

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
Assessorato della Difesa dell'Ambiente

**IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI  
URBANI E VALORIZZAZIONE RACCOLTE  
DIFFERENZIATE A SERVIZIO DELL'AMBITO  
TERRITORIALE OTTIMALE DELLA  
PROVINCIA DI ORISTANO  
TERZO LOTTO FUNZIONALE - TERZO STRALCIO**

**REALIZZAZIONE DELLE AREE DI STOCCAGGIO E DEGLI EDIFICI  
DESTINATI ALLA RAFFINAZIONE E CONFEZIONAMENTO DEL  
COMPOST MATURO**

**1° SUB STRALCIO FUNZIONALE:  
REALIZZAZIONE DELLE AREE E DEGLI EDIFICI**

PROGETTO ESECUTIVO

**ELABORATI AMMINISTRATIVI GENERALI**

ELABORATO:

**RELAZIONE GEOTECNICA**

ALLEGATO:

**A2**

Data:

CUP: E53D05000380002

CIG: 7648734EF5

IL PRESIDENTE  
*(Rag. Massimiliano Daga)*

IL DIRETTORE  
*(Dott. Marcello Siddu)*

IL PROGETTISTA  
*(Ing. Agostino Pruneddu)*

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
*(Ing. Salvatore Daga)*

rev.	data	descrizione	redato	verificato	approvato

Codice Elaborato

**P I T A 0 1 P E 0 4 A 0 0 2 R 0 0**

Lavoro

Fase

Sub Fase

Tipo

Elaborato

Revisione

# Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione dell'Oristanese

**Impianto di trattamento rifiuti solidi urbani e valorizzazione raccolta  
differenziata a servizio dell'ambito territoriale ottimale della  
Provincia di Oristano  
3° Lotto Funzionale 3° Stralcio**

**Realizzazione delle aree di stoccaggio e degli edifici destinati  
alla raffinazione e confezionamento del compost maturo**

## RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA

Cagliari, Dicembre 2016

### IL GEOLOGO

Dott. Alessandro Melis

09126 Cagliari – Via Libeccio 32

  070 371705e-mail [sg.melis@libero.it](mailto:sg.melis@libero.it)



## Sommario

1.	PREMESSA.....	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
3.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	5
5.	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO .....	6
6.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	8
7.	INTERVENTO IN PROGETTO .....	8
8.	SPECIFICHE INERENTI IL PROGETTO .....	10
9.	ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITA' .....	12
10.	CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	14
11.	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	16
12.	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I. SARDEGNA .....	17
13.	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	17
14.	DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO .....	19
15.	CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI.....	22
16.	CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE .....	23
17.	CONCLUSIONI .....	26

Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione dell'Oristanese

Impianto di trattamento rifiuti solidi urbani e valorizzazione raccolta Differenziata a servizio dell'ambito territoriale ottimale della Provincia di Oristano

3° Lotto Funzionale 3° Stralcio

Realizzazione delle aree di stoccaggio e degli edifici destinati alla raffinazione e confezionamento del compost maturo

Studio geologico tecnico

## 1. PREMESSA

Nell'ambito del progetto di realizzazione delle aree di stoccaggio e degli edifici destinati alla raffinazione e confezionamento del compost maturo e più dettagliatamente del capannone industriale, è stato eseguito uno studio geologico tecnico di dettaglio, finalizzato alla verifica della situazione presente in corrispondenza dell'area dove è prevista la realizzazione dell'opera.

Il presente lavoro definisce i parametri geologico-geotecnici utili al dimensionamento delle strutture di fondazione dell'opera.

Scopo del lavoro è stata la verifica della natura e consistenza dei terreni di fondazione in corrispondenza dell'area di fondazione, suffragata da una indagine geognostica di dettaglio.

Quanto sopra in ottemperanza a quanto prescritto dal nuovo Testo Unico "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14/01/2008) e come già previsto dal D.M. LL. PP. 11/03/88 "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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", emanato in attuazione della Legge 02/02/1974 n. 64, art. 1, che impone per tutte le opere presenti sul territorio nazionale la realizzazione di apposite indagini di approfondimento geologico e geotecnico a supporto della progettazione, come quella cui è riferito il presente elaborato tecnico.

L'intervento in oggetto, per i cui particolari si rimanda ai relativi elaborati progettuali, è stato commissionato dal Consorzio Industriale Provinciale dell'Oristanese.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Dal punto di vista normativo si è fatto riferimento a :

**Decreto Ministeriale 14.01.2008**  
Norme Tecniche per le Costruzioni

**D.M. LL.PP. del 11/03/1988**  
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 delle terre e delle opere di fondazione.

**Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003**  
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

**Ordinanza P.C.M. n. 3341 del 3.5.2005**  
Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

**Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006**  
Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

**Circolare n. 617 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009**

Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008

**P.A.I. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico**

Regione Autonoma della Sardegna

**Norme di attuazione del P.A.I.**

Regione Autonoma della Sardegna

**Circolare 9 Gennaio 1996, n. 218/24/3 Ministero dei Lavori Pubblici**

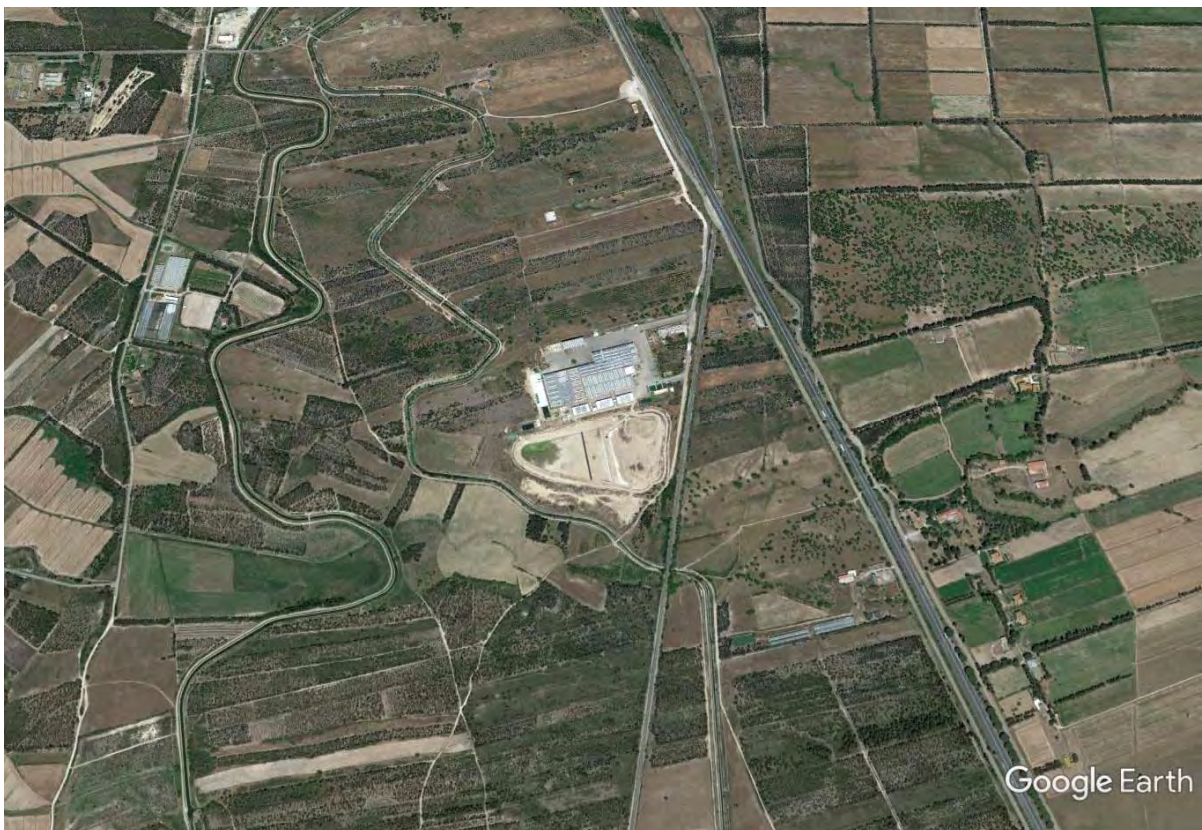
Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dal progetto insiste sul territorio comunale di Arborea (OR) e più precisamente nel settore nord-orientale rispetto al centro abitato.

Nella Cartografia Tecnica della Sardegna in scala 1 : 10.000, l'area è compresa nel Foglio 538040 "Marrubiu".

Nel dettaglio l'area ricade in località "Masangionis", prossima alla linea ferroviaria Cagliari-Olbia ed alla Strada Statale SS 131 Carlo Felice.



Area di intervento

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in studio si inserisce nel quadro geologico Regionale della depressione tettonica della Pianura del Campidano e comprende formazioni geologiche relative all'era Terziaria e Quaternaria.

È infatti nell'era Terziaria, ed in particolare nell'intervallo di tempo compreso tra l'Oligocene ed il Miocene inferiore, che si sono verificati importanti fenomeni di subsidenza, in relazione alle manifestazioni tettoniche dovute all'orogenesi Alpina, che hanno originato la prima "fossa tettonica" sarda, allungata in direzione Nord-Sud ed estesa dal Golfo dell'Asinara al Golfo di Cagliari

Questi movimenti tettonici iniziati nell'Oligocene sono stati accompagnati da una intensa attività vulcanica, rappresentata per lo più da lave andesitiche e da tufi e piroclastiti.

In seguito ai fenomeni di subsidenza, tra la fine dell'Oligocene e l'inizio del Miocene, si sono verificate le prime ingressioni marine.

Durante tutto il Miocene il mare occupa la "Fossa Sarda" dando luogo prima a sottili depositi costieri di arenarie e conglomerati seguiti da notevoli spessori, talora di centinaia di metri, di marne argillose nelle quali si trovano spesso intercalate le piroclastiti e le tufiti provenienti dall'attività vulcanica ancora in atto.

Nella sedimentazione miocenica non mancano anche le formazioni calcaree.

Alla fine del Miocene il mare si ritira mentre durante il Pliocene si verifica un nuovo ciclo subsidente responsabile della formazione della "Fossa del Campidano".

Durante questa fase all'interno del Campidano si verifica un ulteriore accumulo di sedimenti, mentre ai suoi bordi più settentrionali si sviluppano altri cicli di attività vulcanica con l'emissione di lave trachitiche, dacitiche, riolitiche ed andesitiche prima (complesso vulcanico del M.te Arci) e lave basaltiche, in grossi espandimenti e colate, successivamente.

Questa attività vulcanica che ha inizio dal Pliocene medio si è protratta presumibilmente sino al Pleistocene.

Tra le manifestazioni di maggior rilievo c'è sicuramente il massiccio del M.te Arci che, costituito prevalentemente da lave riolitiche, rappresenta quella più importante dal punto di vista strutturale.

Nell'era Quaternaria si hanno formazioni continentali relative ai depositi di pendio ed ai depositi alluvionali di fondovalle dei corsi d'acqua.

In queste formazioni si possono distinguere le alluvioni antiche terrazzate costituite da ghiaie e ciottoli di rocce cristalline (graniti, gneiss, lave, ecc.) in matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa di colore bruno rossastro di età pleistocenica e depositi più recenti corrispondenti ai depositi attuali di fondovalle che sono costituiti da sedimenti alluvionali incoerenti per lo più sabbioso-limosi di età olocenica.

I depositi alluvionali antichi e recenti occupano tutta l'area subpianeggiante, mentre i depositi di pendio si trovano sui versanti dei rilievi più elevati dove si estendono con una fascia stretta ed allungata parallelamente ai versanti.

In definitiva si tratta del grande cono di deiezione del Tirso che caratterizza la piana costiera del Campidano di Oristano interamente costituita da depositi fluviali e di piana alluvionale del Fiume Tirso, impostatisi nel corso di più cicli durante il Quaternario.

L'ampia conoide si sviluppa in varie Unità deposizionali, impostate a quote differenti e terrazzate, quale espressione morfologica di processi deposizionali ed erosivi indotti dalle variazioni eustatiche del livello marino e dei fattori paleoclimatici.

Il carattere geologico della piana alluvionale, dominata da sedimenti detritici Plio Pleistocenici a granulometria variabile, è rappresentato dalla poligenicità della natura mineralogico-petrografica della frazione clastica ad elevato grado di elaborazione.

Nei sedimenti predominano i clasti di quarzo di origine metamorfica e di elementi granitoidi e subordinatamente clasti di natura vulcanica costituiti da ignimbriti e basalti.

## **5. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO**

La morfologia dell'area è subpianeggiante, con quote sul livello del mare generalmente comprese tra 10-20 metri.



Le forme del rilievo terrestre sono fortemente condizionate dalla natura litologica delle formazioni affioranti, dalla loro età, e dai processi climatici che si sono susseguiti e nei quali si è manifestata l'azione erosiva prodotta dagli agenti esogeni, determinando così le condizioni che hanno modellato le rocce e che hanno dato origine a quei processi geomorfologici che caratterizzano il territorio.

Le caratteristiche morfologiche dell'area, rappresentate dalle planimetrie allegate, e ricavate da osservazioni di campagna hanno evidenziato l'assenza di ulteriori forme di particolare interesse.

Nell'area in esame risulta rilevante anche l'intervento morfologico attuato dall'uomo, che si è esplicato principalmente con interventi di bonifica idraulica ma è tangibile anche dalla presenza di numerose cave.

La zona interessata dalle opere ricade tra l'ampia distesa subpianeggiante del Campidano e la fascia più bassa delle conoidi di deiezione. Questo settore, dove affiorano i depositi più recenti, è caratterizzato da terreni subpianeggianti che risalgono gradualmente verso Est.

L'azione degli agenti morfogenetici in tutta quest'area è limitata a scarsi fenomeni di ruscellamento diffuso delle acque superficiali.

L'azione dovuta alla dinamica fluviale è nulla in quanto i corsi d'acqua sono incanalati.

Ampie conoidi di deiezione, presenti alla base dei rilievi, raccordano la morfologia piatta della pianura del Campidano con l'apparato vulcanico del M.te Arci. Le conoidi, dalla caratteristica forma a ventaglio, sono costituite da accumuli detritici che testimoniano processi erosivi non più in atto, che hanno interessato i rilievi vulcanici.

In queste aree si rilevano principalmente dei fenomeni di ruscellamento diffuso, dovuti all'azione delle acque meteoriche che raggiungono i compluvi e gli alvei dei corsi d'acqua senza incidere il terreno dei versanti.

## 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nell'area di pianura il sistema idrografico è fortemente influenzato dagli interventi di bonifica idraulica avvenuti nel corso degli anni, in particolare la bonifica integrale di Terralba, iniziata nel 1921 ad opera della Società di Bonifiche Sarde. In quella occasione venne effettuato il prosciugamento dello Stagno di Sassu, come pure di parecchi altri stagni ed acquitrini, venne effettuata la deviazione del Rio Mogoro e venne costituito un sistema di 191 km di canali di irrigazione.

Il sistema idrografico è costituito principalmente da canali artificiali, in generale con direttrice N-S, e da corsi d'acqua i cui alvei sono stati incanalati o comunque deviati e/o rettificati.

Importante è il Canale Acque alte che scorre con direttrice N-S, in alcuni tratti il suo tracciato segue un percorso quasi meandriforme.

Per l'area di interesse, le caratteristiche idrogeologiche sono state definite in base alle caratteristiche litologiche e di permeabilità.

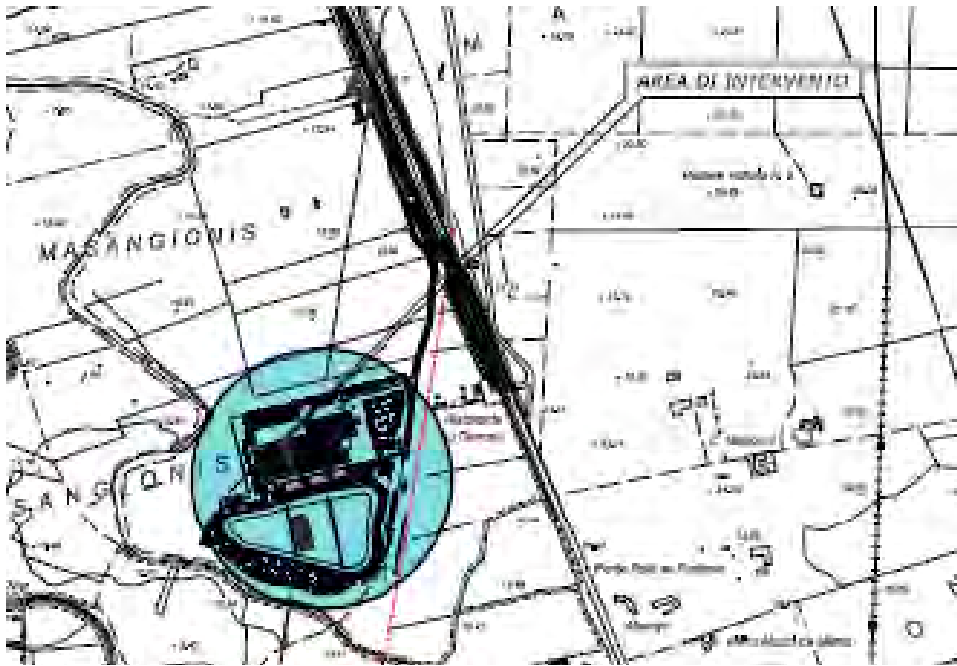
I terreni presenti in affioramento risultano permeabili per porosità, con permeabilità modesta trattandosi di terreni di copertura, a medio-elevata componente argillosa.

Tuttavia relativamente al complesso alluvionale si rilevano notevoli variazioni della permeabilità, sia in senso verticale che in senso orizzontale.

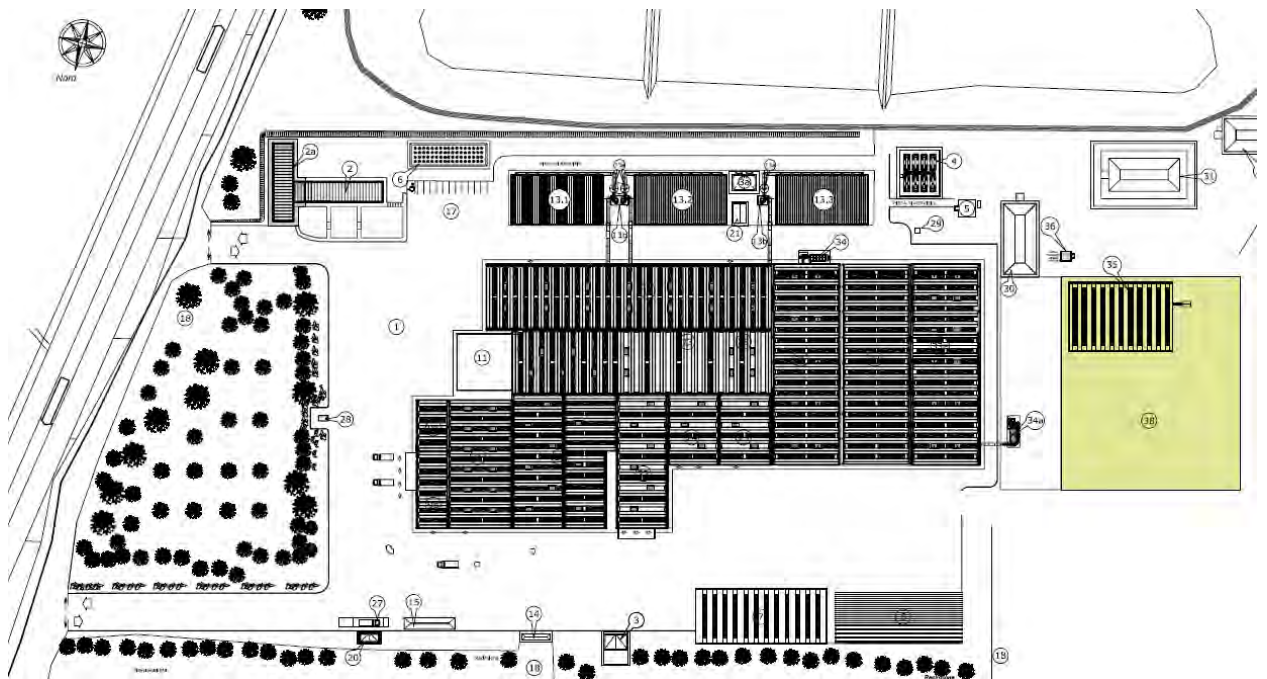
Non si rilevano nell'area, manifestazioni sorgentizie degne di nota.

## 7. INTERVENTO IN PROGETTO

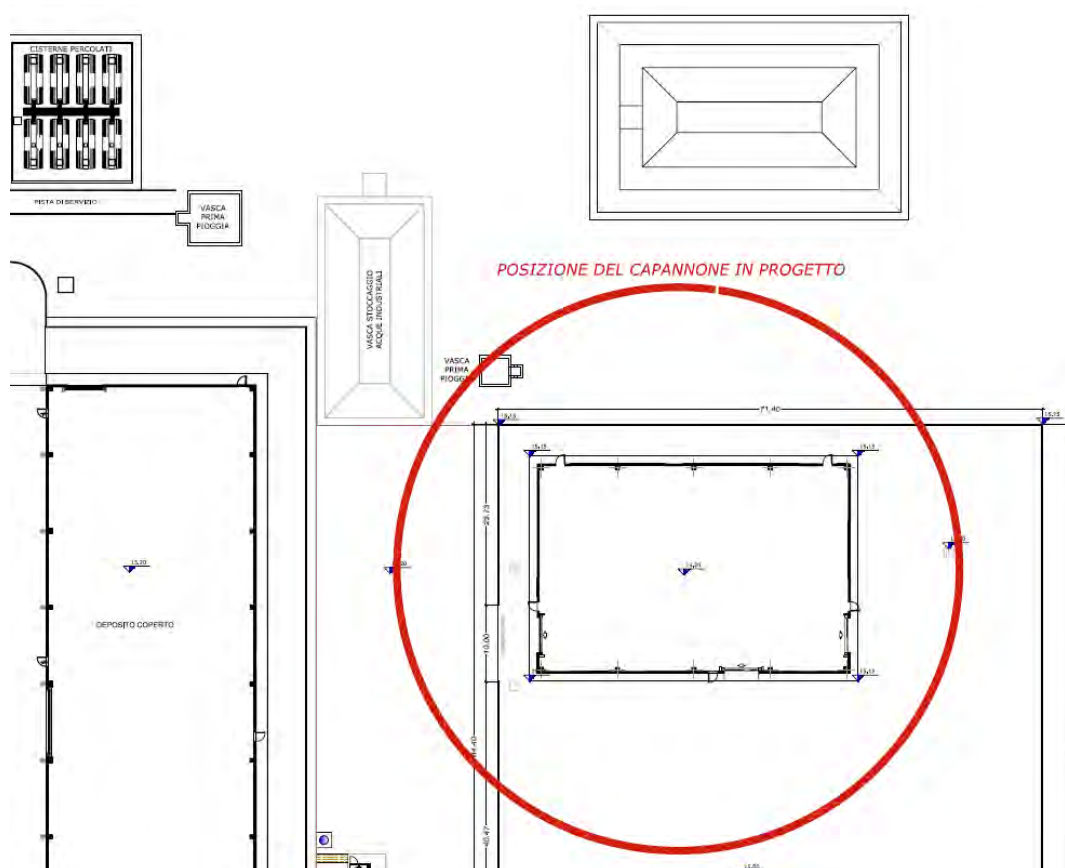
Il progetto in analisi prevede la realizzazione di un capannone, di ingombro pari a circa 25 x 40 m; non è prevista la realizzazione di vani interrati. Dal punto di vista fondazionale sono state ipotizzate fondazioni a plinti quadrati di dimensioni 2.2 x 2.2 m e travi portapannello.



Inquadramento geografico dell'area di intervento



Stralcio planimetria generale con evidenziazione dell'area di intervento



Posizionamento del capannone in progetto

## 8. SPECIFICHE INERENTI IL PROGETTO

In ottemperanza alle leggi vigenti in materia, sono state definite le specifiche inerenti l'intervento di seguito riportate, che comunque dovranno essere verificate dal progettista e dallo strutturista.

### Tipo di costruzione e vita nominale $V_N$

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale $V_N$
Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale	$\geq 50$
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Ai fini della valutazione della sicurezza e più nello specifico della pericolosità sismica, le strutture sono state considerate opere ordinarie, dunque in classe d'uso II, con una vita nominale  $\geq 50$  anni.

#### Azioni sismiche e Classi d'uso $C_u$

La normativa definisce quattro classi di costruzioni in base al loro utilizzo (Classe d'uso - art. 2.4.2) a cui si associa un coefficiente d'uso ( $C_u$ ) come mostrano le Tabelle seguenti (estratte da NTC 2008).

<b>Classe d'uso</b>	
<b>Classe I</b>	Presenza occasionale di persone, edifici agricoli
<b>Classe II</b>	Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente [...]
<b>Classe III</b>	Affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti con attività particolarmente pericolose per l'ambiente
<b>Classe IV</b>	Funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente [...]

<b>Classe d'uso</b>	I	II	III	IV
<b>Coefficiente <math>C_u</math></b>	0,7	1,0	1,5	2,0

#### Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_r$

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento ( $V_r$ ).

Il periodo di riferimento si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_u$  :

$$V_r = V_N \times C_u$$

Le azioni sismiche da considerare devono essere riferite ad un periodo di riferimento  $V_r$  ricavato dal prodotto tra la vita nominale  $V_N$  ed il coefficiente d'uso  $C_u$

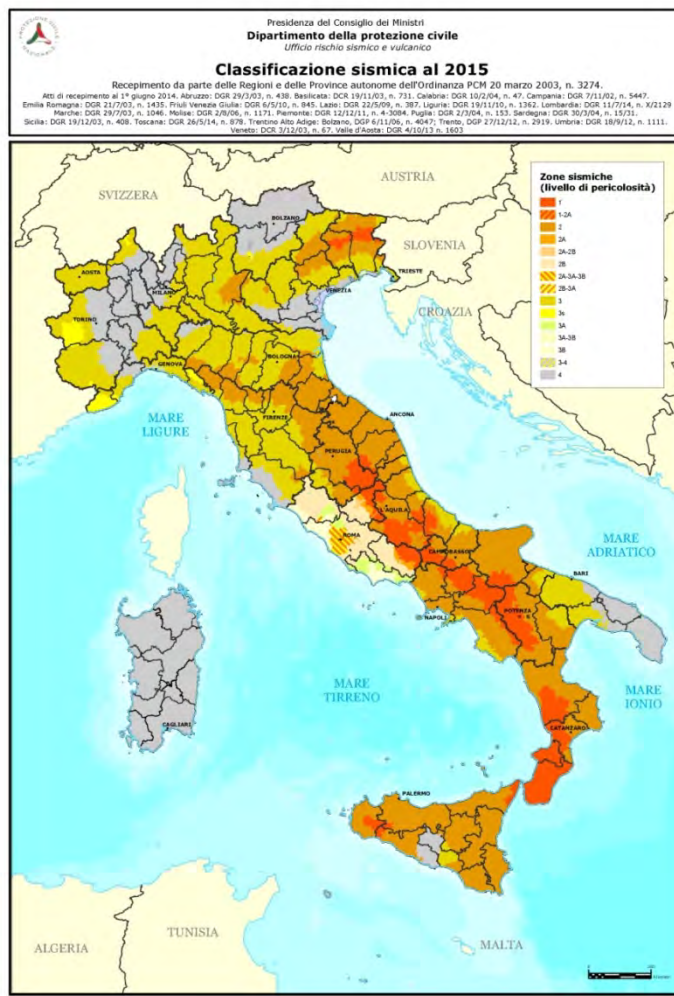
$$V_r = 50 (V_N) \times 1(C_u) = 50$$

## 9. ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITA'

L'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 classifica l'intero territorio nazionale dal punto di vista sismico, attribuendo al Comune di Arborea la zona 4.

A tale zona corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni inferiore a 0,05 (ag/g). Questo si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,05 (ag/g) riferita a suoli molto rigidi.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a <sub>g</sub> /g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a <sub>g</sub> /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-015	0,15
4	<0,05	0,05



Classificazione sismica del territorio nazionale al 2015

- Zona 1 - È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Comprende 708 Comuni o porzioni di essi per i quali  $[ag/g] \geq 0,25g$ .
- Zona 2 - Nei 2.345 Comuni o porzioni di essi per i quali  $0,25g > [ag/g] \geq 0,15g$  possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- Zona 3 - Nei 1.560 Comuni o porzioni di essi per i quali  $0,15g > [ag/g] \geq 0,05g$  possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- Zona 4 - È la meno pericolosa. Nei 3.488 Comuni o porzioni di essi per i quali  $[ag/g] < 0,05g$  le possibilità di danni sismici sono basse.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito d'intervento, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Il territorio del Comune in argomento e tutta la Sardegna, come sopra riportato, è classificato in Zona 4 come zona sismica di riferimento, caratterizzata da un valore  $ag$  dell'accelerazione massima al suolo con probabilità di superamento al 10% in 50 anni pari a  $ag = 0.05g$ .

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali ed una verticale

A seconda delle diverse categorie di suolo ed in ordine all'amplificazione stratigrafica sono da considerare i seguenti Coefficienti  $S_s$  e  $S_c$

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	$S_s$	$S_c$
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_o \cdot ag/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T^*c) - 0.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot ag/g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T^*c) - 0.33$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_o \cdot ag/g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T^*c) - 0.50$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_o \cdot ag/g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T^*c) - 0.40$

I valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico per il calcolo delle azioni sismiche orizzontali secondo le Norme tecniche per le costruzioni sono quelli di seguito indicati :

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	S	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>
A B C D E	1	0.05	0.15	1

dove S è il fattore amplificativo e T<sub>B</sub>, T<sub>C</sub> e T<sub>D</sub> sono i tempi (durate) relativi ai vari tratti dello spettro di risposta corrispondente a ciascuna categoria di profilo stratigrafico.

## 10. CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La normativa sismica vigente evidenzia, per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidità sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio V<sub>sh</sub> all'interno delle coperture.

I valori dei parametri che definiscono la forma dello spettro di risposta al sito dovrebbero derivare da accurate indagini di risposta sismica locale: in mancanza di tali studi nelle Norme tecniche per le costruzioni si definiscono per questo aspetto cinque (A, B, C, D, E) più due (S1, S2) categorie di suolo di fondazione a diversa rigidità sismica, caratterizzate da velocità Vs30 (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti:

CATEGORIA	DESCRIZIONE
Suolo A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di VS <sub>30</sub> (velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio) superiori a 800 m/sec, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m
Suolo B	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 Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N <sub>SPT,30</sub> > 50 nei terreni a grana grossa e c <sub>u,30</sub> > 250 kPa nei terreni a grana fine).
Suolo C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di mediaconsistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (15 < N <sub>spt</sub> < 50, 70 < c <sub>u</sub> < 250 kPa).
Suolo D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/sec (N <sub>spt</sub> < 15, c <sub>u</sub> < 70 kPa).
Suolo E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali caratterizzati da valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/sec.



In aggiunta a queste due categorie, per le quali le norme definiscono le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

CATEGORIA	DESCRIZIONE
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $I_p > 40$ ) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/sec
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite, da precedenti esperienze in aree limitrofe e dalle indicazioni bibliografiche è stato possibile stimare la categoria sismica di suolo.

In particolare il suolo di fondazione può essere assimilato alla Categoria **C**

#### Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella seguente tabella (NTC 2008) in funzione delle categorie morfologiche e dell'ubicazione dell'intervento :

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	$S_T$
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

L'intervento in progetto è posto in corrispondenza di una superficie subpianeggiante, pertanto viene assegnato un valore di  $S_T$  pari a 1.0.

La progettazione delle fondazioni riguarda generalmente anche la verifica nei confronti della liquefazione e della stabilità globale. Nel caso in questione tuttavia, vista la struttura litostratigrafica del sito, la verifica nei confronti della liquefazione può essere omessa non avendo riscontrato la presenza di terreni granulari sabbiosi saturi.

## 11. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) prevedono l'assegnazione dei valori necessari per la determinazione delle azioni sismiche in ogni sito considerato, in particolare:

$a_g$  = accelerazione massima orizzontale del sito;

$F_0$  = 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.

Pertanto tutto il territorio comunale in argomento, come tutta la Sardegna, è collocato in zona sismica 4, con parametri sismici per periodi di ritorno di riferimento  $T_r$ , riportati nella seguente tabella:

Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0,019	2,610	0,273
Danno (SLD)	50	0,024	2,670	0,296
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,050	2,880	0,340
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,060	2,980	0,372
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

**CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI**

Muri di sostegno
  Paratie  
 Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>Ss *</b> Amplificazione stratigrafica	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>
<b>Cc *</b> Coeff. funz categoria	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>
<b>St *</b> Amplificazione topografica	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 30px;" type="text" value="1,00"/>

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,004	0,005	0,010	0,012
kv	0,002	0,002	0,005	0,006
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,182	0,230	0,490	0,591
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

\* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

Determinazione dello Stato Limite ([www.geostru.it](http://www.geostru.it))

## 12. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I. SARDEGNA

Nell'ambito della perimetrazione P.A.I., l'area in argomento non risulta insistere in aree a pericolosità e rischio idraulico e/o geomorfologico.

Il sito ricade nel Sub-Bacino n. 2 "Tirso" del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna.

## 13. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Alla ricerca bibliografica preliminare, che ha visto la consultazione della cartografia tematica disponibile, e al rilievo geologico di dettaglio, esteso ad un intorno ritenuto significativo rispetto all'area di futuro intervento, sono state affiancate indagini dirette, finalizzate alla verifica delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, realizzate nel Novembre 2016 in corrispondenza esatta dell'ingombro del futuro fabbricato.

La campagna di indagini geognostiche è consistita in :

- N.4 Prove Penetrometriche Dinamiche
- N.4 Pozzetti geognostici
- Determinazioni di laboratorio.

L'ubicazione delle indagini è riportata nella allegata planimetria.

Le prove penetrometriche eseguite sono del tipo DPM (Dynamic Probing Medium), e la disposizione è stata scelta in maniera da avere un quadro significativo dell'area.

Le prove penetrometriche sono state eseguite con l'impiego di un penetrometro dinamico medio DPM (Dynamic Probing Medium secondo la Classificazione ISSMFE del 1988) Tecnotest T639, munito di dispositivo automatico di caricamento del maglio ed altezza di caduta fissa.

La prova penetrometrica ha consentito, mediante un sistema automatico di infissione delle aste e la contemporanea lettura del numero dei colpi, il riconoscimento delle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati e di conseguenza l'individuazione dei parametri geomeccanici propri dei terreni analizzati.

La prova consiste nell'infiggere nel terreno sino a rifiuto strumentale una sequenza di aste filettate, ciascuna di lunghezza pari a 1.0 m, del diametro di 20 mm e del peso di 2.4 Kg cadauna.

La punta di infissione utilizzata é del tipo "a recupero" , del diametro di 3.56 mm, sezione di 10 cm<sup>2</sup> ed angolo di punta pari a 60° .

In ordine alla comparazione con il penetrometro standard (SPT), il numero dei colpi del penetrometro in oggetto N 639 per infissione di 10 cm corrisponde mediamente al numero di colpi N<sub>spt</sub> per infissioni di 30 cm.

Pertanto si utilizza la seguente relazione:

$$0.85 N_{spt(30)} < N_{639(10)} < 1.15 N_{spt(30)}$$

Mediamente si può porre pertanto  $N_{639(10)} \cong N_{spt(30)}$

Le prove in argomento sono state eseguite sino al raggiungimento delle profondità interessate dalle fondazioni.

Nella seguente tabella si riepilogano le profondità raggiunte dalle prove penetrometriche mentre in allegato si riportano i diagrammi penetrometrici.

Prova Penetrometrica	Profondità (m da p.c.)
DPM1	2.6
DPM2	2.4
DPM3	2.7
DPM4	2.5

Con l'ausilio di un escavatore meccanico sono stati realizzati N.4 saggi geognostici disposti secondo l'ubicazione riportata nella allegata planimetria.

Nella seguente tabella si riepilogano le profondità raggiunte dai saggi.

Pozzetto geognostico	Profondità (m da p.c.)
Pz1	2.0
Pz2	2.0
Pz3	2.3
Pz4	1.9

Nelle stratigrafie e nella documentazione fotografica allegate, sono evidenziate tutte le informazioni circa le variazioni litologiche, mentre nei diagrammi delle prove penetrometriche si evidenzia il numero dei colpi registrato dallo strumento, in relazione alle diverse profondità dal p.c.

Al fine di approfondire nel dettaglio le caratteristiche fisico meccaniche dei terreni, su alcuni campioni prelevati nel corso dei pozzetti geognostici sono state eseguite le seguenti determinazioni :

- N.4 Analisi granulometriche e Classificazioni CNR UNI con Determinazione del Peso specifico, Peso di Volume e Umidità naturale
- N.2 Prove di taglio diretto

Ai fini della caratterizzazione del volume significativo è stata presa in considerazione l'indagine geognostica eseguita nel 2006 e più nel dettaglio il Sondaggio N.3 spinto sino alla profondità di 28.0 m dal p.c..

Di seguito si riporta la descrizione stratigrafica, da cui si evince la localizzazione della Falda (9.10 m) ed i valori di S.P.T. (Standard Penetration Test).

#### 14. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Le prove eseguite hanno consentito di ricostruire un assetto stratigrafico caratterizzato da una sottile coltre superficiale di terreno vegetale, di spessore raramente superiore a 0.2÷0.3 m (Unità 1).

Successivamente si rinviene un orizzonte sabbioso e limoso sabbioso mediamente addensato anch'esso di modesto spessore 0.2÷0.3 m (Unità 2).

A seguire è presente un livello ghiaioso parzialmente cementato, poligenico ed eterometrico in matrice prevalentemente sabbiosa sino a 1.2÷1.5 m da p.c., contraddistinto da buone caratteristiche geotecniche (Unità 3).

In profondità si rinviene sabbia bene addensata, di colore giallognolo, caratterizzata da buoni parametri geotecnici (Unità 4).

Tale caratterizzazione litostratigrafica consente di definire il modello geologico e geotecnico del sito, attribuendo, con l'ausilio delle indagini geognostiche e delle determinazioni di laboratorio, i seguenti parametri caratteristici :

Unità	Profondità [m da p.c.]	Litologia	N <sub>spt</sub>	$\phi$ [°]	$\gamma_n$ [t/m <sup>3</sup> ]	E <sub>y</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0.0÷0.2	Terreno vegetale				
2	0.2÷0.6	Sabbia	20-40	28-30	1.70-1.90	300-500
3	0.6÷1.2	Ghiaia	30-50	32-38	1.70-1.90	400-600
4	1.2÷10.0 e più	Sabbia	20-50	30-35	1.70-1.90	400-500

N<sub>spt</sub> = N. colpi per l'avanzamento della punta penetrometrica per intervalli di 30 cm (Comparazione DPM SPT standard)

$\phi$  = Angolo di attrito interno

E<sub>y</sub> = Modulo elastico

$\gamma_n$  = Peso di volume naturale

GEOCONSULT S.r.l.		Committente: CONSORZIO INDUSTRIALE DI ORISTANO		SONDAGGIO		
Via Mozart, 3 09045 - QUARTU S.E. Tel / Fax 070 - 613936		Cantiere: IMPIANTO TRATTAMENTO R.S.U.		S.3		
		Località: ARBOREA		quota m 16,20		
		Data Inizio: 08.03.2006		Data Fine: _____		
Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Falda	N° colli SPT	Campioni
	0,50		Suolo argilloso grigio-verde scuro			
1	1,50		Ghiaia e sabbia in matrice limosa-argillosa nocciola	8	11 10	
2			Sabbia fine bruna incoerente con intercalate lenti microclottose			
3	3,00			17	18 18	
4			Limo debolmente legato color nocciola, sovraconsolidato			
5	4,50			22	23 24	
6			Sabbia conglomeratica a legante limo-argilloso bruno, addensata, compatta			
7						
8	7,50		Ghiaietto in matrice sabbiosa-limosa			
9	8,50			9,10		
10						
11						
12						
13						
14			Sabbia incoerente o debolmente coesiva color ocra, con rari ciottoli			
15						
16						
17						
18						
19	19,00					
20	20,00		Limo grigio-verde saturo			
21			Limo grigio-verde via più scuro con detriti di bravi di ambiente pelustre, normale consolidato			
22	22,00					
23	23,00		Limo grigio scuro con detrito conchigliare, saturo molle			
24	23,70		Sabbia grigia limosa satura			
25	24,20		Argilla grigio-verde sovraconsolidata, compatta			24,00
26	24,50		Sabbia argillosa			24,30
27	25,00		Argilla grigio-verde sovraconsolidata, compatta			
28	25,80		Sabbia grigia con detrito conchigliare, satura			
29						25,10
30						26,40
31	28,00		Argilla grigio-verde compatta			27,30
						27,60

Sondaggio N.3 - Indagine geognostica eseguita nel 2006

## 15. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

I risultati dell'indagine geognostica consentono di avere un quadro attendibile circa la conformazione dei terreni di fondazione presenti in corrispondenza delle opere da realizzare.

I pozzetti geognostici e le prove penetrometriche sono state eseguite su un piano precedentemente regolarizzato, quotato mediamente 14.8 m s.l.m..

In considerazione dell'ampiezza dell'area e della morfologia preesistente, tale regolarizzazione ha comportato in alcuni settori lo sbancamento ed in altri del riporto artificiale.

L'esecuzione dei pozzetti geognostici con le successive analisi di laboratorio hanno permesso di determinare le caratteristiche stratigrafiche e granulometriche dei terreni, mentre le prove penetrometriche sono state utili per la determinazione dello stato di addensamento delle formazioni incontrate.

Sui campioni sotto specificati, sono state eseguite delle analisi granulometriche con Classificazione CNR UNI al fine di determinare alcune caratteristiche fisiche dei terreni di fondazione.

Nella seguente tabella si riepilogano i risultati ottenuti :

QUADRO SINOTTICO DEI RISULTATI						
		POZZETTO GEOGNOSTICO	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4
		Profondità prelievo m da p.c.	1,50	1,00	1,40	1,20
<b>DETERMINAZIONE</b>						
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	%		4,8	3,9	5,0	4,2
PESO DI VOLUME NATURALE	g/cmc		1,87	2,10	1,91	2,03
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	g/cmc		2,55	2,53	2,51	2,56
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL		28	22	27	21
LIMITE DI PLASTICITA'	LP		19	16	18	16
INDICE DI PLASTICITA'	IP		9	6	9	5
INDICE DI GRUPPO	IG		0	0	0	0
CLASSIFICAZIONE CNR UNI			A2-4	A1-a	A2-4	A1-a
PROVA DI TAGLIO DIRETTO	$\phi'$	(°)	28,0		29,5	
	$c'$	(kPa)	10		5	



## 16. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

Secondo le NTC (D.M. 14/01/2008) la sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata. In particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera. Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso.

- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio. Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Le opere strutturali devono essere verificate:

- per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni;

- per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

Le verifiche di sicurezza delle opere devono essere contenute nei documenti di progetto, con riferimento alle prescritte caratteristiche meccaniche dei materiali e alla caratterizzazione geotecnica del terreno, dedotta in base a specifiche indagini.

La determinazione della capacità portante limite è stata effettuata impiegando i parametri geotecnici derivanti dalle indagini geognostiche in situ ed in laboratorio (valori meno favorevoli a favore della sicurezza).

Le ipotesi progettuali adottate sono le seguenti :

- applicazione di carico verticale centrato
- fondazione isolata su plinto m 2.2 x 2.2
- profondità di incastro della fondazione isolata m 2.0 da p.c.

Le verifiche di sicurezza per gli stati limite ultimi (SLU) richiedono il rispetto della seguente condizione :

$$E_d \leq R_d$$

dove

$E_d$  è il valore di progetto dell'azione (o dell'effetto delle azioni)

$R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (ovvero la sua capacità portante)

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione (Combinazione 1) è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione (Combinazione 2) è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Il calcolo della capacità portante limite è stato eseguito mediante il metodo di Brinch-Hansen.

La tabella di seguito riportata contiene i dettagli di calcolo della capacità portante allo stato limite di salvaguardia della vita SLV che dovrà essere confrontata dal progettista della struttura con l'azione  $E_d$  per verificare il rispetto della suddetta disuguaglianza .

<b>Approccio progettuale</b>	<b>Larghezza fondazione [m]</b>	<b>Capacità portante limite [kg/cm<sup>2</sup>]</b>	<b>Resistenza Rd [Ton]</b>
1 - Combinazione 1 (STR) A1+M1+R1	2,2	6,57	318,0
1 - Combinazione 2 (GEO) A2+M2+R2	2,2	1,97	95,3
2 - Combinazione 1 (STR+GEO) A1+M1+R3	2,2	2,86	138,4

Sebbene la più recente normativa settoriale abbia sostituito l'approccio nel calcolo geotecnico, da una modalità alle cosiddette Tensioni Ammissibili (D.M.LL.PP. 11/03/1988, applicabile solo nella Zona sismica 4 e solo per alcune tipologie di edifici, a quella agli Stati Limite (D.M. II. e TT. 14/08/2008 "Norme Tecniche sulle Costruzioni", obbligatoria nelle zone sismiche 1, 2 e 3 e per edifici di classe 1 e 2), si ritiene possa risultare utile per un confronto tra i risultati cui i diversi metodi perverranno, e sui quali e naturalmente maturata una diversa sensibilità ed esperienza da parte degli operatori, l'esecuzione delle elaborazioni con entrambi i metodi.

Ogni calcolo e verifica, sia di tipo geotecnico che strutturale, dovrà quindi essere basata esclusivamente sul metodo agli stati limite e non su quanto contenuto nel paragrafo che segue, che vuole avere esclusivamente carattere orientativo e di collegamento con il metodo maggiormente utilizzato nel territorio in esame fino a pochi mesi prima della redazione del presente elaborato.

Ciò premesso, il terreno di fondazione deve essere in grado di sopportare il carico trasmesso dalla costruzione su di esso gravante, senza che si verifichi una rottura per taglio. Inoltre i cedimenti provocati dal carico trasmesso devono essere tali da non compromettere l'integrità della struttura.

Il calcolo della resistenza limite al taglio, o capacità portante ultima,  $q_{ult}$ , è stato effettuato tenendo conto che le prescrizioni sulla capacità portante ammissibile ( $q_{amm}$ ) per le fondazioni superficiali impongono un fattore di sicurezza minimo pari a 3 (D.M. LL. PP. 11/03/1988, art. C.4.2).

Sulla base di tali premesse e delle informazioni fornite dalla Committenza, i calcoli geotecnici sono stati impostati considerando fondazioni a plinti quadrati di lato pari a 2.2 m, impostati alla profondità di circa 200 cm da p.c.

Per il calcolo, ci si è avvalsi della Formula di Brinch-Hansen, utilizzando cautelativamente il valore di 0 in corrispondenza della Coesione non drenata e  $26^\circ$  come valore di Angolo di attrito interno.

Il valore ottenuto in merito alla capacità portante ammissibile e già depurato del fattore di sicurezza 3, risulta uguale a  $3.1 \text{ Kg/cm}^2$ .

Per quanto riguarda i cedimenti, questi ultimi saranno in assoluto immediati e limitati se non assenti, comunque compatibili con la tipologia di opere in progetto, soprattutto se si considera che la sostanziale omogeneità litostratigrafica evita la possibilità che si sviluppino cedimenti differenziali strutturalmente pericolosi.

## 17. CONCLUSIONI

Dal rilievo geologico di superficie e dalle indagini eseguite, è stato possibile ricavare il quadro geologico tecnico dell'area studiata.

Le verticali di indagine hanno evidenziato la presenza di orizzonti sabbiosi e ghiaiosi discretamente addensati. Con l'aumentare della profondità si rileva un miglioramento delle caratteristiche geotecniche con conseguenti parametri geotecnici medio buoni.

Geologicamente il sito in studio si presenta sicuro e privo di alcun fenomeno di instabilità in atto, o potenzialmente derivabile dalla realizzazione dell'intervento in progetto.

Il progetto in esame non evidenzia allo stato attuale controindicazioni specifiche in merito agli aspetti geologici in generale ed altrettanto in rapporto alla stratigrafia, all'assetto strutturale, alla geomorfologia e all'idrogeologia.

Non esiste una copertura pedologica che possa essere compromessa dall'insediamento delle opere previste.

Non sono presenti affioramenti di interesse geologico tale da poter essere inquadrati nella categoria "monumenti geologici" e come tali da sottoporre a salvaguardia.

Dal punto di vista idrogeologico non si rilevano interferenze degne di nota ed il tipo di intervento previsto non interessa falde acquifere profonde. Durante le fasi di indagine non è stata rilevata la presenza della falda idrica, localizzata a circa 9-10 m dal p.c. a profondità tali da non interferire con le fondazioni.

I terreni presenti entro l'area di interesse, sono dotati di una caratterizzazione geotecnica discreta, che tuttavia può essere considerata più che sufficiente, sia per quanto attiene alla capacità portante, sia per quanto riguarda i cedimenti.

Si ha pertanto ragione di ritenere che i terreni presenti offrano discrete caratteristiche geotecniche e possano garantire un buon appoggio dei manufatti in progetto.

Il lavoro eseguito ha consentito la determinazione delle caratteristiche geologiche dei terreni presenti nell'area, al fine di poter meglio indirizzare la soluzione progettuale delle strutture.

Sulla base di quanto sopra specificato, si ritiene che le opere previste dal Progetto sono fattibili sotto il profilo geologico, geotecnico e idrogeologico.

La valutazione di tutti gli elementi raccolti nell'area in esame, nonché i risultati dell'indagine geognostica condotta, integrata da dati già noti precedente acquisiti in aree limitrofe confermano la presenza nel lotto in esame di terreni con buone caratteristiche geomeccaniche, in grado pertanto di adottare per il trasferimento del carico sul terreno una fondazione di tipo superficiale.

Cagliari, Dicembre 2016

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Pozzetto geognostico N. 1	
Profondità in m da p.c.	Descrizione
0,0 ÷ 0,1	Terreno vegetale nerastro rimaneggiato
0,1 ÷ 0,4	Sabbia limosa di colore marrone grigiastro, talora con piccoli frammenti lapidei eterometrici poligenici, discretamente addensata
0,4 ÷ 1,2	Ghiaia in abbondante matrice sabbioso limosa, con elementi eterometrici e poligenici, colore marrone grigiastro, discretamente addensata
1,2 ÷ 2,0	Sabbia limosa di colore marrone ocra, moderatamente addensata


Pozzetto geognostico N. 2	
Profondità in m da p.c.	Descrizione
0,0 ÷ 0,2	Terreno vegetale nerastro rimaneggiato
0,2 ÷ 0,4	Sabbia limosa di colore marrone chiaro, moderatamente addensata, a tratti rari litoidi irregolari centimetrici
0,4 ÷ 1,0	Ghiaia in matrice sabbioso limosa di colore marrone chiaro, addensata
1,0 ÷ 2,0	Sabbia limosa di colore marrone ocra, ben addensata





Pozzetto geognostico N. 3	
Profondità in m da p.c.	Descrizione
0,0 ÷ 0,1	Terreno vegetale nerastro rimaneggiato
0,1 ÷ 0,6	Limo sabbioso di colore nocciola chiaro, debolmente consistente
0,6 ÷ 1,2	Ghiaia in matrice sabbioso limosa di colore marrone chiaro, addensata
1,2 ÷ 2,3	Sabbia limosa di colore marrone ocra, ben addensata



Pozzetto geognostico N. 4	
Profondità in m da p.c.	Descrizione
0,0 ÷ 0,1	Terreno vegetale nerastro rimaneggiato
0,1 ÷ 0,6	Limo sabbioso di colore nocciola chiaro, debolmente consistente, con rara ghiaia eterometrica poligenica
0,6 ÷ 1,9	Ghiaia in matrice sabbioso limosa di colore marrone oca, addensata

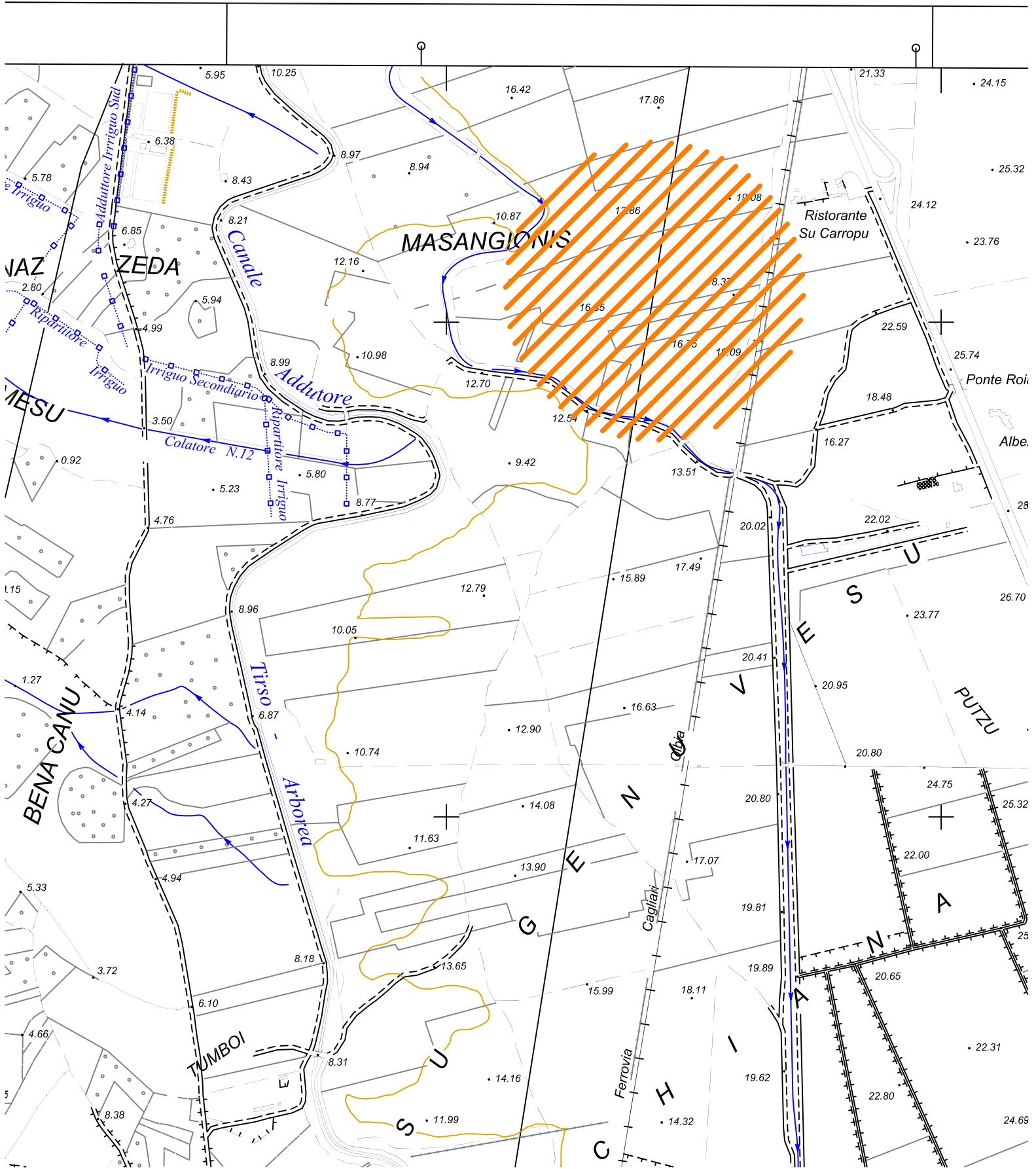


# Ubicazione dell'area

Scala 1 : 10.000

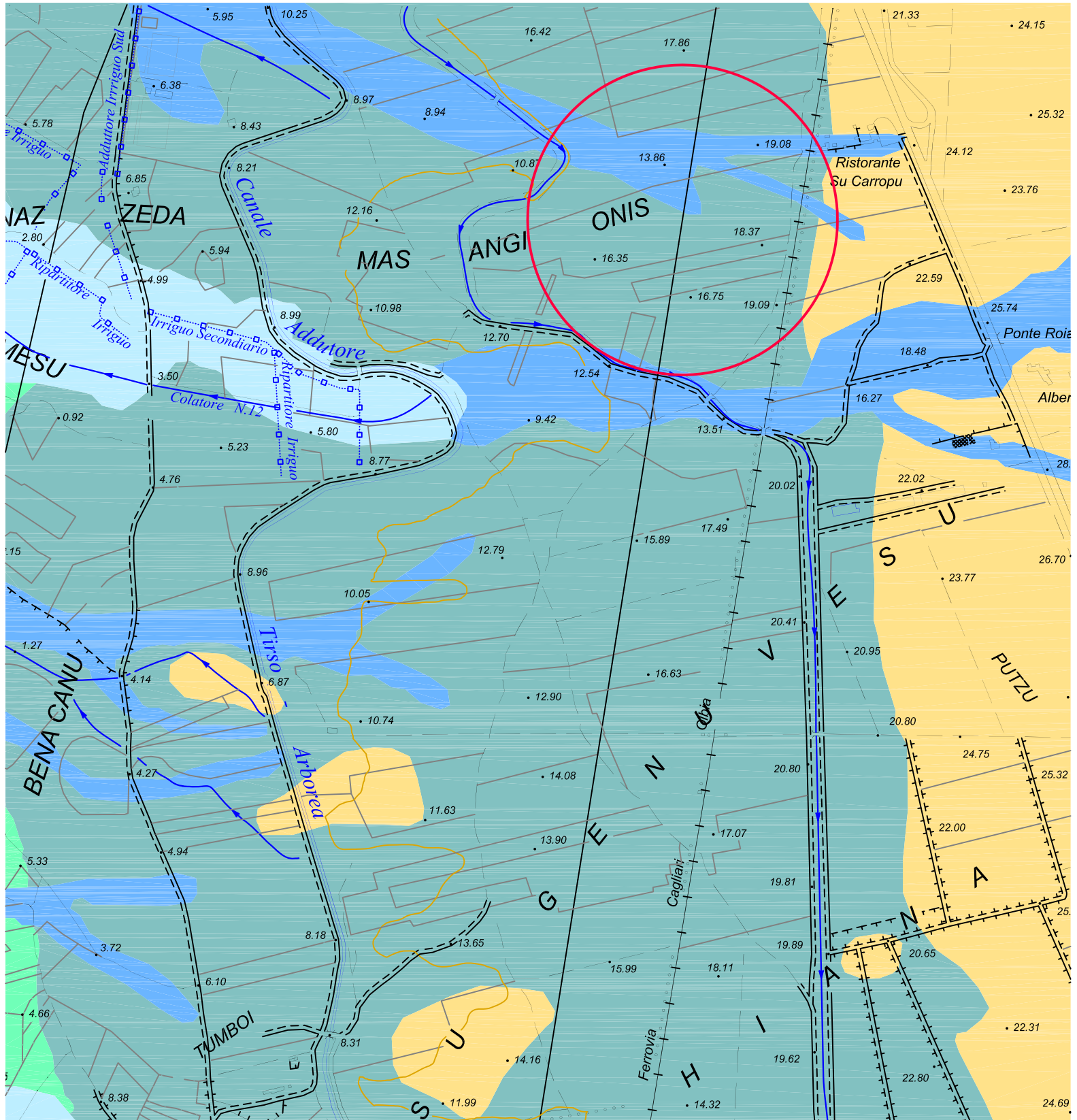


CARTA TECNICA REGIONALE  
NUMERICA  
SEZIONE N° 538040  
MARRUBIU



# CARTA GEOLOGICA

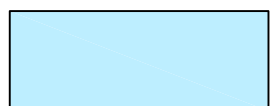
Scala 1 : 10.000



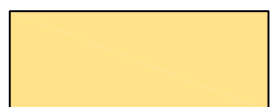
# LEGENDA



Alluvioni sabbiose da medie a medio-fini con matrice limoso-argillosa, rari limi  
OLOCENE - ATTUALE



Argille poco addensate di ambiente palustre e lagunare con abbondanti resti di conchiglie  
OLOCENE



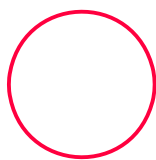
Depositi a ciottoli di basalti, rioliti, andesiti e ignimbriti con matrice limoso-argillosa  
PLEISTOCENE SUP. - OLOCENE



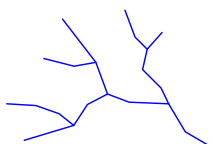
Alluvioni ghiaiose e sabbiose da medie a grossolane con matrice siltoso-argillosa  
PLEISTOCENE SUP.



Alluvioni a ciottoli poligenici e sabbie con matrice siltosa in alternanza a livelli limoso-sabbiosi  
PLEISTOCENE MEDIO



Ubicazione dell'area di intervento



Reticolo idrografico

## ANALISI GRANULOMETRICA

UNI EN 933-1:1999

Certificato N. <sup>No</sup> 11427  
Data: 06/12/2016

Committente: Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione dell'Oristanese - (OR)  
Cantiere: Impianto di trattamento rifiuti solidi urbani - Realizzazione delle aree di stoccaggio e degli edifici destinati alla raffinazione e confezionamento del compost maturo

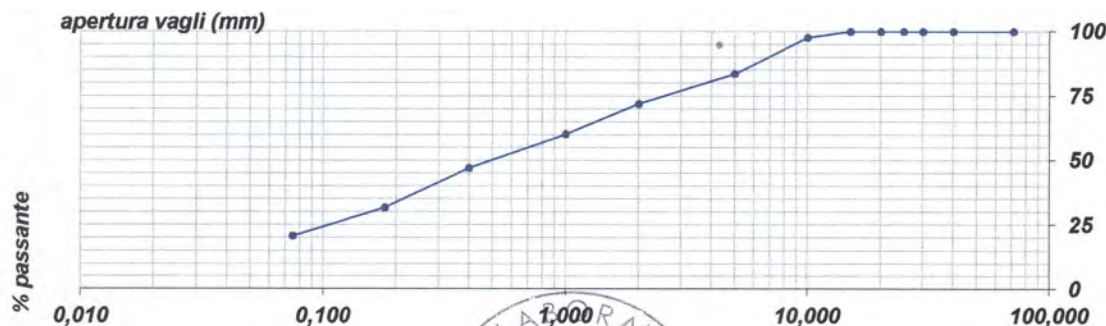
Data prelievo: 24/11/2016  
Pozzeto: Pz1  
Pofondità prelievo: -1,5 m da p.c.

Setacci (mm)	Passante (%)
71	100,0
40	100,0
30	100,0
25	100,0
20	100,0
15	100,0
10	97,7
5	83,7
2	71,9
1	60,2
0,4	47,1
0,18	31,7
0,075	20,8

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	28
Limite Plastico	19
Indice Plastico	9
Indice di gruppo	0
CLASSIFICAZIONE	A2-4
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10006	

Determinazione peso di volume naturale	g/cmc	1,87
Determinazione contenuto naturale d'acqua	%	4,8
Peso specifico dei grani	g/cmc	2,55

NOTE :



IL TECNICO  
Dott. Geol. Giorgio Mudrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Melis

## ANALISI GRANULOMETRICA

UNI EN 933-1:1999

Certificato N. **11428**

Data: 06/12/2016

Committente: Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione dell'Oristanese - (OR)

Cantiere: Impianto di trattamento rifiuti solidi urbani - Realizzazione delle aree di stoccaggio e degli edifici destinati alla raffinazione e confezionamento del compost maturo

Data prelievo: 24/11/2016

Pozzeto: Pz2

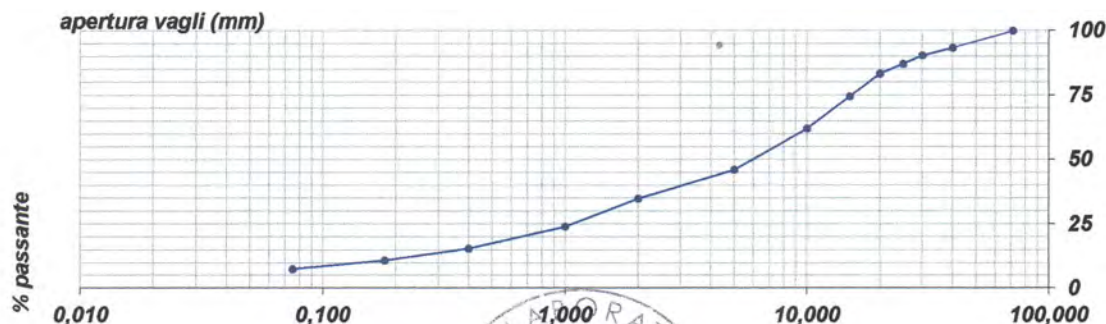
Pofondità prelievo: -1,0 m da p.c.

Setacci (mm)	Passante (%)
71	100,0
40	93,4
30	90,5
25	87,1
20	83,4
15	74,6
10	62,1
5	46,1
2	34,9
1	24,1
0,4	15,5
0,18	10,9
0,075	7,6

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	<b>22</b>
Limite Plastico	<b>16</b>
Indice Plastico	<b>6</b>
Indice di gruppo	<b>0</b>
CLASSIFICAZIONE	<b>A1-a</b>
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10006	

Determinazione peso di volume naturale	g/cmc	2,10
Determinazione contenuto naturale d'acqua	%	3,9
Peso specifico dei grani	g/cmc	2,53

NOTE :



IL TECNICO  
Dott. Geol. Stefano Madigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Melis

## ANALISI GRANULOMETRICA

UNI EN 933-1:1999

Certificato N.º 11429

Data: 06/12/2016

Committente: Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione dell'Oristanese - (OR)

Cantiere: Impianto di trattamento rifiuti solidi urbani - Realizzazione delle aree di stoccaggio e degli edifici destinati alla raffinazione e confezionamento del compost maturo

Data prelievo: 24/11/2016

Pozzeto: Pz3

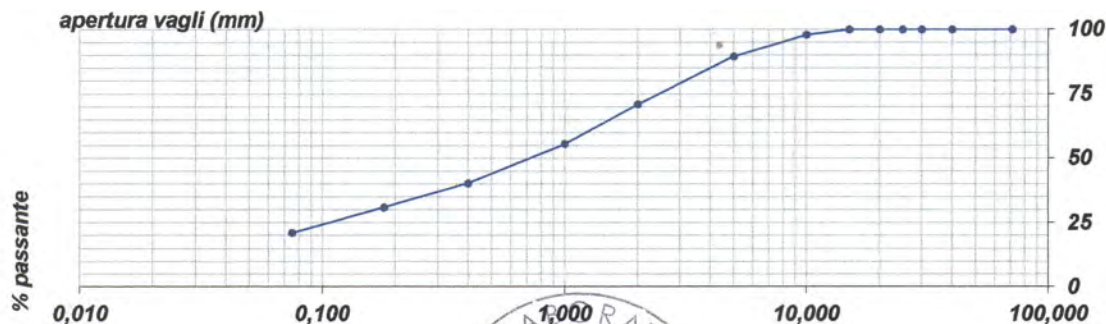
Pofondità prelievo: -1,4 m da p.c.

Setacci (mm)	Passante (%)
71	100,0
40	100,0
30	100,0
25	100,0
20	100,0
15	100,0
10	98,0
5	89,7
2	70,9
1	55,7
0,4	40,4
0,18	31,0
0,075	21,2

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	27
Limite Plastico	18
Indice Plastico	9
Indice di gruppo	0
CLASSIFICAZIONE	A2-4
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10006	

Determinazione peso di volume naturale	g/cmc	1,91
Determinazione contenuto naturale d'acqua	%	5,0
Peso specifico dei grani	g/cmc	2,51

NOTE :



IL TECNICO  
Dott. Geol. *Giorgio Madrigale*



IL COORDINATORE  
Dott. *Alessandro Melis*



## ANALISI GRANULOMETRICA

UNI EN 933-1:1999

Certificato N. **11430**

Data: 06/12/2016

Committente: Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione dell'Oristanese - (OR)  
Cantiere: Impianto di trattamento rifiuti solidi urbani - Realizzazione delle aree di stoccaggio e degli edifici destinati alla raffinazione e confezionamento del compost maturo

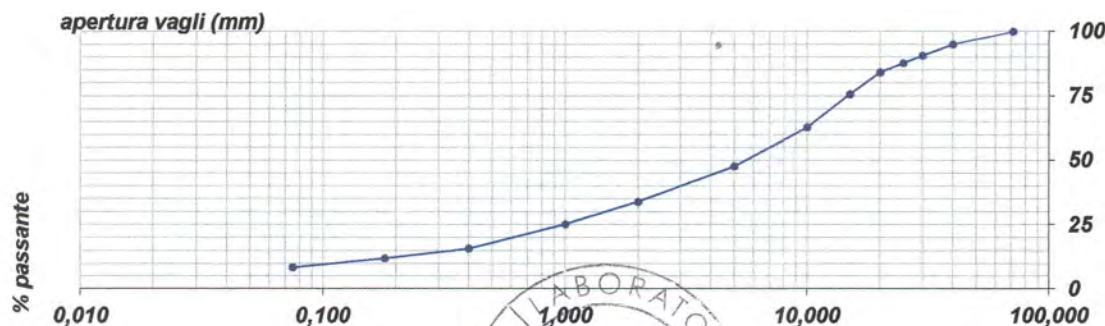
Data prelievo: 24/11/2016  
Pozzeto: Pz4  
Pofondità prelievo: -1,2 m da p.c.

Setacci (mm)	Passante (%)
71	100,0
40	95,1
30	90,7
25	87,8
20	84,2
15	75,7
10	62,9
5	47,7
2	33,9
1	25,2
0,4	15,8
0,18	12,0
0,075	8,5

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	<b>21</b>
Limite Plastico	<b>16</b>
Indice Plastico	<b>5</b>
Indice di gruppo	<b>0</b>
CLASSIFICAZIONE	<b>A1-a</b>
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10006	

Determinazione peso di volume naturale	g/cmc	2,03
Determinazione contenuto naturale d'acqua	%	4,2
Peso specifico dei grani	g/cmc	2,56

NOTE :



IL TECNICO  
Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Melis

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO

ASTM D3080-90

Certificato N. **11431**  
Data 06.12.2016

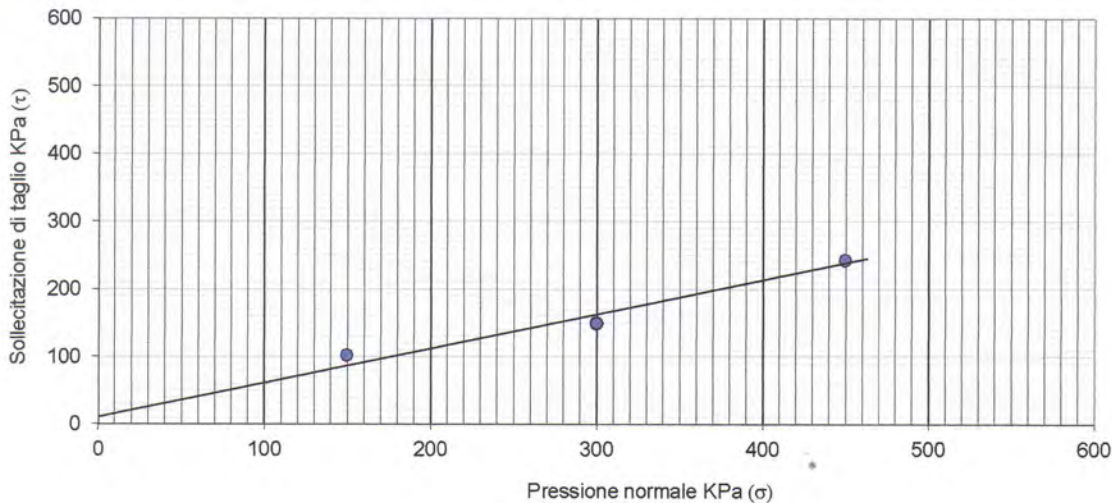
Committente: Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione dell'Oristanese - (OR)  
Cantiere: Impianto di trattamento rifiuti solidi urbani - Realizzazione delle aree di stoccaggio e degli edifici destinati alla raffinazione e confezionamento del compost maturo

Pozzetto: Pz 1  
Data prelievo: 24 novembre 2016  
Pofondità prelievo: -1,5 m da p.c.

CONSOLIDAZIONE			1	2	3
PRESSIONE VERTICALE	$\sigma$	KPa	150	300	450
CEDIMENTO		mm	0,047	0,152	0,218

ROTTURA					
SOLLECITAZIONE DI TAGLIO	$\tau$	KPa	101,1	148,5	241,5

Campione rimaneggiato ricostruito in laboratorio	
Descrizione:	Sabbia limosa
Peso di volume (g/cm <sup>3</sup> )	1,87



Angolo di resistenza al taglio  
Coesione efficace

28°  
10 KPa

Note:

IL TECNICO  
Dott. Geol. *[Signature]*



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. *[Signature]*

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

ASTM D3080-90

Certificato N. **№ 11432**  
Data 06.12.2016

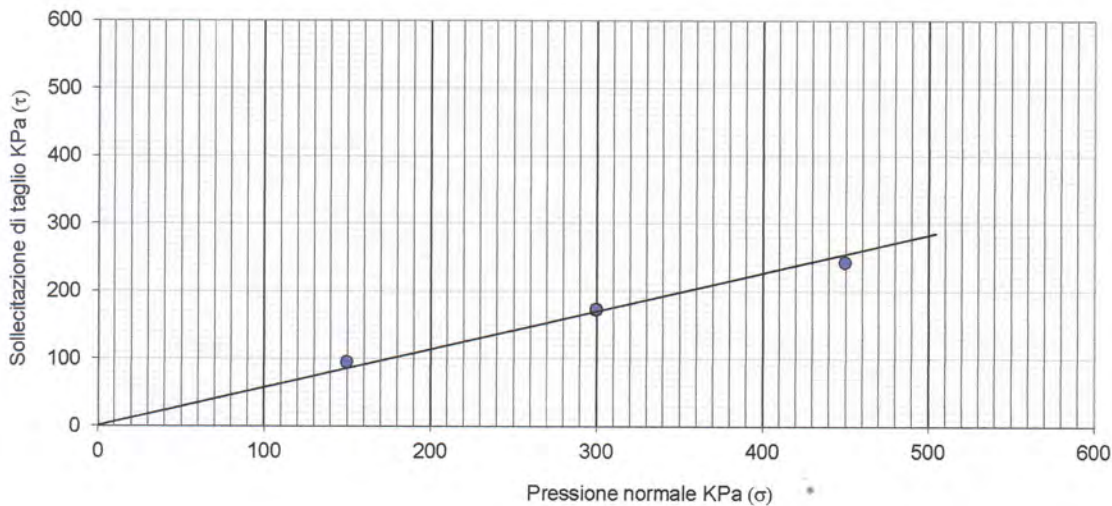
Committente: Consorzio per il Nucleo di Industrializzazione dell'Oristanese - (OR)  
Cantiere: Impianto di trattamento rifiuti solidi urbani - Realizzazione delle aree di stoccaggio e degli edifici destinati alla raffinazione e confezionamento del compost maturo

Pozzetto: Pz 3  
Data prelievo: 24 novembre 2016  
Pofondità prelievo: -1,4 m da p.c.

CONSOLIDAZIONE			1	2	3
PRESSIONE VERTICALE	$\sigma$	KPa	150	300	450
CEDIMENTO		mm	0,167	0,252	0,246

ROTTURA			1	2	3
SOLLECITAZIONE DI TAGLIO	$\tau$	KPa	93,6	172,3	241,5

Campione rimaneggiato ricostruito in laboratorio	
Descrizione: Sabbia limosa	
Peso di volume (g/cmc)	1,91



Angolo di resistenza al taglio **29,5°**  
Coesione efficace **5 KPa**

Note:

IL TECNICO  
Dott. Geol. Giorgio Madrigale



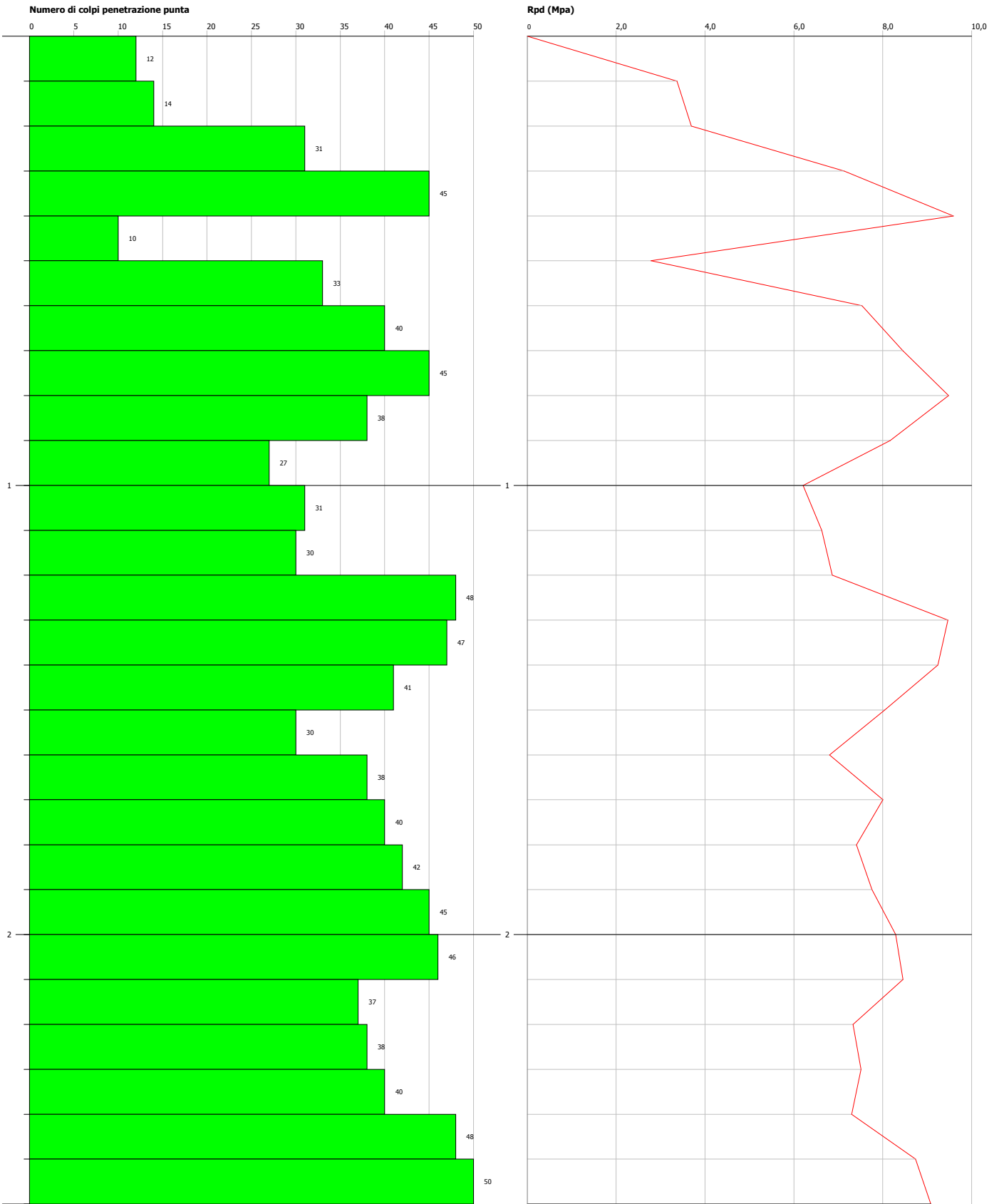
IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Melis

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM1**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Consorzio Industriale Provinciale dell'Oristanese  
Cantiere : Capannone Industriale  
Località : Arborea (OR)

Data :24/11/2016

Scala 1:12

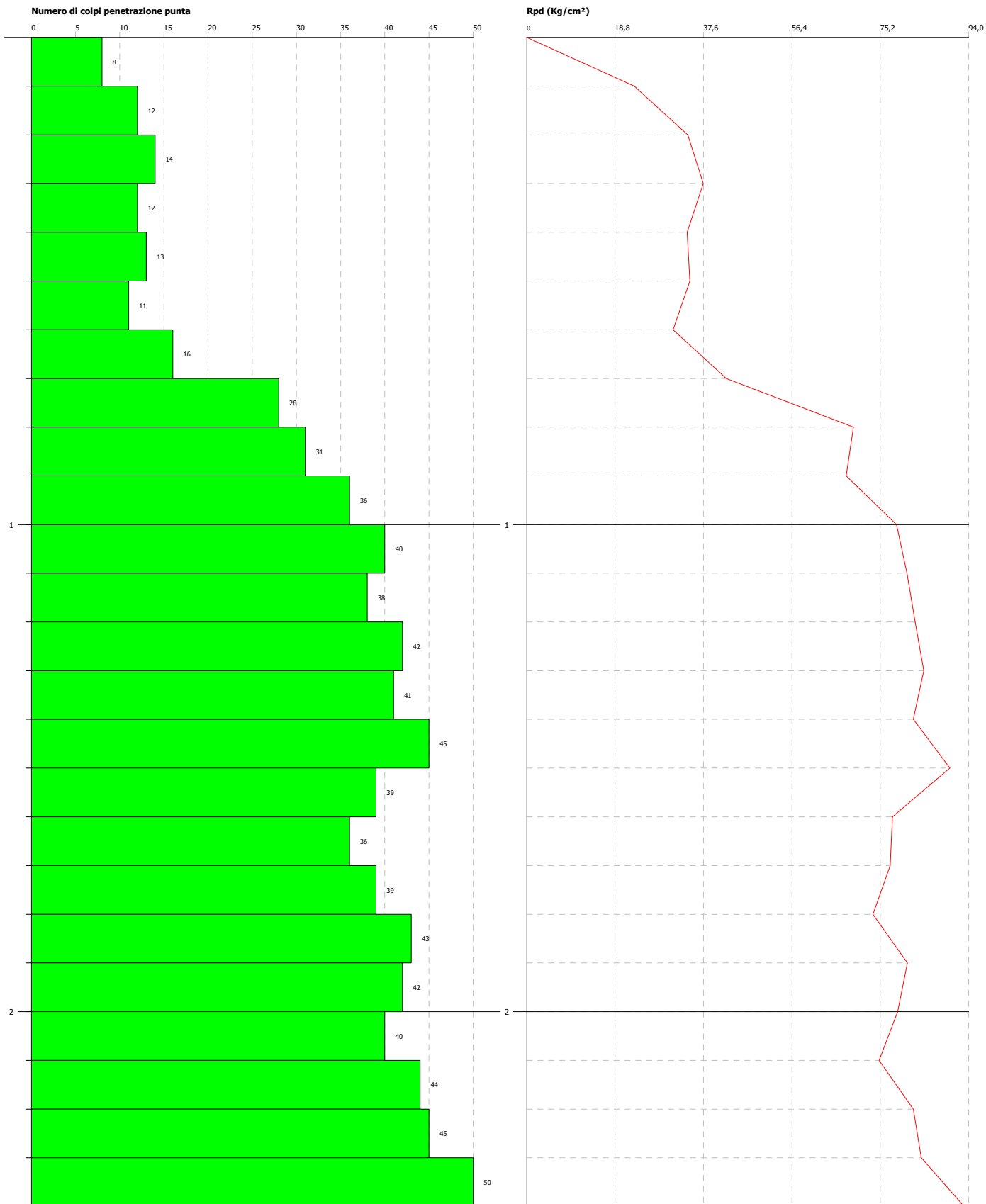


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM2**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Consorzio Industriale Provinciale dell'Oristanese  
Cantiere : Capannone industriale  
Località : Arborea (OR)

Data :24/11/2016

Scala 1:11

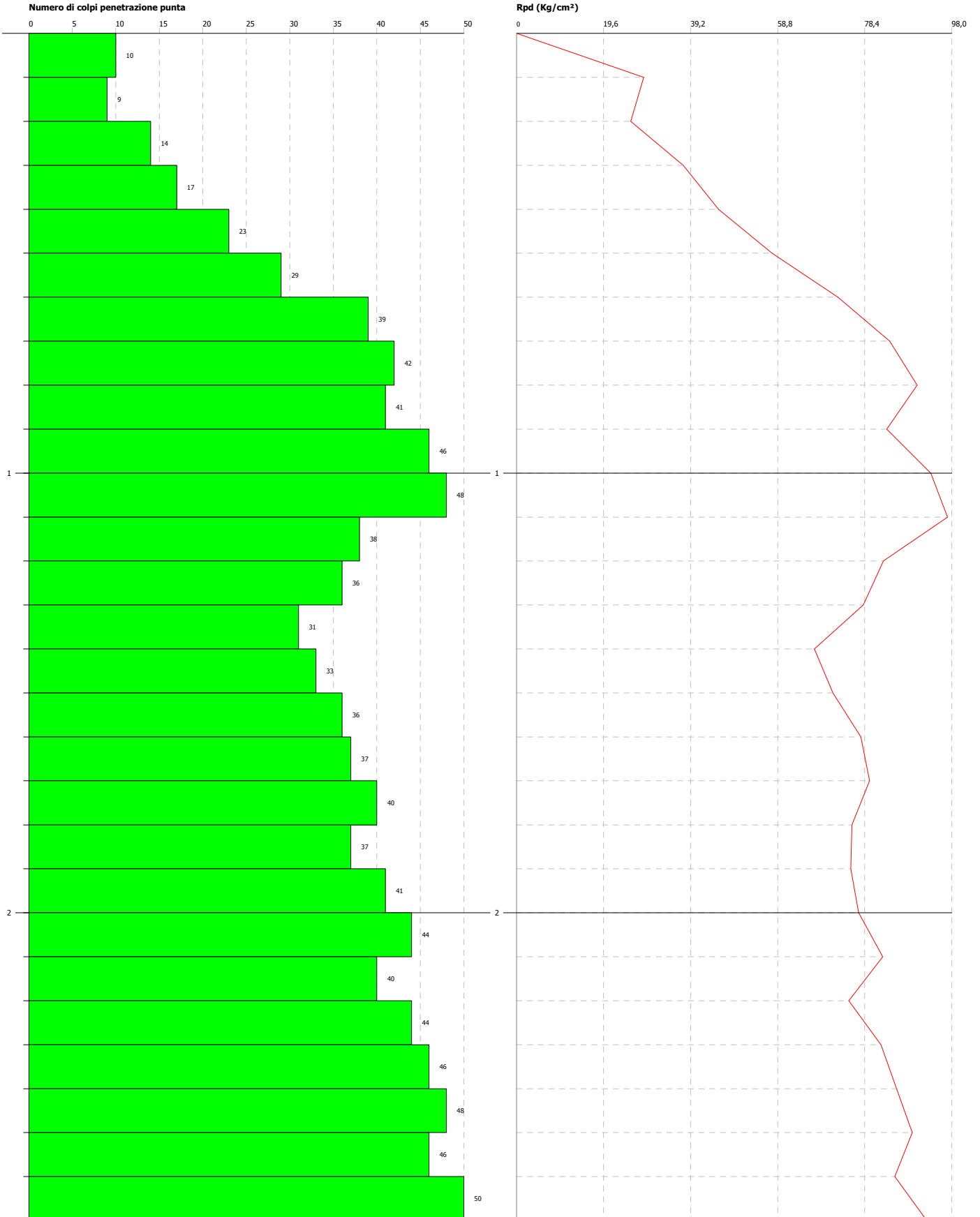


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM3**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Consorzio Industriale Provinciale dell'Orihanese  
Cantiere : Capannone industriale  
Località : Arborea (OR)

Data :24/11/2016

Scala 1:12



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM4**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Consorzio Industriale Provinciale dell'Oristanese  
Cantiere : Capannone industriale  
Località : Arborea (OR)

Data :24/11/2016

Scala 1:11

