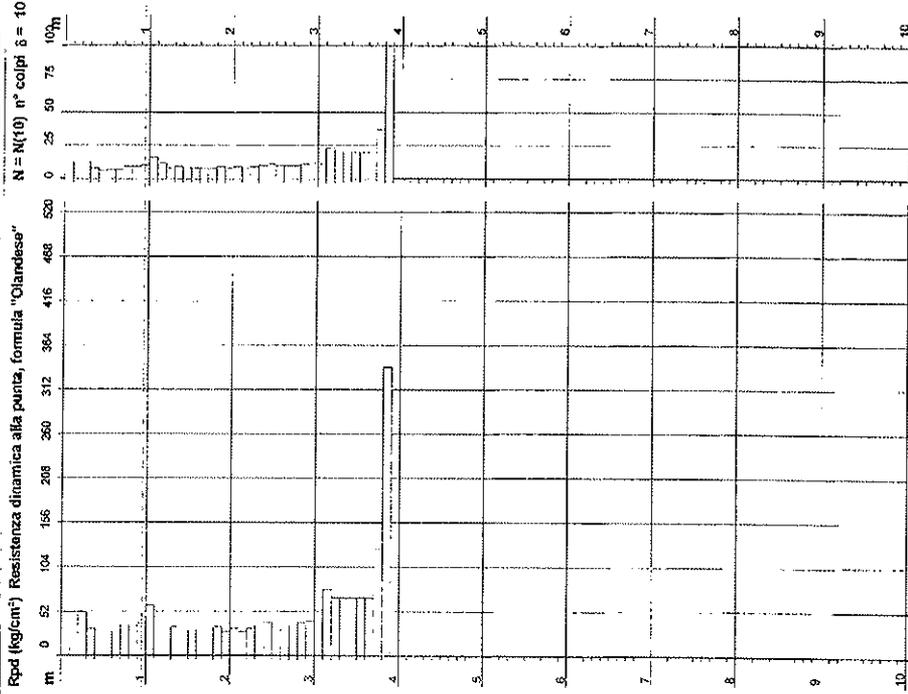


Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09040 Sultano San Pietro (CA)

Riferimento: Fondataria  
DIN 5

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

- committente : Fondataria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro : Indagini Geognostiche  
- localita' : Oristano  
- data : 09/07/2011  
- quota inizio : -2,50  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- note : N = N(10) n° colpi  $\delta = 10$



- PENETROMETRO DINAMICO Tipo : DM-30 (60T)  
- M (massa battente) = 30,00 Kg - H (altezza caduta) = 0,20 m - A (area punta) = 10,00 cm² - D (diam. punta) = 35,70 mm  
- Numero Colpi Punta N = N(10) ( $\delta = 10$  cm)

P.IVA. 0286496923

ORDINE DEI GEOLOGI  
REGIONE SARDEGNA  
N. 591  
CARLO LECCA

P.IVA. 0286496923

ORDINE DEI GEOLOGI  
REGIONE SARDEGNA  
N. 591  
CARLO LECCA

Piano di lottizzazione denominato "Is Argiolas" -Oristano  
Relazione geologica - geotecnica

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09040 Sennia San Piero (CA)

Riferimento: Fondataria

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 5

- committente: Fondataria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro: Indagini Geognostiche  
- località: Oristano  
- note: suddivisione livelli su indicazione dei Geologi Atzoni e Cauți - pagina: 1

- data: 09/07/2011  
- quota inizio: -2,50  
- prof. falda: Falda non rilevata

n°	Profondità (m)	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt		
		M	min	Max	σ	M+s	M-σ					
1	0,00 - 3,10	37	6	16	7,2	2,2	7,5	11,9	16	0,77	8	
		35,7	24	60	29,6	6,2	27,5	43,9	37			
2	3,10 - 3,80	N	22,9	26	37	21,4	6,3	16,5	29,2	23	0,77	18
		Rpd	77,3	66	125	72,5	21,4	55,9	98,8	76		
3	3,80 - 3,90	N	100,0	100	100	100,0			100	0,77	77	
		Rpd	338,3	338	338	338,3			338			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)  
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico β = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 10 cm)

Dr. Carlo Lecca  
Via Menardi, 5  
09040 Sennia San Piero (CA)

Riferimento: Fondataria

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

- committente: Fondataria e d'investimento s.a.s.  
- lavoro: Indagini Geognostiche  
- località: Oristano  
- note: suddivisione livelli su indicazione dei Geologi Atzoni e Cauți - pagina: 1

- data: 09/07/2011  
- quota inizio: -2,50  
- prof. falda: Falda non rilevata

n°	Prof (m)	LITOLOGIA				NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA			
		DR	e'	E'	Ysat	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	s		
1	0,00 - 3,10	23,3	28,2	253	1,91	1,48	0,50	1,87	35	0,046			
2	3,10 - 3,80	47,0	32,4	330	1,98	1,57	1,13	2,00	26	0,708			
3	3,80 - 3,90	95,1	44,4	785	2,21	1,94	4,81	2,71		-0,006			

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)  
DR % = densità relativa e' (%) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

