

REGIONE SARDEGNA



PROVINCIA DI
CAGLIARI



COMUNE DI
QUARTU SANT' ELENA



REALIZZAZIONE DELLE OPERE IDRAULICHE A PROTEZIONE DELL' ABITATO (RIO FOXI)

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

TAV. n° 5

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA

COLLABORATORI		IL PROGETTISTA	
Progettazione	geom. Graziano Zia	dott. ing. Edoardo Insalaco	
Geologia e geotecnica	dott. geol. Mario Cuttini		
Geologia e geotecnica	dott. geol. Nicola Demurtas		
Aspetti paesaggistici	ing. Simone Deidda		
Topografia	geom. Paolo Pinna		

Dicembre 2010



Noèsis Italia s.r.l. società di ingegneria

via del Cottonificio, 45/2 - 33100 - Udine tel. 0432-44858 e-mail: noesis@mail.nauta.it

ASSOCIATO 

COMUNE DI QUARTU S.ELENA

Provincia di Cagliari

Relazione Geologico-Geotecnica relativa al progetto
"Interventi di mitigazione del rischio idraulico del Rio Foxi nel
Comune di Quartu S.Elena (CA)"

Dott. Geol. Nicola Demurtas

Dott. Geol. Mario Cuttini



INDICE

PREMESSA	3
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E URBANISTICO	4
INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	5
CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI LOCALI	8
ASPETTI IDROGEOLOGICI	10
LINEAMENTI CLIMATICI	11
CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLE UNITA LITOLOGICHE	14
CONCLUSIONI	18
ALLEGATI	

PREMESSA

Su richiesta del Committente, Società Noesis Italia S.r.L., i sottoscritti Dott. Geol. Nicola Demurtas e Dott. Geol. Mario Cuttini hanno redatto apposita relazione geologico - geotecnica relativa al progetto "Interventi di mitigazione del rischio idraulico del Rio Foxi, Comune di Quartu S. Elena (CA)", al fine di definire le caratteristiche geologiche dell'area in esame e i parametri geotecnici dei litotipi interessati dai lavori in progetto. I suddetti interventi consistono nella sistemazione degli argini e dell'alveo del Rio Foxi tramite opere di difesa idraulica (geostuoie e utilizzo di massi granitici con diametro di circa 80 cm).

Le attività di studio e di ricerca sono state articolate in sei distinte fasi:

- reperimento di dati bibliografici relativi alla geologia, geomorfologia e idrogeologia;
- rilevamento di campagna;
- realizzazione di tre pozzetti geognostici tramite mini escavatore cingolato;
- esecuzione di prove di laboratorio su campioni di terreno rappresentativi delle litologie riscontrate;
- esecuzione di prove in sito realizzate tramite scissometro da campo;
- elaborazione dati acquisiti.

Il lavoro è stato eseguito nel rispetto delle direttive concernenti le Norme Tecniche del Ministero dei Lavori Pubblici contenute nel D.M. 11 marzo 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*" pubblicato nel suppl. ord. della G.U.10 giugno 1988.

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E URBANISTICO

L'area in esame è situata in località Foxi, territorio comunale di Quartu Sant'Elena (Provincia di Cagliari), nel tratto terminale del Rio Foxi, tratto che si estende dal ponte ubicato sulla Strada Provinciale n. 17 (corrispondente al km 5+340 della stessa Strada Provinciale) fino alla sua foce nel Golfo degli Angeli.



Figura 1. Vista del Rio Foxi dal ponte sulla Strada Provinciale n. 17

Nella Carta d'Italia (I.G.M.) in scala 1:25.000, l'area in esame ricade nel foglio n° 557 sez. II, mentre nella Cartografia Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 essa ricade nel foglio n° 557 sez. 150 – "Quartu Sant' Elena" (vedi carta allegata).

Il tratto del Rio Foxi che verrà interessato dai lavori in progetto è di circa 600 m e le coordinate chilometriche degli estremi di tale tratto, riferite alla quadrettatura chilometrica Gauss Boaga, sono rispettivamente: E 1521132 - N 4341841 per la parte in prossimità del ponte sulla Strada Provinciale n. 17 ed E 1520746 - N 4341385 per la parte relativa alla foce.

Dal punto di vista urbanistico l'area ricade in una zona completamente antropizzata.

Sul piano vincolistico, l'area in oggetto, situata all'interno del Sub-bacino n.7 "Flumendosa-Campidano-Cixerri", è stata interessata dalle perimetrazioni previste dal Piano d'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e considerata come area a rischio idraulico R4 - R3.

Per quanto concerne, invece, il P.P.R., l'area in studio rientra nell'ambito costiero n. 27 "Golfo Orientale di Cagliari".

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO - GEOLOGICO

L'area in studio è situata in prossimità della costa, nell'estremità sud-orientale della pianura del Campidano.

Essa è condizionata da tre alti strutturali costituiti dalle colline langhiane del Simbirizzi a NW, da quelle tortoniane-messiniane di Cagliari ad W, entrambe allineate NW-SE, e infine dall'alto strutturale ercinico ubicato ad E-NE. Le altre forme di versante risultano abbastanza dolci, con rotture di pendio maggiormente accentuate in corrispondenza di affioramenti litologici lapidei più resistenti nei confronti dell'azione modellatrice degli agenti esogeni.

L'assetto morfologico dell'intera zona è ben strutturato in due unità con caratteristiche omogenee: la fascia pedemontana e la fascia costiera.

La fascia pedemontana è caratterizzata da un'inclinazione media di circa 10° - 15°, determinata anche dalla presenza di varie tipologie di litotipi quali marne argillose, marne arenacee, siltiti e calcareniti sublitorali, sovrastate da suoli di età quaternaria. L'erosione di tipo selettivo, infatti, fa sì che gli agenti esogeni agiscano in maniera differente a seconda del litotipo presente, provocando, in tal modo, cambiamenti anche bruschi del contesto morfologico. Nelle litologie sopra menzionate, appare evidente che il ruscellamento superficiale sia assai più rilevante dell'infiltrazione, in quanto le marne, fungendo da letto impermeabile, impediscono la penetrazione delle acque meteoriche. Questo fatto è di sicura rilevanza, ai fini del presente studio, in quanto dimostra come in quest'area, le precipitazioni, specie se abbondanti, possano creare vari rigoli di incanalamento dell'acqua e, con una certa energia, trasportare anche detriti e colate fangose. La macchia mediterranea, presente per notevoli estensioni, assolve tuttavia il compito, seppure parzialmente, di regimazione delle acque meteoriche.

Per quanto riguarda, invece, la fascia costiera, essa costituisce parte integrante del sistema morfologico generale. Sono presenti piccole cale, costituite per lo più da ciottolate di varia natura, sia fluviale che marina, ma ciò che in particolar modo caratterizza il settore, oltre alla presenza dell'area fluviale appartenente al Rio Foxi, è l'esistenza di piccole ripe di erosione, potenti circa 1 m, nelle quali sono ben osservabili gli orizzonti pedogenizzati, spesso arrossati a causa dell'ossidazione.

Il bacino del Rio Foxi ha una estensione di circa 37 km² e vi affluiscono il Riu de Is Ammostus e il canale in cemento armato proveniente dallo stagno di Forzoniu.

Il microclima presente favorisce la crescita di una vegetazione costituita prevalentemente da macchia mediterranea e arbusti di medie dimensioni.

L'area interessata dai lavori in progetto si presenta con una altimetria compresa tra 1.5 e 5.5 m s.l.m. e possiede la tipica morfologia di piana costiera – fluviale. In particolare, il tratto di fiume analizzato corrisponde alla porzione terminale del Rio Foxi, caratterizzato da un decorso a

pendenza moderata e quindi a bassa velocità, in condizioni di piena ordinaria. Il percorso del fiume, principalmente rettilineo a causa dell'espansione urbanistica, si sviluppa su una superficie pianeggiante con pendenze medie intorno allo 0,1%.

Oltre ai sistemi morfologici naturali e ai conseguenti processi geomorfici agenti, sui quali non ci soffermeremo oltre, si evidenziano, in tutto il settore, frequenti modificazioni del paesaggio indotte dall'azione antropica, quest'ultima in continua evoluzione.

Per quanto concerne l'inquadramento geologico, l'area è costituita da diverse formazioni geologiche riferibili principalmente al Terzario e al Quaternario.

Il territorio, infatti, è rappresentato da:

- ❖ **Depositi quaternari, antichi e recenti;**
- ❖ **Copertura sedimentaria miocenica.**

Il Quaternario, che ricopre la quasi totalità del territorio in esame, è rappresentato da depositi pleistocenici in facies continentale e subordinati depositi marini, i quali danno luogo ad affioramenti discontinui e di debole spessore attribuibili al Tirreniano. Per quanto concerne l'età dei depositi continentali, questa è in genere definita solo in base ai rapporti con quelli marini tirreniani. Il Pleistocene-Olocene è rappresentato soprattutto dai depositi ghiaiosi-sabbiosi di fondovalle e delle piane alluvionali, dalle sabbie e ghiaie delle spiagge e da depositi limoso-argillosi delle lagune, stagni costieri e aree fluviali.

Le alluvioni antiche, spesso terrazzate in prossimità della piana circostante, hanno una composizione ciottoloso - sabbioso - argillosa ed un colore marrone - rossastro. Il colore ed il grado di costipamento variano a seconda dell'età: normalmente le alluvioni più antiche sono più costipate.

I depositi dell'Olocene attuale sono rinvenibili nei pressi dei corsi d'acqua dell'area indagata e sono costituiti prevalentemente da ghiaie poco addensate o addirittura incoerenti. Sono tuttavia presenti anche depositi sabbioso-limosi, presumibilmente originatisi dal disfacimento di litotipi preesistenti.

Altri depositi, di origine più incerta, ma sempre appartenenti all'Olocene e per questo definibili "attuali", sono caratterizzati da una granulometria più fine e si possono classificare come sabbioso-limoso-argillosi.

Nell'area interessata dal passaggio del Rio Foxi, la granulometria del sedimento varia in relazione alla velocità dei filetti fluidi. Dimensioni maggiori si rinvengono in corrispondenza delle zone a maggiore velocità; viceversa, sedimenti più sottili si trovano in corrispondenza delle zone a velocità più bassa. I sedimenti prevalenti sono quelli costituiti da granulometrie sottili limo

sabbiose, con porzioni limose, diametro 0,075 mm, compresa tra 50% e 60%; subordinatamente si rinvencono porzioni ciottolose. In tal caso la porzione di sottile scende intorno al 20% e 30%.

Per quanto riguarda la copertura sedimentaria terziaria, essa è costituita da litotipi marnoso - argillosi e marnoso - arenacei comprendenti il più delle volte notevoli quantità di ciottoli provenienti dal disfacimento delle compagini rocciose erciniche che generano una grande quantità di materiale detritico eterometrico. Gli orizzonti marnoso – argillosi, di colorazione variabile tra il giallognolo e il grigio, sono abbastanza continui in tutta l'area sebbene non eccessivamente potenti. In taluni punti, si osserva il graduale passaggio dalle marne a litotipi a carattere arenaceo-conglomeratici, privi di stratificazione. Questi sono caratterizzati da morfologie più dolci e soprattutto da suoli più profondi. Inoltre è presente un maggior numero di incisioni torrentizie, proprio a causa della differente litogenia, che permette e favorisce il deflusso superficiale.

CARATTERI LITO-STRATIGRAFICI LOCALI

Ai fini della caratterizzazione litostratigrafica degli argini e dell'alveo del Rio Foxi, attualmente rivestiti con lastre di calcestruzzo, sono stati eseguiti tre pozzetti geognostici sull'argine sinistro (P1, P2, P3) tramite mini escavatore cingolato (l'ubicazione esatta è mostrata nella carta allegata). Per quanto riguarda, invece, l'argine destro, a causa delle notevoli difficoltà incontrate nell'accedervi, non è stato possibile procedere all'esame dello stesso. Sulla base delle risultanze emerse, si è ritenuto opportuno eseguire i pozzetti ad una profondità massima dal piano di campagna pari a - 3.15 m.



Figura 2. Fase di esecuzione pozzetti geognostici sull'argine sinistro del Rio Foxi

Durante l'esecuzione dei pozzetti non sono stati riscontrati fenomeni di franamenti, dal momento che i litotipi attraversati sono risultati più o meno addensati con matrice del terreno argilloso - limosa.

Dall'analisi dello scavo la stratigrafia riscontrata è la seguente:

- **Coltre superficiale:** costituita da terreno vegetale e, per lo più, da materiale di riporto di vario genere, legato ai rilevati stradali e all'accumulo di macerie derivanti dallo smantellamento di strutture preesistenti. Si presenta asciutto e con spessore medio pari a 0.70 m;

- **Argilla limosa olocenica:** rinvenuta in tutti i pozzetti realizzati. Si presenta a tratti molto compatta, ad alta plasticità, di colore grigio scuro e con una potenza media pari a 1.50 m;
- **Sabbia limoso ghiaiosa olocenica:** deposito sabbioso grossolano di origine alluvionale. Si presenta sciolto, di composizione quarzoso - feldspatica e con falda idrica rinvenuta a - 2.80 m dal piano di campagna. La matrice è limo-argillosa di color grigio scuro. Lo spessore riscontrato risulta essere pari a 0.25 m. Occorre rilevare la parzialità di tale valore, in quanto, a causa dell'estensione limitata del braccio meccanico dell'escavatore utilizzato, non è stato possibile approfondire gli scavi. La potenza della formazione sabbiosa, ospitante la falda idrica, è presumibilmente maggiore di 2 m.

Per quanto concerne, invece, la definizione esatta dei tipi litologici rinvenuti per ogni singolo pozzetto, si rimanda alle stratigrafie allegate.

ASPETTI IDROGEOLOGICI

Lo studio idrogeologico del settore in esame è basato sull'analisi dei fattori che influenzano la dinamica della circolazione idrica sotterranea e superficiale. Essi sono la geologia, la struttura e la giacitura delle varie litologie affioranti, nonché la morfologia, la climatologia e la vegetazione. Anche le opere antropiche possono influenzare l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo o facilitarne lo scorrimento superficiale.

Dal punto di vista idrogeologico, il territorio è caratterizzato dalla bassa permeabilità della formazione terziaria, nonché dalla medio-alta permeabilità della coltre alluvionale presente nella pianura e nell'area in studio.

Queste condizioni si riscontrano sia nell'idrografia superficiale che in quella sotterranea.

Le acque piovane, a causa dell'impermeabilità dei rilievi, giunte in pianura vengono assorbite in notevole quantità dai materiali alluvionali, alimentando, in tal modo, le falde freatiche ed eventuali falde profonde. Nelle zone più prossime a Quartu S.Elena – S.Andrea, sono numerosi i pozzi che attingono a più falde site a profondità variabili fino ad un massimo di circa - 80 m, entro i depositi alluvionali quaternari.

In particolare, nell'ambito delle profondità indagate durante lo scavo, è stata rilevata la presenza di una falda idrica a circa - 2.80 m dal piano di campagna, all'interno dell'unità idrogeologica costituita dalle sabbie limose oloceniche.

Attualmente, la configurazione del Rio Foxi è caratterizzata dalla presenza di lastre di calcestruzzo poste negli argini e nell'alveo, lastre che limitano o annullano il normale scambio idrico tra la falda e lo stesso Rio Foxi.

Un mediocre grado di umidità è stato rinvenuto nella formazione argillosa limosa a partire da - 2.00 m dal piano di campagna. Tale formazione costituisce il tetto impermeabile della sottostante unità permeabile rappresentata dalle suddette sabbie limose ghiaiose oloceniche.

In assenza di dati ricavati da prove di emungimento e/o di portata eseguibili su pozzi prossimi all'area in studio, e in assenza di risultati da prove di laboratorio realizzate su campioni di terreno indisturbati, sono stati assunti dei parametri medi di conducibilità idraulica (capacità di spostamento dell'acqua sotterranea nel mezzo saturo), tipici di queste formazioni, al fine di valutare le caratteristiche idrogeologiche delle unità litologiche riscontrate durante gli scavi.

Per quanto riguarda le argille scure si è risaliti ad un valore di permeabilità K compreso tra 10^{-7} - 10^{-8} cm/s, per le sabbie limose 10^{-4} - 10^{-5} cm/s.

E' stato quindi riconosciuto un complesso idrogeologico principale facente parte della formazione sedimentaria sabbiosa olocenica.

LINEAMENTI CLIMATICI

L'inquadramento idrogeologico e geomorfologico non può prescindere da un'attenta analisi dei parametri microclimatici relativi alla zona in studio. Tale premessa, in numerosi casi, rimane teorica e poco applicabile, sia per la difficoltà oggettiva di reperire dati statistici presso gli enti preposti, sia per le frequenti carenze quali-quantitative da cui essi sono affetti.

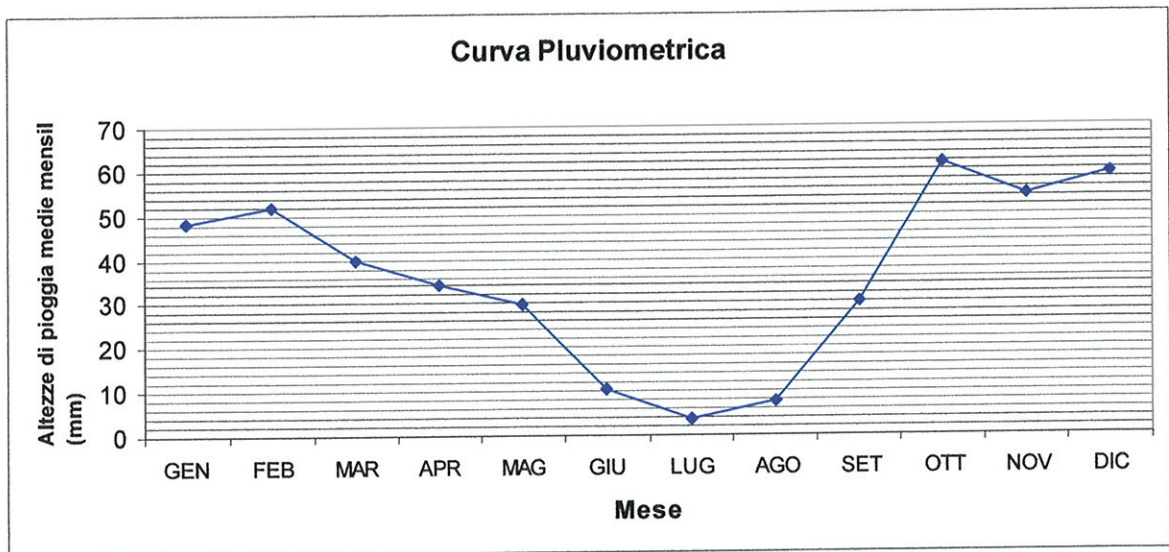
Nella fattispecie la presenza di una stazione pluviometrica nel comune di Cagliari S.I. (7 m s.l.m.) costituisce una circostanza estremamente positiva, consentendo di fruire di dati strettamente correlati all'area di indagine e quindi assai rappresentativi della reale situazione *in situ*, sia pure attraverso le necessarie mediazioni statistiche. I dati acquisiti dal Nuovo SISS sono relativi ad un modulo di 70 anni calcolato dal 1922 al 1992.

Il quadro di acquisizione dei dati è stato completato con quelli termometrici relativi sempre alla stazione di Cagliari S.I. (7 m s.l.m.). Anche in questo caso i tempi di osservazione sono lunghi con un modulo di 68 anni (1924-1992).

Il regime delle precipitazioni evidenzia una sostanziale omogeneità con quello medio delle coste della Sardegna, pur attestandosi su valori leggermente inferiori alla media regionale.

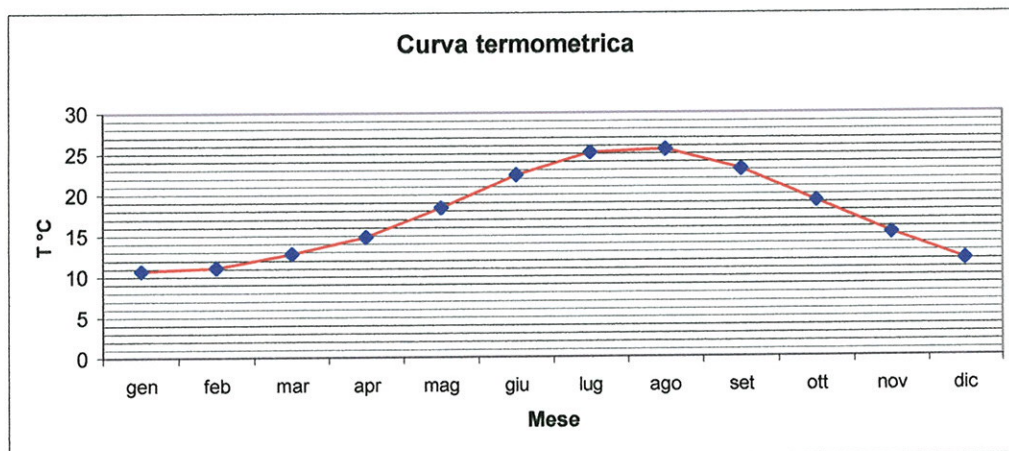
Le piogge si concentrano soprattutto nella stagione autunnale con eventi più rari nei primi mesi dell'inverno che tendono a decrescere rapidamente con l'approssimarsi della primavera e a scomparire quasi completamente in estate.

Tale andamento si evince piuttosto chiaramente dal sottostante grafico delle precipitazioni in cui il minimo si colloca in luglio, con una media mensile di soli 6,0 mm di pioggia. Il massimo assoluto è ubicato nel mese di ottobre con quasi 62,0 mm di pioggia



L'andamento delle temperature manifesta, com'era lecito attendersi, un trend esattamente opposto, con valori più bassi nei mesi invernali, il cui minimo si registra a gennaio con media diurna di 10,7 °C, e temperature più elevate nel periodo estivo con il massimo diurno assoluto ad agosto (25,5 °C).

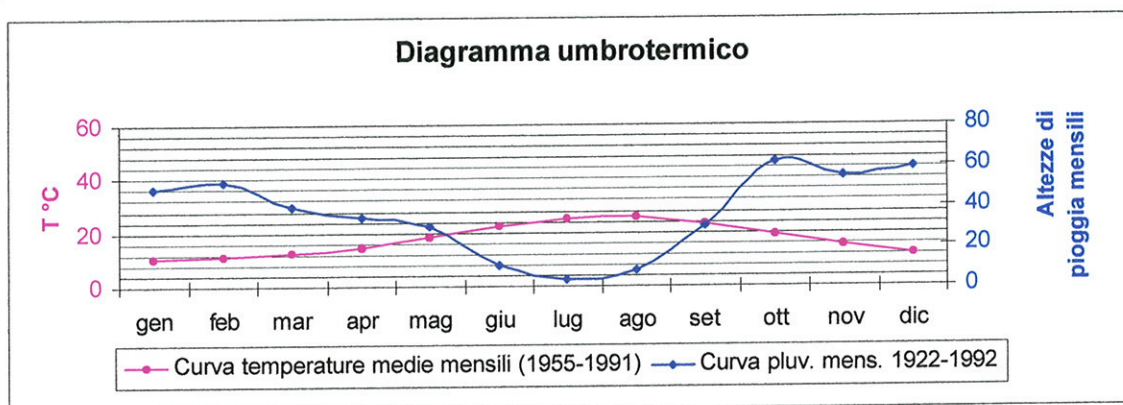
Di seguito è mostrato il grafico delle temperature medie diurne.



La conoscenza delle medie pluviometriche e termometriche consente di caratterizzare quantitativamente il microclima dell'area in oggetto fornendo i parametri necessari all'impostazione dello studio idrogeologico.

A tale scopo è opportuno fornire un quadro sintetico delle informazioni contenute nei due grafici sopra descritti, giungendo ad una sintesi che consenta di interpolare la tipologia climatica del sito relativamente ai periodi di maggiore apporto idrico ed a quelli in è prevalente il deficit idrometrico.

Attraverso la fusione dei grafici precedenti si ottiene un ulteriore diagramma di sintesi, denominato *umbrotermico*, in cui è possibile riconoscere durata e collocazione temporale del periodo di aridità:



L'intervallo compreso tra le intersezioni delle due curve corrisponde alla durata del periodo di aridità che, nella fattispecie, si colloca tra maggio e settembre, in linea con quanto si registra comunemente nelle zone costiere della Sardegna. Nel periodo estivo si avrà, pertanto, un notevole deficit igrometrico con una prevalenza dell'evapotraspirazione sul bilancio idrologico, mentre il periodo autunno-invernale, caratterizzato da temperature più basse e precipitazioni più intense consentirà di chiudere in attivo il bilancio delle risorse idriche superficiali e sotterranee, con un positivo riscontro per l'alimentazione di sorgenti, pozzi e corsi d'acqua.

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLE UNITÀ LITOLOGICHE

Ai fini della caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni interessati dall'opera in progetto, sono state effettuate le seguenti indagini:

- n. 3 pozzetti geognostici eseguiti tramite mini escavatore cingolato;
- n. 5 prove di laboratorio (prove di taglio tramite scatola di Casagrande, limiti di Atterberg e analisi granulometriche - classificazione);
- n. 6 prove scissometriche eseguite su livelli litologici ritenuti significativi.

Per quanto concerne i pozzetti geognostici (P1, P2, P3), è stato possibile procedere alla loro realizzazione esclusivamente lungo l'argine sinistro del Rio Foxi, in quanto area facilmente accessibile grazie alla presenza di una strada secondaria costeggiante il suddetto argine. L'argine destro, a causa dell'impraticabilità dell'area limitrofa, è stato escluso dallo svolgimento di tale indagine.



Figura 3. Argine sinistro Rio Foxi e strada secondaria

Gli scavi sono stati opportunamente distribuiti in modo da investigare l'intero argine sinistro ad esclusione, però, del tratto in prossimità della foce, tratto la cui lunghezza è pari a circa 55 m e la cui composizione è data, in larga percentuale (così come l'argine destro), da grossi blocchi di granodioriti tonalitiche di dimensioni metriche.



Figura 4. Blocchi di granodioriti tonalitiche presenti sull'argine destro in prossimità della foce

Durante l'esecuzione dei pozzetti geognostici, sono state rilevate condizioni litostratigrafiche (macerie di vario tipo e ciottoli di origine fluviale posti a diverse profondità) tali da escludere prove *in situ* di tipo penetrometrico S.P.T., come invece inizialmente previsto nella programmazione dei lavori.

Dopo l'esecuzione dei pozzetti, in corrispondenza dei livelli ritenuti più significativi, sono stati prelevati dei campioni rimaneggiati di terreno, sui quali poi sono state eseguite le prove di laboratorio per la determinazione dei parametri geotecnici.

Il primo campione di terreno fa parte dello strato argilloso rinvenuto nel pozzetto P1 ed è stato prelevato ad una profondità dal piano di campagna pari a - 2.55 m. Su di esso sono stati calcolati i Limiti di Atterberg, eseguita l'analisi granulometrica - classificazione e realizzata la prova di taglio diretto tramite scatola di Casagrande.

Il secondo campione di terreno fa parte dello strato sabbioso limoso ghiaioso rinvenuto nel pozzetto P2 ed è stato prelevato ad una profondità dal piano di campagna pari a - 2.90 m. Su di esso è stata eseguita l'analisi granulometrica - classificazione e realizzata la prova di taglio diretto tramite scatola di Casagrande.

Si allegano i documenti di prova rilasciati dal laboratorio specializzato.

Per quanto riguarda le prove scissometriche, all'interno di ogni pozzetto sono state eseguite le prove tramite Pocket vane. Tale strumento viene utilizzato per la misura della resistenza al taglio in assenza di drenaggio (Cu) delle terre coesive.

Lo strumento è costituito da un corpo cilindrico contenente una molla a torsione tarata e da una serie di palette a croce, di dimensioni differenti, intercambiabili, da scegliere in base alla presunta resistenza del terreno in studio. La prova viene realizzata inserendo nel terreno, per 6 cm, la palette in dotazione, in modo da eseguire le misure in zone il meno possibile disturbate. La possibilità di scelta fra tre diverse palette consente una buona precisione di misura in un campo abbastanza ampio di resistenza (0 -24 Tonn/m²).

L'insieme di tutte le informazioni ricavate dalle prove precedentemente menzionate consente di individuare i criteri di progettazione, i relativi parametri e le modalità esecutive più appropriate al caso in esame

In definitiva sono stati individuati due orizzonti litologici principali costituenti l'argine sinistro del Rio Foxi e aventi caratteristiche geotecniche differenti. Siamo in presenza di argille limose di alta plasticità e sabbie limose ghiaiose sciolte. Tali litologie costituiscono presumibilmente anche l'argine destro.

Il primo litotipo possiede una potenza all'incirca pari a 1.50 m ed è costituito da argilla grigio scura di alta plasticità. Il grado di consistenza non si presenta uniforme in tutta l'area indagata e possiede scarse qualità geotecniche. In prossimità del livello litologico sottostante, costituito dalle sabbie limose ghiaiose, l'argilla presenta un discreto grado di umidità.

Il campione argilloso, sottoposto alla prova di taglio diretto con l'apparecchio di Casagrande, ha reso i seguenti dati:

Coazione C (kPa)	Angolo d'attrito interno ϕ	Peso di volume γ (gr/cm ³)
15.8	25.37	1.927

In relazione all'analisi granulometrica, il campione è risultato, secondo la descrizione tecnica, un'argilla limosa con sabbia e ghiaia e ricade nella classificazione CNR UNI, classe A7-6; da ciò risulta un materiale fortemente compressibile e plastico, con rigonfiamento molto elevato e permeabilità scarsa o nulla.

Le prove scissometriche, inoltre, eseguite sulle suddette argille a diverse profondità, hanno dato valori di coazione non drenata C_u compresi tra 50 kPa e 100 kPa. Tali valori rilevati, definiscono il litotipo in oggetto, dal punto di vista della consistenza, come *plastico* e *duro*. Per le citate classi di consistenza corrispondono degli indici di consistenza I_c compresi tra 0.5 e 0.75.

Il secondo litotipo è rappresentato dalle sabbie limose di origine alluvionale le quali ospitano una falda sub-superficiale. Il loro spessore supera i 2 m ed anche in questo caso, come per le argille, la profondità di rinvenimento è variabile. Presentano una matrice fortemente limosa di colore grigio scuro.

I parametri relativi al campione prelevato, ricavati dalla prova di taglio diretto tramite scatola di Casagrande, sono i seguenti:

Coesione C (kPa)	Angolo d'attrito interno ϕ	Peso di volume γ (gr/cm ³)
18.7	32.04	2.066

È necessario precisare che la coesione C riscontrata nelle sabbie limose è una coesione "apparente" che si ottiene nelle sabbie che presentano al momento della prova una certa percentuale di umidità. Tale valore di coesione diviene prossimo o uguale a 0 nel caso in cui la sabbia sia completamente asciutta o completamente satura.

In relazione all'analisi granulometrica, il campione è risultato, secondo la descrizione tecnica, una sabbia limoso ghiaiosa e ricade nella classificazione CNR UNI, classe A1-b; da ciò risulta un materiale con rigonfiamento nullo e permeabilità elevata.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I risultati ottenuti in seguito allo studio e alle indagini *in situ* effettuate consentono di affermare che l'area in esame si presenta relativamente stabile da un punto di vista geologico – geotecnico.

I litotipi quaternari olocenici principali, costituenti gli argini, sono risultati composti da argille limose di alta plasticità con scadenti qualità geotecniche e da sabbie limoso ghiaiose ospitanti la falda idrica sub superficiale.

I lavori in progetto consistono nella realizzazione di opere di difesa idraulica basate su tecniche ad elevato inserimento ambientale - paesaggistico (geostuoie e massi granitici con diametro di circa 80 cm) in modo da fornire una solida interfaccia tra l'alveo del corso d'acqua e il terreno circostante, ridurre il fenomeno erosivo ed aumentare il controllo del trasporto solido. Il fine ultimo è mitigare il rischio idraulico presente nell'area in studio.

Lo studio e le considerazioni esposte mostrano che il progetto, in fase di elaborazione, è compatibile con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area e non si evidenziano particolari limitazioni alla sua esecuzione.

La metodologia e le scelte progettuali dell'intervento permettono di pervenire al raggiungimento dell'obiettivo e in particolare:

- intervenire sulle sponde, al fine di consolidarle e difenderle dall'erosione, cercando inoltre di contenere e confinare il corso d'acqua mediante la realizzazione di opere drenanti;
- intervenire sull'alveo fluviale, al fine di regolare i processi di trasporto solido e riqualificare l'habitat dei corsi d'acqua.

Le indagini, inoltre, dovranno essere approfondite in stato di avanzamento dei lavori, allo scopo di accertare l'esistenza di problematiche non rilevabili in affioramento, in ordine a possibili variazioni litologiche e stratigrafiche non prevedibili al momento della stesura della presente relazione geologico - geotecnica.

Mon serrato, 30/08/2007

I GEOLOGI

Dott. Geol. Nicola Demurtas

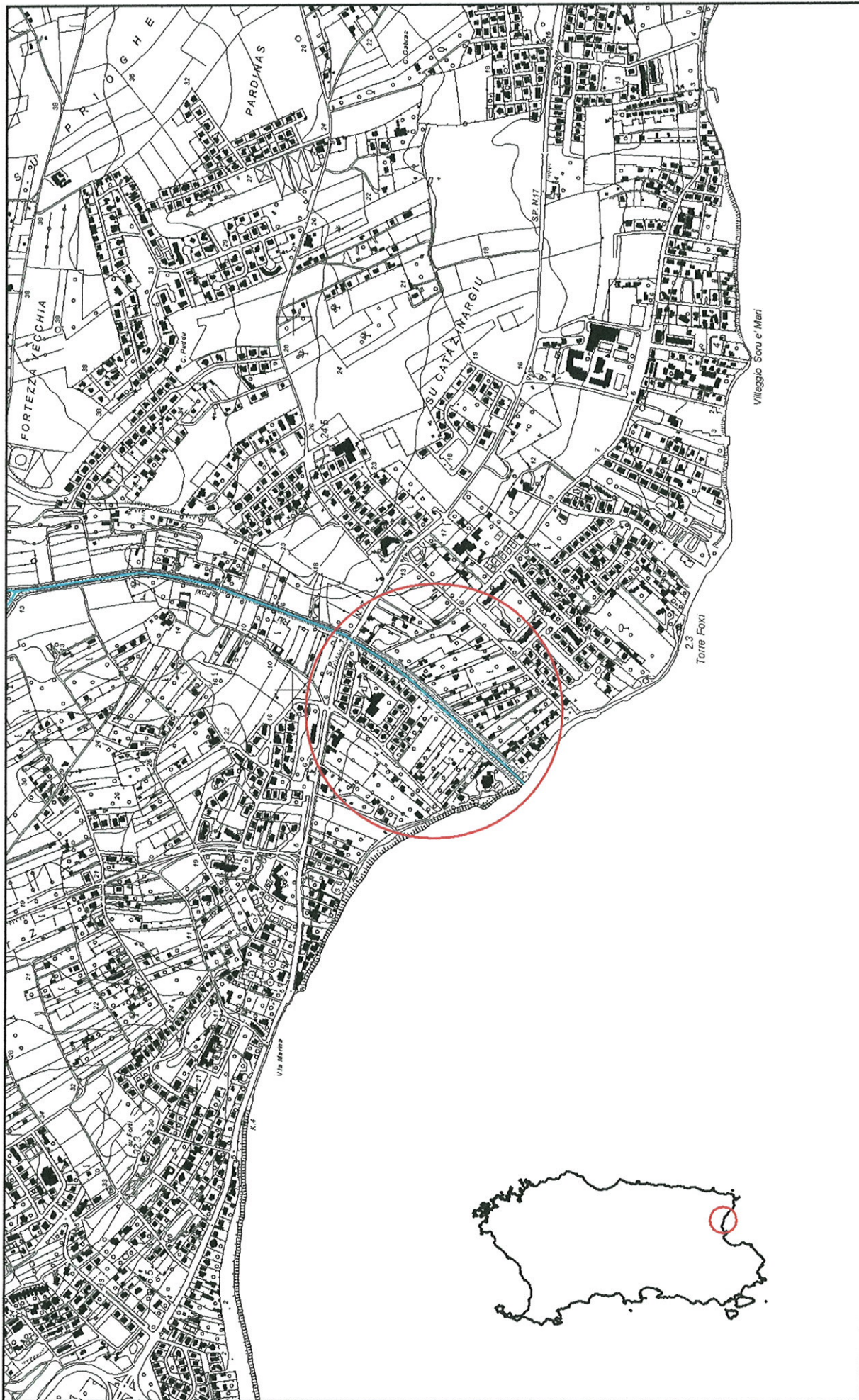
Dott. Geol. Mario Cuttini



ALLEGATI

ALLEGATO 1

DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA



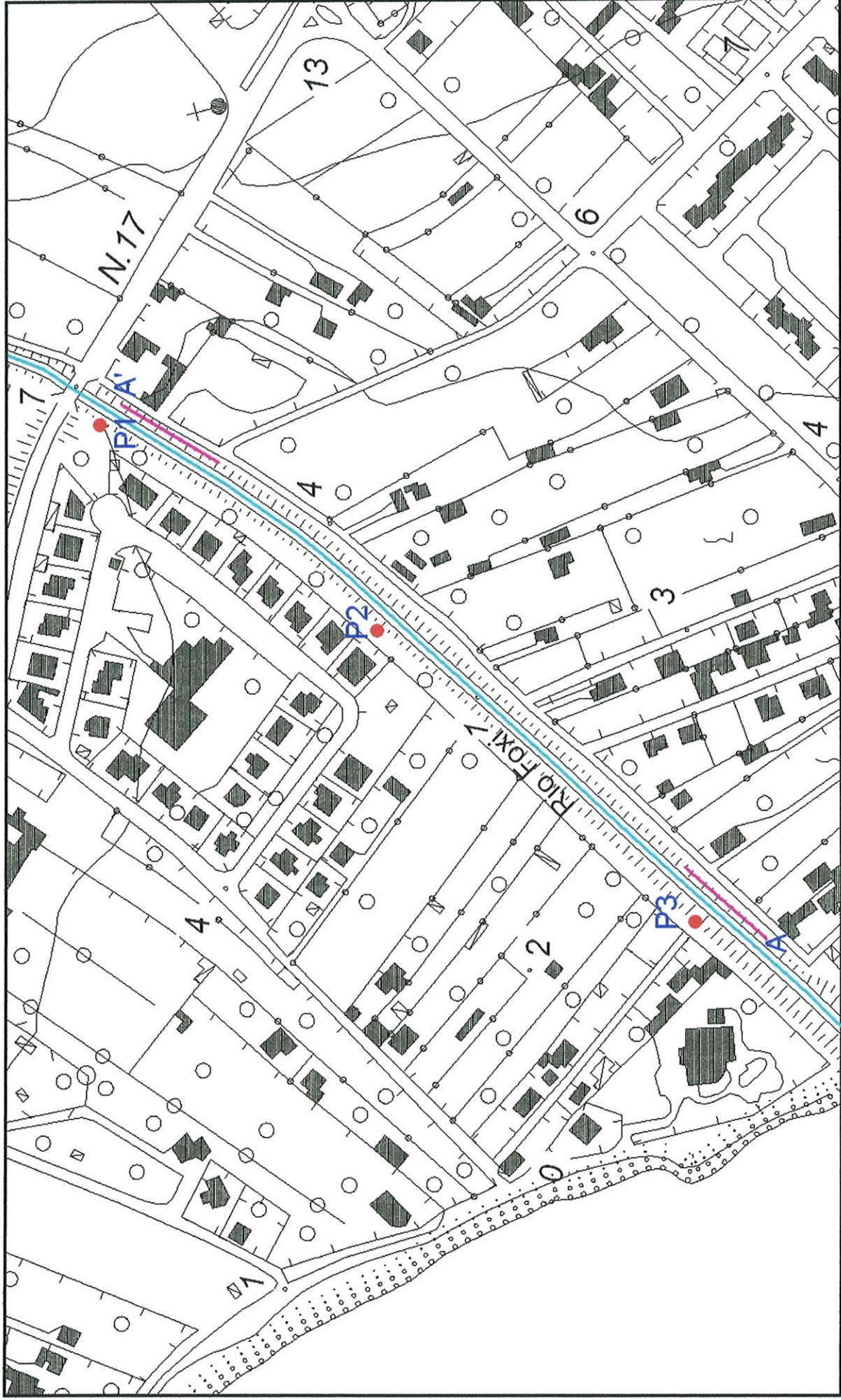
UBICAZIONE GEOGRAFICA AREA IN STUDIO

scala 1:10.000

Base topografica: C.T.R. N. 557150 -160
 Coordinate: Gauss Boaga

Area in studio





Base topografica: C.T.R. N. 557150
Coordinate: Gauss Boaga

UBICAZIONE POZZETTI GEOGNOSTICI

● Pozzetto geognostico
A—A' Sezione litostratigrafica

scala 1:3.000



ALLEGATO 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALL'ESECUZIONE DEI POZZETTI GEOGNOSTICI

POZZETTO GEOGNOSTICO P1

Fondo scavo

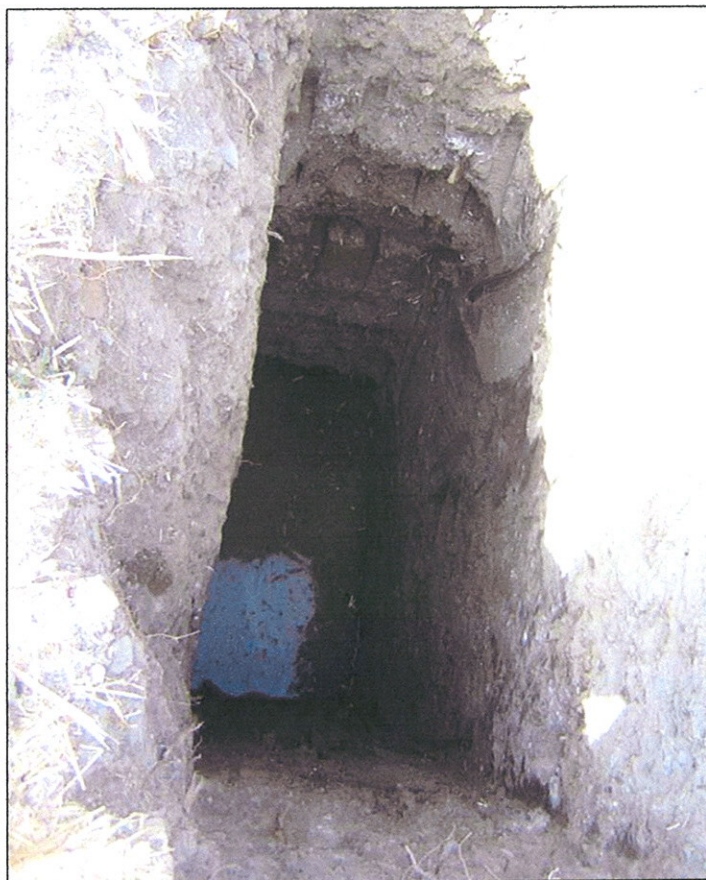


Materiale di scavo



POZZETTO GEOGNOSTICO P2

Fondo scavo



Materiale di scavo



POZZETTO GEOGNOSTICO P3

Fondo scavo






Materiale di scavo









ALLEGATO 3

COLONNE STRATIGRAFICHE






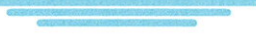
Rilevatore: Dott.Geol.Nicola Demurtas	Metodo di scavo: mini escavatore cingolato	Coordinate UTM ED50: N 4341991 E 521169
Data: 21/08/2007	Località: Rio Foxi	Nome sondaggio: P1
Scala:1:25	Comune: Quartu S.Elena	Committente: NOESIS ITALIA S.r.L.

Prof. dal p.c. (m)	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Falda
0.75	 <p>Terreno di riporto di vario genere costituito da materiale sabbioso, limoso, ciottoli e resti di macerie derivanti da smantellamento di strutture preesistenti</p>	
1.25	 <p>Terreno limo-argilloso con presenza di ciottoli sub-arrotondati di dimensioni centimetriche e radici vegetali</p>	
2.60	 <p>Argilla limosa grigio scura di alta plasticità. FINE SCAVO a - 2.60 m da p.c.</p>	

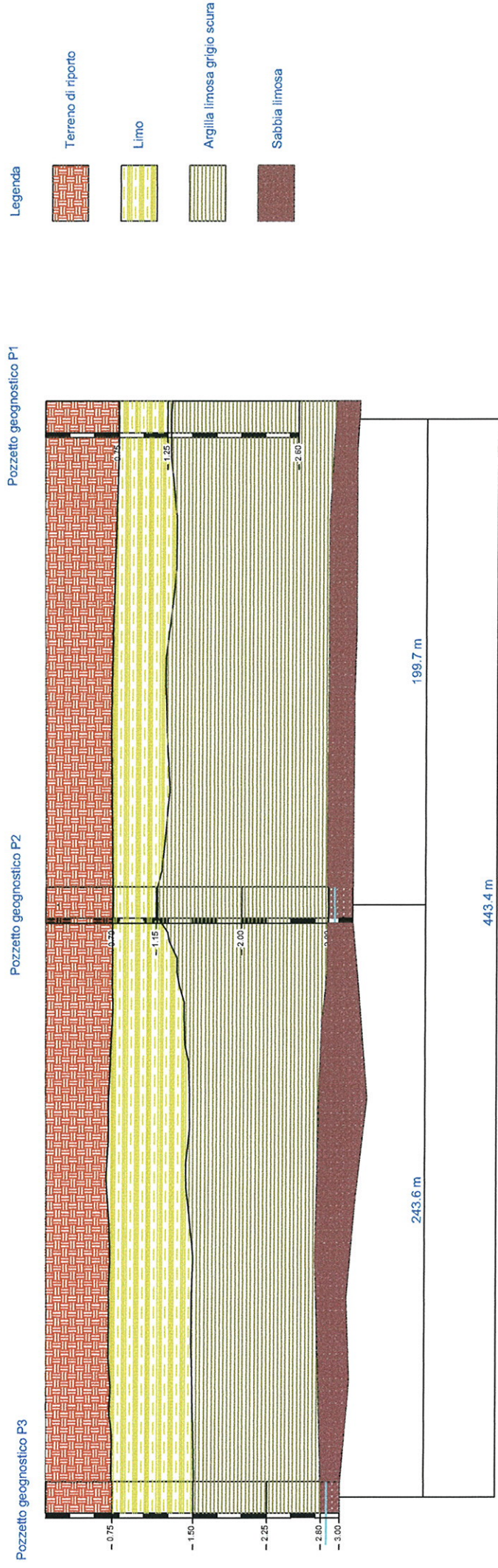
Rilevatore: Dott.Geol.Nicola Demurtas	Metodo di scavo: mini escavatore cingolato	Coordinate UTM ED50: N 4341833 E 521051
Data: 21/08/2007	Località: Rio Foxi	Nome sondaggio: P2
Scala:1:25	Comune: Quartu S.Elena	Committente: NOESIS ITALIA S.r.L.

Prof. dal p.c. (m)	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Falda
0.70	 <p>Terreno di riporto di vario genere costituito da materiale sabbioso, limoso, ciottoli e resti di macerie derivanti da smantellamento di strutture preesistenti</p>	
1.15	 <p>Terreno limo-argilloso scuro con presenza di ciottoli sub-arrotondati di dimensioni centimetriche e radici vegetali</p>	
2.00	 <p>Argilla grigio scura di alta plasticità</p>	
2.90	 <p>Argilla limosa grigio scura di alta plasticità e grado di umidità crescente con la profondità. Rilevata falda a - 2.90 m da p.c.</p>	
3.15	 <p>Sabbia di origine alluvionale in matrice limosa grigio scura . FINE SCAVO a - 3.15 m da p. c.</p>	

Rilevatore: Dott.Geol.Nicola Demurtas	Metodo di scavo: mini escavatore cingolato	Coordinate UTM ED50: N 4341654 E 520883
Data: 21/08/2007	Località: Rio Foxi	Nome sondaggio: P3
Scala: 1:25	Comune: Quartu S.Elena	Committente: NOESIS ITALIA S.r.L.

Prof. dal p.c. (m)	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Falda
0.75	 <p>Terreno di riporto di vario genere costituito da materiale sabbioso, limoso, ciottoli e resti di macerie derivanti da smantellamento di strutture preesistenti</p>	
1.75	 <p>Terreno limo-argilloso scuro compatto</p>	
2.25	 <p>Argilla grigio scura di alta plasticità</p>	
2.80	 <p>Argilla limosa grigio scura di alta plasticità e con grado di umidità crescente con la profondità. Rilevata falda a - 2.80 m da p.c.</p>	
3.00	 <p>Sabbia di origine alluvionale in matrice limosa grigio scura. FINE SCAVO a - 3.00 m da p.c.</p>	

PROFILO LITOSTRATIGRAFICO A - A'



ALLEGATO 4

CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO

DOCUMENTO DI PROVA

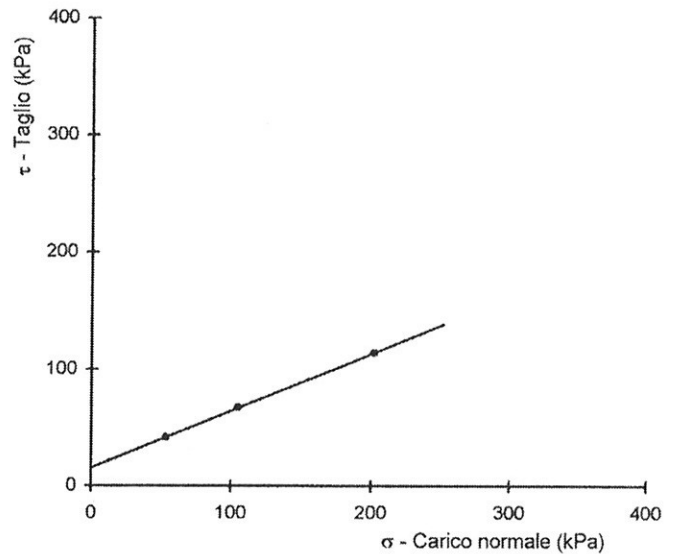
Certificato n° : 3423/07

Committente: Dott. Geol. Nicola De Murtas **Data inizio prova:** 21/08/07
Opera: interventi di mitigazione del rischio idraulico del rio Foxi (Quartu Sant'Elena - CA)
 Pozzetto : 1 Profondità (m dal p.c.): 2,6

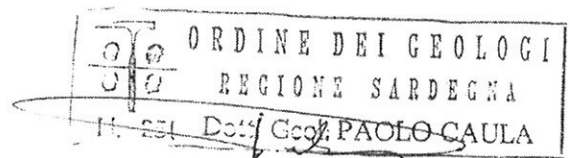
PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Apparecchio di Casagrande)

Descrizione del campione	Argilla sabbiosa				
Caratteristiche della prova	Consolidata drenata su provini semi disturbati				
Dimensioni cella (mm)	L <u>60</u>	Velocità di esecuzione (mm/min)		<u>0,050</u>	
	H <u>30,5</u>				
Caratteristiche del provino	Provino	n°	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Contenuto d'acqua iniziale		%	<u>20,6</u>		
Peso di volume		g/cmc	<u>1,929</u>	<u>1,860</u>	<u>1,927</u>
Determinazioni della prova	Carico	kPa	<u>54,00</u>	<u>105,00</u>	<u>202,00</u>
Tempo di consolidazione		ore	<u>24</u>	<u>24</u>	<u>24</u>
Resistenza massima al taglio		kPa	<u>41,90</u>	<u>67,23</u>	<u>114,08</u>

Angolo d'attrito ° 25,97
Coesione: kPa 15,8



Data **29 AGO. 2007**



CERTIFICATO DI ANALISI

Data inizio prove: 23-ago-07 Rif. laboratorio: 3226/07

Committente: Dott. Geol. N. Demurtas Cantiere: Interventi di mitigazione del rischio idraulico del rio Foxi, Quartu S.E (CA)

Data del campionamento: 23-ago-07 Ubicazione: Pozzetto n°2
 Sigla del campione: P2 Profondità prelievo dal p.c.: m.3,10

ANALISI GRANULOMETRICA - LIMITI DI ATTERBERG - CLASSIFICAZIONE

ASTM D421 D422 D2217 - ASTM 4318 - CNR UNI 10006 - CNR UNI 1008

Analisi granulometrica eseguita
 per setacciatura (via umida) "a" e per sedimentazione "b"

a		b	
Aperture	Pass. cum.	Diam. grani	Sed. cum.
mm	%	mm	%
71	100,0		
60	100,0		
50	100,0		
40	100,0		
25	100,0		
20	100,0		
10	98,2		
5	92,2		
2	81,7		
1	70,9		
0,4	42,9		
0,16	21,5		
0,075	19,5		

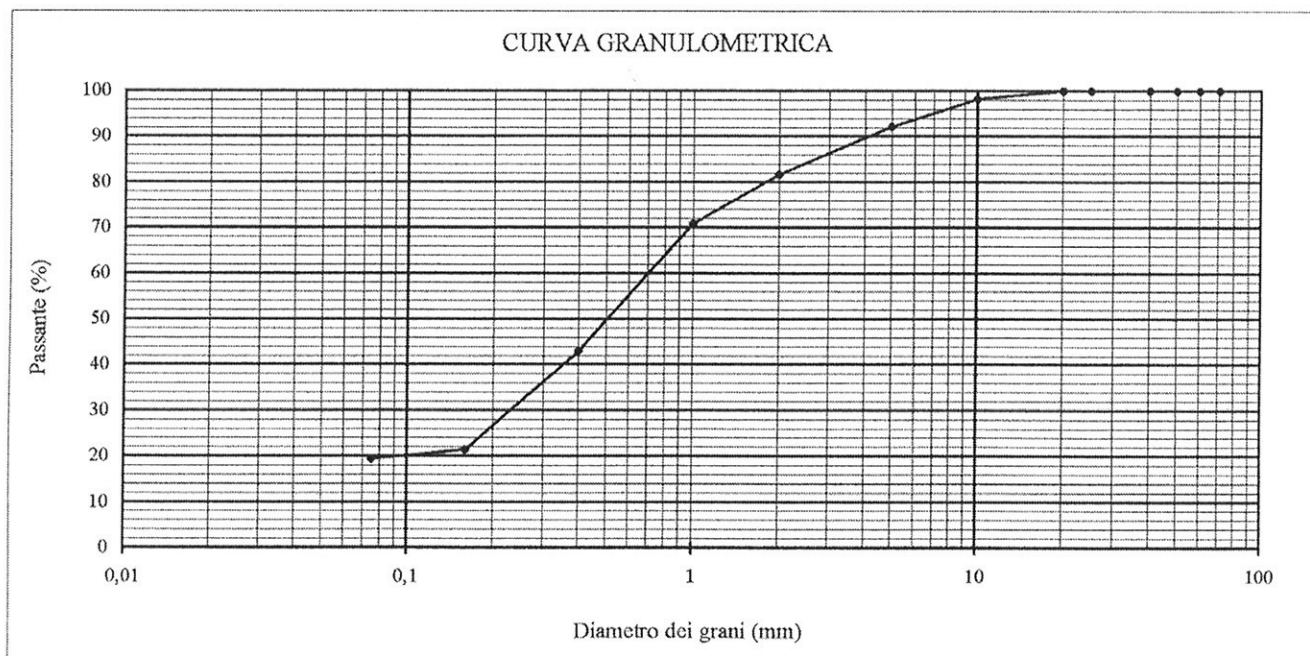
Umidità del campione:	%	16,0
Peso di volume:	g/cmc	-
Rapporto 0,075/0,4		0,45

Limite liquido:	%	n.p.
Limite plastico:	%	n.p.
Indice plastico:	%	n.d.
Indice di consistenza:		-

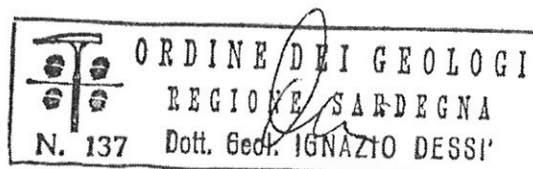
Contenuto in ghiaia:	%	18,3
Contenuto in sabbia:	%	62,2
Contenuto in limo e argilla:	%	19,5

CLASSIFICAZIONE CNR UNI: A1-b

Descrizione tecnica del campione (Racc. AGI):
Sabbia limoso ghiaiosa



31 AGO. 2007



CERTIFICATO DI ANALISI

Data inizio prove:

23-ago-07

Rif. laboratorio:

3227/07

Committente: Dott. Geol. N. Demurtas

Cantiere: Interventi di mitigazione del rischio idraulico del rio Foxi, Quartu S.E. (CA)

Data del campionamento:

23-ago-07

Ubicazione:

Pozzetto n°1

Sigla del campione:

P1

Profondità prelievo dal p.c.:

m.2,60

ANALISI GRANULOMETRICA - LIMITI DI ATTERBERG - CLASSIFICAZIONE

ASTM D421 D422 D2217 - ASTM 4318 - CNR UNI 10006 - CNR UNI 1008

Analisi granulometrica eseguita
per setacciatura (via umida) "a" e per sedimentazione "b"

<i>a</i>	
Aperture	Pass.cum.
mm	%
71	100,0
60	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	95,9
10	92,7
5	87,9
2	83,2
1	78,6
0,4	68,3
0,15	56,3
0,075	52,7

<i>b</i>	
Diam.grani	Sed.cum.
mm	%

Umidità del campione: %

18,5

Peso di volume: g/cm³

-

Rapporto 0,075/0,4

-

Limite liquido: %

54

Limite plastico: %

19

Indice plastico: %

35

Indice di consistenza:

1,0

Contenuto in ghiaia: %

16,8

Contenuto in sabbia: %

30,5

Contenuto in limo e argilla: %

52,7

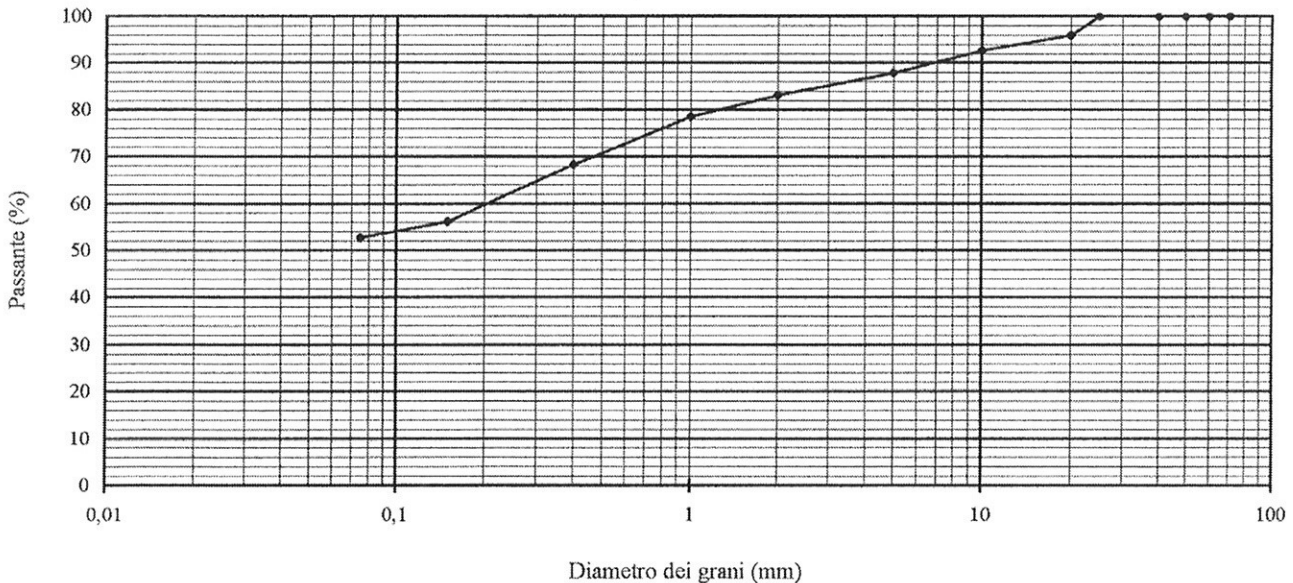
CLASSIFICAZIONE CNR UNI:

A7-6

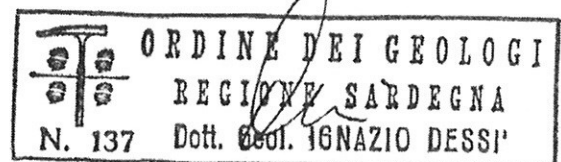
Descrizione tecnica del campione (Racc. AGI):

Limo e argilla con sabbia ghiaioso

CURVA GRANULOMETRICA



31 AGO. 2007



DOCUMENTO DI PROVA

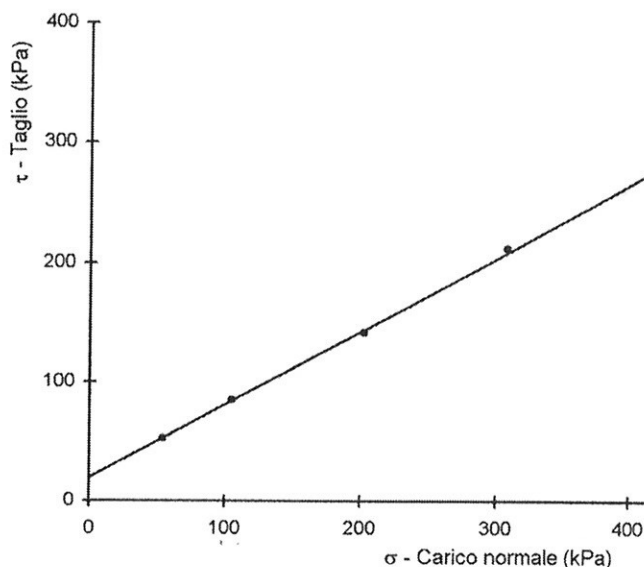
Certificato n° : 3424/07

Committente: Dott. Geol. Nicola De Murtas Data inizio prova: 21/08/07
 Opera: interventi di mitigazione del rischio idraulico del rio Foxi (Quartu Sant'Elena - CA)
 Pozzetto : 2 Profondità (m dal p.c.): 3,1

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
(Apparecchio di Casagrande)

Descrizione del campione	Sabbia						
Caratteristiche della prova	Consolidata drenata su provini ricostruiti						
Dimensioni cella (mm)	L	60	Velocità di esecuzione (mm/min)		0,500		
	H	30,5					
Caratteristiche del provir	Provino	n°	1	2	3	4	5
Contenuto d'acqua iniziale		%	20,7				
Peso di volume		g/cm ³	2,060	2,069	2,059	2,066	0,000
Determinazioni della prov	Carico	kPa	54,00	105,00	202,00	308,00	414,00
Resistenza massima al taglio		kPa	52,37	84,64	141,54	212,31	272,05

Angolo d'attrito ° 32,04
 Coesione: kPa 18,1



Data

29 AGO. 2007

