



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessorato dei lavori pubblici

Ente acque della Sardegna

Servizio Progetti e Costruzioni



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”
CIG- 7291196547- CUP: I86B05000050002**

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO DELL'ELABORATO

Relazione sull'analisi delle indagini strutturali

ID ELABORATO

R.15

SCALA

-

CODIFICA ELAB

R.15-ENAS539Rrsp080R1

Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche e coordinatore di progetto:
Ing. Damiano Galbo (H.E. s.s.)

Responsabile progettazione strutturale e geotecnica:

Ing. Pietro Diliberto (S.T.P. s.r.l.)

Collaboratori:

Ing. Ettore Galbo (H.E. s.s.)

Responsabile della progettazione idraulica:

Ing. Mariano Galbo (H.E. s.s.)

Collaboratori:

Ing. Damiano Galbo (H.E. s.s.)

Prof. Ing. Gabriele Freni

Ing. Fulvio Galbo (H.E. s.s.)

Ing. Piera De Luca (H.E. s.s.)

Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Stefano Serra

Responsabile della progettazione impianti elettrici e TLC:
Ing. Giovanni Gabellone (H.E. s.s.)

Responsabile rilievi GPS/LS:

Geom. Alberto Bianco

Collaboratori:

Geom. Lorenzo Verme (H.E. s.s.)

Responsabile coordinamento sicurezza in fase di progetto:

Ing. Mariano Galbo (H.E. s.s.)

Collaboratori:

Ing. Giampiero Pili (S.T.P. s.r.l.)

Ing. Giovambattista Lombardo (H.E. s.s.)



(Capogruppo Mandataria)



(Mandante)



Prof. Ing. Gabriele Freni
(Mandante)



Dott. Geol. Mario Strinna
(Mandante)



Società cooperativa
(Mandante)

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	RED.	VER.	APPR.
1	SETTEMBRE 2019	OSSERVAZIONI VERIFICATORE	DG	FG	PD
0	FEBBRAIO 2019	PRIMA EMISSIONE	DG	FG	PD



Sommario

Sommario	1
1 Premessa	3
2 Normativa di riferimento	6
3 Descrizione delle opere	8
3.1 Truncu Reale	8
3.2 Porto Torres	9
3.3 Vasca Casteldoria.....	9
4 La campagna di indagine sulle strutture in c.a.	11
5 Metodologia di analisi dei risultati	12
5.1 Resistenza meccanica attraverso carotaggio	12
5.1 Pull out.....	14
5.2 Ultrasuoni	15
5.3 Carbonatazione.....	17
6 Elaborazione dei dati	20
6.1 Prove a compressione del calcestruzzo	20
6.1.1 Casteldoria.....	21
6.1.2 Truncu Reale	21
6.1.3 Porto Torres	22
7 Supplemento di indagini sul torrino di Porto Torres.....	23
8 Il ritiro nel calcestruzzo.....	26
9 La corrosione dell’armatura	30
10 Criteri di progettazione del consolidamento corticale.....	33
10.1 Definizione delle caratteristiche dei materiali	35
10.2 Individuazione delle tecniche di intervento	42
11 Conclusioni.....	43



***“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”***

Progetto esecutivo

12	ALLEGATI.....	45
----	---------------	----



1 Premessa

In fase di redazione del progetto definitivo sono state commissionate ed eseguite indagini specifiche sullo stato di salute delle strutture in cemento armato sia delle vasche che delle camere di manovra per ciascuna area oggetto di intervento.

Le indagini sono state eseguite dalla Impresa **c.m.g. testing srl**, nel mese di giugno del 2013.

Nella Relazione generale del progetto definitivo da ingegnerizzare così si legge:

“Gli interventi sulle tre opere sono stati definiti nel Progetto Preliminare e sviluppati nella presente Progettazione definitiva per l'appalto, in relazione all'esigenza di ripristinarne la completa funzionalità operativa con l'obiettivo di migliorare la capacità di erogazione dell'intero sistema di approvvigionamento dal Coghinas verso le utenze della Sardegna Nordoccidentale e in considerazione del fatto che, inoltre, queste opere conserveranno immutata la loro importanza nel sistema dei due acquedotti gemelli anche a seguito di un totale rifacimento di una o entrambe delle due linee.

Le tre vasche, infatti, si presentano con le opere murarie in calcestruzzo armato in stato di elevato degrado, in particolare per le parti esposte all'aria. Si rende, quindi, necessario, al fine di evitare la compromissione totale e definitiva della loro funzionalità, intervenire con una profonda manutenzione che interesserà anche le dotazioni idrauliche e, nel contempo, installare quelle dotazioni elettromeccaniche e di automazione e controllo che consentano un più agevole e moderno esercizio delle opere, anche con riguardo alla sicurezza degli operatori all'uopo dedicati, e alla possibilità di controllare l'opera a distanza.

Tutti gli interventi sono stati progettati in relazione all'esigenza di contenere al minimo indispensabile il periodo di interruzione del servizio delle vasche e, quindi, gli interventi in ogni sito saranno eseguiti mediante la realizzazione di idonei by-pass provvisori e, laddove possibile, con l'esercizio alternato di una sola delle vasche per ogni nodo o con alimentazioni da fonti alternative.

Le opere qui progettate concorrono, con gli altri interventi realizzati da Abbanoa S.p.a. e a quelli in atto, a rendere il sistema di condotte Coghinas I e II idoneo a garantire un esercizio ottimale delle linee e, mediante il completo interfacciamento



con il sistema di telecontrollo dell'Ente acque della Sardegna, a consentirne un continuo monitoraggio."

Tuttavia, i risultati delle analisi di laboratorio effettuate non sono state analizzate alla luce delle *"Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive."* La cosa riveste una importanza considerevole per la individuazione delle migliori soluzioni tecniche di intervento per soddisfare le gravose condizioni di posa.

La presente relazione ha lo scopo di analizzare criticamente, con riferimento alla normativa vigente, i risultati delle indagini effettuate sulle strutture in conglomerato cementizio armato oggetto di intervento progettuale e, sulla base delle condizioni particolari di uso, individuare le migliori tecniche di consolidamento.

Lo studio delle analisi di laboratorio è stato così articolato:

- accertamento delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo già realizzato;
- diagnosi delle cause dello stato fessurativo su superfici di grande estensione;
- mix-design delle malte e/o dei betoncini, per i nuovi getti, che oltre a garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste, consenta di contrastare efficacemente le cinetiche fessurative indotte sia da un'ambiente di esposizione particolarmente severo, per insolazione e ventilazione, sia da una geometria strutturale tipica di manufatti a sviluppo orizzontale, con elevata superficie esposta;
- individuare le tecniche di getto appropriate e tutti gli accorgimenti necessari ad eliminare i difetti da ritiro.

La articolazione della presente relazione, per raggiungere gli obiettivi prefissati, comprende:

- Capitolo 2: si espone la principale normativa da applicare alle problematiche del consolidamento strutturale.
- Capitolo 3: si riporta una breve descrizione delle opere per facilitare la comprensione del percorso progettuale.
- Capitolo 4: si riportano delle peculiarità della campagna di indagine programmata ed eseguita sulle strutture in conglomerato cementizio armato su cui intervenire.
- Capitolo 5: si illustra la metodologia usata per l'analisi dei risultati di laboratorio e di campo effettuate.
- Capitolo 6: si riporta della elaborazione dei dati.



***“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”***

Progetto esecutivo

- Capitolo 7: riporta delle indagini integrative svolte per il torrino piezometrico di Porto Torres;
- Capitolo 8: si descrive il fenomeno del ritiro nel calcestruzzo.
- Capitolo 9: si analizza il fenomeno della corrosione dell'armatura nelle strutture in conglomerato cementizio armato;
- Capitolo 10: si descrivono i criteri utilizzati per la progettazione dell'intervento di consolidamento.
- Capitolo 11: si riportano le principali conclusioni scaturenti dalle analisi in precedenza svolte.



2 Normativa di riferimento

Il riferimento normativo cogente è rappresentato dal D.M.17.01.2018 e della relativa circolare:

- **D.M. 17.01.2018** e ss.mm.ii;
- **Circolare 21/02/2019 n° 7/C.S.LL.PP.**
- Inoltre, nella redazione del presente studio si è fatto riferimento anche alle seguenti norme volontarie ritenute dallo scrivente utili e conducenti allo scopo:
- **UNI EN 13791** (“Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo”);
- **UNI EN 12504-1** (“Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture - Carote - Prelievo, esame e prova di compressione”);
- **UNI EN 12504-2** (“Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive - determinazione dell'indice sclerometrico”);
- **UNI EN 12504-3** (“Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture - Determinazione della forza di estrazione”);
- **UNI EN 12504-4** (“Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture - Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici”);
- **UNI EN 12390-1** (“Prova sul calcestruzzo indurito - Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme”);
- **UNI EN 12390-2** (“Prova sul calcestruzzo indurito - Confezionamento e stagionatura dei provini per prove di resistenza”);
- **UNI EN 12390-3** (“Prova sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione dei Provini”);
- *“Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive”* emanate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (2008).
- **•UNIEN1504-1:** Definizioni
- **•UNIEN1504-2:** Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo
- **•UNIEN1504-3:** Riparazione strutturale e non strutturale
- **•UNIEN1504-4:** Incollaggio strutturale
- **•UNIEN1504-5:** Iniezione del calcestruzzo
- **•UNIEN1504-6:** Ancoraggio dell'armatura di acciaio



***“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”***

Progetto esecutivo

- **•UNIEN1504-7:** Protezione contro la corrosione delle armature
- **•UNIEN1504-8:** Controllo delle qualità e valutazione delle conformità
- **•UNIEN1504-9:** Principi generali per l'uso dei prodotti e dei sistemi
- **•UNIEN1504-10:** Applicazione in opera di prodotti, sistemi e controllo di qualità dei lavori.



3 Descrizione delle opere

Per la descrizione delle opere ci si rifà a quanto riportato nella Relazione Generale del progetto definitivo.

3.1 Truncu Reale

L'impianto ricade ad una quota di circa 88 metri s.l.m. su un altopiano carbonatico, che costituisce lo spartiacque tra due corsi d'acqua minori. Data la fisiografia non si rilevano indizi di frane in atto o potenziali né problematiche di tipo idraulico, se non sporadici e localizzati fenomeni di ristagno superficiale di scarsa importanza. Ciò nondimeno, poiché il sedime ricade in un'area classificata dal PAI a pericolosità media da frana per fenomeni di subsidenza da sink-hole, è stato necessario investigare il substrato roccioso mediante metodi diretti ed indiretti volti essenzialmente a ricercare la presenza di cavità carsiche che potessero dar luogo a sprofondamenti per crollo di volte calcaree, in particolare per effetto delle sollecitazioni indotte dalle opere in progetto.

Le indagini sismiche hanno rivelato un contesto privo di anomalie di velocità riconducibili a carsismo attivo profondo e confermano, in generale, la stasi di importanti fenomeni di dissoluzione chimica. Quest'ultima si limita agli orizzonti superficiali, più esposti all'azione delle acque meteoriche che producono un diffuso disfacimento della roccia, regressivo con la profondità. Esso è evidente nel confronto tra le stratigrafie ed i profili sismici, in particolare le verticali STTr1 e STTr3 e il Profilo 2, che intersecano il centro della vasca del By-Pass, dove si osserva che:

- sono presenti litotipi alteritici, da limo-argillosi a limo-sabbiosi, dei calcari bioclastici sino a profondità comprese tra 7,70 e 9,30 metri di profondità;*
- sino alla profondità indagata, sulla verticale della vasca di nuova realizzazione non si registrano vuoti carsici ma, al contrario, si evidenzia un rapido progresso delle vP che si può ricondurre alla maggiore compattezza ed elasticità della roccia.*

I litotipi residuali che derivano da tali processi si differenziano per il grado di addensamento, la compressibilità e la resistenza al taglio le quali variano da scadenti a buone, con un rapido incremento al progredire della profondità cui corrisponde un altrettanto rapida riduzione del grado di alterazione.

La roccia lapidea si presenta come un'alternanza di livelli calcarenitici, poco cementati e friabili, e livelli di calcare organogeno più compatto e tenace, localmente



in eteropia di facies. Pur presentando, a scala di ammasso roccioso, parametri di resistenza al taglio modesti per un litotipo lapideo, le caratteristiche geomeccaniche si possono considerare a pieno titolo alla stregua dei migliori litotipi residuali soprastanti.

3.2 Porto Torres

L'intervento ricade nel settore orientale della zona industriale di Porto Torres, su un pianoro carbonatico ad una quota di circa 23 metri s.l.m. Data la fisiografia tabulare, non sono emerse morfologie riconducibili a dissesti gravitativi in atto o potenziali, e non sono state individuate criticità idrauliche legate al reticolo naturale, ormai obliterato dall'espansione del polo industriale. Le linee di drenaggio superficiale, si riconducono in parte in sponda sinistra del tratto focivo del Riu Mannu e in parte entro la rete di smaltimento delle acque bianche, verso la costa.

Il sito non ricade entro aree di pericolosità, idraulica o da frana, perimetrata nell'ambito del PAI e del PSFF.

A corredo dello studio geologico necessario alla realizzazione delle opere in progetto, è stato eseguito un sondaggio geognostico a ridosso dell'attuale torrino piezometrico, dal quale è stata ricavata una sezione litostratigrafica rappresentativa dell'area, con prevalenza di litotipi calcarei, inizialmente in facies bioclastica estremamente fratturata e alterata e, oltre i 13,00 metri, in facies arenaceo-sabbiosa, da sciolta scarsamente competente, a semilapidea, anch'essa con elevato contenuto fossilifero. Il sondaggio, spinto oltre i 16 metri di profondità, non ha intercettato la falda freatica, tuttavia la sua presenza è documentata nell'area, entro l'acquifero carbonatico-arenaceo, a profondità leggermente superiori.

3.3 Vasca Casteldoria

La vasca oggetto di intervento ricade a mezza costa di un piccolo rilievo collinare modellato sulle metamorfici precambriane, su un'area ricavata quasi interamente dallo sbancamento del versante roccioso. La scarpata a monte della vasca, correttamente profilata, non evidenzia problematiche di instabilità superficiale o fenomeni gravitativi profondi.

Il piazzale prospiciente la vasca, mostra alcuni scoscendimenti legati allo scarso costipamento dei materiali di riporto utilizzati per il rinterro degli scavi delle condotte e per la stessa fondazione del piazzale: tali fenomeni, assai localizzati, non coinvolgono la struttura della vasca, fondata sul substrato roccioso.



Quest'ultimo è costituito dall'ammasso metamorfico, intensamente fratturato, ma sostanzialmente sano e tenace e da un filone di porfidi granitici che presenta morfologie predisponenti a piccoli smottamenti esclusivamente lungo lo stradello d'accesso. La vasca, inoltre, ricade su un displuvio ben vegetato e scarsamente permeabile, in cui il deflusso superficiale ha carattere diffuso verso gli impluvi contigui, al limite movimentando il colluvio superficiale e innescando, lungo la viabilità d'accesso, i piccoli smottamenti cui si accennava in precedenza.

L'area non ricade tra quelle perimetrate a pericolosità idraulica o da frana nell'ambito del PAI e del PSFF.



4 La campagna di indagine sulle strutture in c.a.

Con affidamento a ditta specializzata è stata condotta una campagna di indagini sulle strutture in cemento armato esistenti miranti a definire la qualità del calcestruzzo e la resistenza residua delle armature nelle parti d'opera non degradate, atteso che laddove le armature hanno subito una profonda corrosione saranno sostituite all'atto dei lavori.

In particolare, la campagna di prove ha previsto l'effettuazione di:

- prove distruttive (carotaggi, prelievi di armatura, etc.);
- prove semi-distruttive (pull-out);
- esami di laboratorio sui provini estratti (prove a compressione, prove di trazione, etc.).

Le prove condotte hanno consentito di evidenziare che il calcestruzzo e le armature delle parti sommerse delle vasche, sono ancora in ottimo stato e possiedono buone caratteristiche prestazionali. Al contrario, le parti di struttura non bagnate o esposte agli agenti atmosferici si presentano con livelli di carbonatazione da medi ad alti e la successiva corrosione delle armature ha determinato il distacco del copriferro e, in taluni casi, il completo distacco delle barre.

Il Rapporto di prova delle indagini eseguite da **c.m.g. testing srl**, redatto nel mese di luglio del 2013, così si esprime:

L'indagine, eseguita nel mese di giugno 2013, era finalizzata all'esecuzione in sito di prove e prelievi sui materiali costituenti i tre manufatti nonché all'esecuzione di prove in laboratorio sui campioni prelevati.

L'indagine è stata quindi, così articolata:

- Carotaggi con prelievo di carote;
- Determinazione della profondità di carbonatazione;
- Prove di compressione sulle carote prelevate;
- Prelievo di barre d'armatura e prove di trazione e piegamento;
- Indagini pacometriche per l'individuazione dei ferri d'armatura e del loro diametro, nonché per la valutazione dello spessore del copriferro;
- Prove Pull-Out;
- Saggi in fondazione per l'individuazione delle caratteristiche costruttive e dimensionali delle opere fondali.



5 Metodologia di analisi dei risultati

Le analisi, come già detto in precedenza, sono state indirizzate alla individuazione delle resistenze caratteristiche (carotaggi e pull out) e della profondità di carbonatazione, e alla valutazione della omogeneità della massa del calcestruzzo.

Di seguito si riporta una sintesi delle metodologie di analisi e dei risultati di ciascuna caratteristica indagata.

5.1 Resistenza meccanica attraverso carotaggio

Come è noto, nel caso in cui sorgano dubbi sulla qualità e sulla rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, si può procedere ad una valutazione delle caratteristiche meccaniche attraverso una serie di prove sia del tipo non distruttivo che distruttivo (queste ultime oggetto della presente relazione).

La determinazione del valore medio della resistenza a compressione delle carote passa attraverso un rimaneggiamento dei campioni che subiscono vicissitudini e “tormenti” abbastanza significativi: primo tra tutti gli effetti del carotaggio. E’ ovvio che di tutto ciò non si può non tener conto in fase di stima della resistenza media. Di questi aspetti si tiene conto mediante coefficienti di natura empirica inseriti all’interno di formule di correlazione che legano la resistenza “attuale” (quella reale in situ dei calcestruzzi) con quella stimata sulle carote cilindriche, estratte dagli stessi elementi strutturali. Le recenti Norme forniscono alcune indicazioni sulla valutazione della resistenza del calcestruzzo in situ.

Secondo l’ultima versione delle Norme Tecniche per le Costruzioni “Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera R_m (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale). È accettabile un valore medio della resistenza strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all’85% del valore medio definito in fase di progetto.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si farà riferimento alle norme UNI EN 12504-1, UNI EN 12504-2, UNI EN 12504-3, UNI EN 12504-4 nonché alle “Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la



valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo”, come già specificato nel paragrafo 2.

Si procederà nel rispetto del D.M.17.01.2018 e della relativa circolare 21/01/2019 n° 7 del C.S.LL.PP.

Caso A: se il numero dei campioni è minore a 15, si determina il valore medio della resistenza strutturale cilindrica in opera $f_{opera,m}$ dato dalla media dei valori di schiacciamento delle singole carote (questi ultimi moltiplicati per il coefficiente correttivo di 0.83 per passare al valore cilindrico); il valore caratteristico cilindrico di progetto risulta

$$f_{ck}=0.83 \times R_{ck};$$

Il passaggio tra il valore medio cilindrico ed il valore caratteristico è dato da:

$$f_{cm}=f_{ck}+8$$

deve risultare

$$f_{opera,m} \geq 0.85 \times f_{cm} = 0.85 \times (f_{ck} + 8)$$

Nel caso in cui la suddetta verifica non risulti soddisfatta si procede a calcolare, quindi, la nuova resistenza cubica compatibile (potenziale) del calcestruzzo in opera che si ottiene invertendo la formula precedente:

$$f_{opera,k \text{ compatibile}} = f_{opera,m} / 0.85 - 8 = (f_{opera,m} - 6.80) / 0.85$$

e quindi: dato che

$$R_{ck \text{ compatibile}} = f_{opera,k \text{ compatibile}} / 0.83$$

$$R_{ck \text{ compatibile}} = ((f_{opera,m} - 6.80) / 0.85) / 0.83 = (f_{opera,m} - 6.80) / 0.85 \times 0.83$$

Caso B: se il numero dei campioni è superiore o uguale a 15 (numero minimo di campioni prelevati in opera per stimare un valore caratteristico), si determina direttamente il valore caratteristico del calcestruzzo in opera:

$$f_{opera,k} = f_{opera,m} - \sigma \times K$$

dove $f_{opera,m}$ è la media dei risultati degli schiacciamenti delle carote (moltiplicati per 0.83 per ottenere il valore cilindrico) e σ è lo scarto quadratico medio dei campioni esaminati.

Posto che il valore caratteristico cilindrico di progetto risulta

$$f_{ck}=0.83 \times R_{ck};$$

ove R_{ck} è il valore di resistenza caratteristica cubica, deve accadere che

$$f_{opera,k} \geq 0.85 \times f_{ck};$$



Nel caso in cui la suddetta verifica non risulti soddisfatta si procede a calcolare, quindi, la resistenza cubica compatibile o potenziale del calcestruzzo in opera che è pari a:

$$R_{ck\text{ compatibile}} = f_{opera,k} / (0.85 \times 0.83)$$

Nel capitolo seguente, Cap. 6 Elaborazione dei dati, si riportano le elaborazioni dei risultati degli schiacciamenti dei provini delle tre campagne di indagine.

5.1 Pull out

L'indagine pull-out è una prova semidistruttiva (arrecca un danno limitato all'elemento di calcestruzzo: diametro 55 mm, profondità 25mm) per la determinazione della forza di estrazione di un inserto metallico pre-inglobato o post inserito nell'elemento in calcestruzzo da sottoporre a prova.

Tale prova è normata dalla **UNI EN 12504-3** "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione".

La prova si basa sulla corrispondenza esistente tra il carico unitario di rottura a compressione del calcestruzzo e la forza necessaria ad estrarre un inserto metallico standardizzato preinglobato nel calcestruzzo fresco o post inserito nel calcestruzzo indurito.

Tale prova può essere utilizzata per stimare la resistenza in sito, per stabilire quando procedere al post tensionamento, quando rimuovere forme e puntelli, quando interrompere la protezione invernale e la manutenzione, oppure per effettuare prove comparative.

Il principio su cui si basa la prova, infatti, è il seguente: "un piccolo disco metallico (ovvero la parte terminale ad espansione di un opportuno tassello), dotato di uno stelo centrale su un lato, è inserito nel calcestruzzo in modo che lo stelo rimanga sporgente dalla superficie del calcestruzzo. Si misura la forza necessaria per estrarre il disco dal calcestruzzo".

La forza di estrazione è rappresentativa di uno stato di sollecitazione complesso, ma il suo valore è correlabile con la resistenza a compressione. La correlazione tra forza d'estrazione e resistenza a compressione varia al variare della resistenza del calcestruzzo, ma è migliore delle correlazioni esistenti tra resistenza a compressione e indice di rimbalzo o velocità di propagazione delle onde elastiche.

Nel caso di impiego di inserti post-inseriti nel calcestruzzo, la prova si svolge secondo le seguenti modalità:



- a) individuazione di una zona di misura idonea;
- b) i punti di misura devono risultare non coincidenti con aggregati affioranti e sufficientemente distanti dalle barre di armatura, dagli altri punti di misura e dagli
- c) spigoli dell'elemento;
- d) in ogni area di misura si devono effettuare almeno 3 estrazioni. Ogni estrazione deve essere eseguita con la seguente procedura:
 - esecuzione del foro ortogonalmente alla superficie del calcestruzzo;
 - evacuazione della polvere dal foro, inserimento del tassello per tutta la sua lunghezza e sua forzatura per espansione contro le pareti del foro;
 - posizionamento del martinetto sul calcestruzzo ed inserimento del tirante nel foro del martinetto avvitandolo con forza nel tassello;
 - centratura del martinetto rispetto al tassello ed esecuzione della prova di estrazione;
 - incremento della pressione (o del carico) nel martinetto in modo graduale e costante (circa 0.5 ± 0.2 kN/s);
 - rilievo della forza F di estrazione, in kN e registrazione del risultato.

Effettuate le estrazioni, verrà calcolata la media tra valori di F. Qualora uno di essi si discosti di più del 20% dal valore medio, tale valore dovrà essere sostituito dal risultato di un'ulteriore estrazione eseguita in prossimità delle altre; se anche in questo caso il criterio di accettazione non risulta verificato si dovranno ripetere le 3 estrazioni in una nuova zona adiacente.

La correlazione tra la forza d'estrazione F, ricavata dalla pressione misurata al martinetto, e la resistenza cubica Rc è del tipo: $R_c = A + B F$

in cui i coefficienti A e B sono opportunamente calibrati mediante prove distruttive a compressione su carote.

5.2 Ultrasuoni

Le cosiddette prove ad ultrasuoni di "trasparenza" si eseguono nell'ambito dei controlli non distruttivi per la determinazione delle caratteristiche elastiche e meccaniche e sono attualmente considerate un importante mezzo di supporto per le indagini su omogeneità del calcestruzzo, difetti di getto, variazioni delle proprietà (dovute a degrado, a sollecitazioni, ecc.), modulo di elasticità dinamico, coefficiente



di Poisson dinamico, stima della resistenza del calcestruzzo (in combinazione con altre determinazioni).

Il funzionamento dell'apparecchiatura si basa sugli effetti della propagazione di impulsi vibrazionali applicati ad un mezzo solido facendo leva sui seguenti principi:

- La velocità con cui gli impulsi applicati si propagano è funzione delle caratteristiche elastiche del mezzo utilizzato e della sua densità.
- Le disomogeneità (dovuta a fessure, zone degradate, cavità, ecc.) alterano la velocità di propagazione e attenuano il modulo dell'onda di vibrazione.

L'impulso può essere generato mediante un trasmettitore sonico elettrodinamico (utilizzando una pastiglia di ceramica piezoelettrica) o mediante una semplice sollecitazione meccanica (tramite un martelletto).

Per la rilevazione del segnale è utilizzato un ricevitore costituito da una sonda di tipo piezoelettrico uguale a quella trasmettitrice.

Mediante il sistema di preamplificazione, amplificazione e filtraggio il segnale generato dalla sonda ricevitrice è trasmesso al sistema di elaborazione della misura in condizioni ottimali; il sistema provvede quindi alla visualizzazione sul monitor del computer.

Il controllo della prova, l'acquisizione e la gestione dei dati sono eseguiti mediante il computer dell'apparecchiatura se supportato dall'apposito software per prove di trasparenza.

Per eseguire misure anche in condizioni estremamente gravose o su spessori consistenti di materiale, può essere utilizzato un trasmettitore meccanico a bassa frequenza (TIME BREAK) che consente una notevole penetrazione nel mezzo.

Essenzialmente, la risposta grafica dell'impulso ultrasonico applicato al mezzo solido, consente lo studio di tre parametri fondamentali:

1. il ritardo in ricezione dell'impulso delle onde per determinare la velocità di propagazione del mezzo;
2. la tipologia della forma d'onda onde evidenziare la presenza di fratture nel mezzo (presenza di uno o più assi);
3. ampiezza e frequenza delle onde longitudinali e trasversali.

Da un attento studio di questi parametri è possibile risalire alle caratteristiche elasto-meccaniche del materiale.

C'è, comunque, da sottolineare che nonostante la già discreta presenza di bibliografia in merito a questa nuova tecnica, le letture ed i risultati hanno matrice prettamente



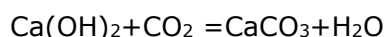
sperimentale e comunque non univoca, se non accettando approssimazioni dell'ordine del 10%. Di conseguenza questo risulta un metodo di indagine comparativo ed acquista carattere scientificamente oggettivo solo se abbinato a indicazioni di partenza concrete.

5.3 Carbonatazione

Il calcestruzzo armato per le sue caratteristiche sia di resistenza meccanica, durabilità e possibilità di assumere le più svariate forme, è diventato il materiale da costruzione più importante del nostro tempo, questo risulta favorito sia dal buon comportamento reciproco dei due materiali accoppiati, sia dalla passivazione dei ferri d'armatura indotta dal pH elevato del calcestruzzo.

Anche se detto materiale risulta ormai il più diffuso, purtroppo non risulta immune, anche a dispetto di una corretta progettazione e procedura di costruzione, da tutta una serie di inconvenienti dovuti a svariati fattori, alcuni in generale non presi in considerazione in fase di progettazione, che possono influire sulla qualità e durata del calcestruzzo armato, tra i questi si possono sicuramente individuare: acqua, gelo, attacco di sostanze chimiche, carbonatazione da CO₂, influssi ambientali di svariato genere, copri ferri limitati, tensioni elevate ecc..

Tra tutte le problematiche su esposte la carbonatazione in generale risulta essere quella con maggiore incidenza, è un processo che consiste nella trasformazione in carbonato di calcio dell'idrossido di calcio presente nel calcestruzzo con l'ausilio dell'anidride carbonica presente nell'atmosfera e dell'umidità secondo la reazione semplificata:



Il fenomeno si manifesta con un aumento della resistenza a compressione del cls (diventa sempre più "pietra") ma un abbassamento del pH che non permette al cls di consentire la passivazione dell'armatura che sarà soggetta a corrosione con tutti gli inconvenienti che questa comporta

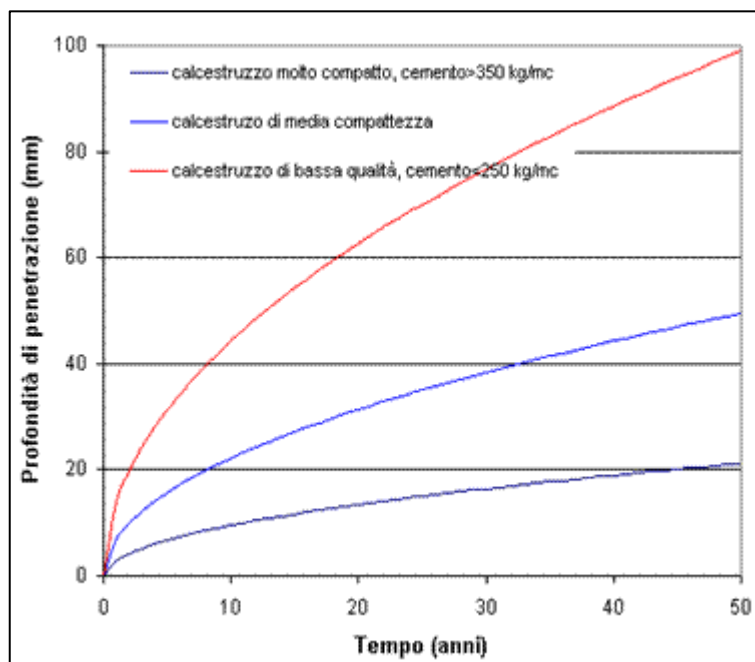
L'avanzamento del fenomeno della carbonatazione dipende oltre che dalla concentrazione della CO₂ nell'aria e dalla presenza di umidità, principalmente anche dalla qualità del calcestruzzo, dallo spessore del copriferro oltre che dal tempo.

A parità di umidità la velocità di penetrazione dipende dalla qualità del calcestruzzo. I calcestruzzi con alto tenore di cemento, molto compatti e maturati lentamente presentano permeabilità ridottissima rispetto a calcestruzzi di qualità inferiore. Va



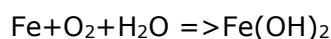
detto che i calcestruzzi moderni, più leggeri e con tempi di maturazione ridotti risultano più sensibili alla carbonatazione, in quanto più porosi.

Il grafico riporta l'avanzamento della carbonatazione per tre differenti tipi di calcestruzzo esposto all'atmosfera ma protetto da pioggia battente



La carbonatazione del calcestruzzo favorisce la corrosione delle barre di armatura nel cemento armato. La corrosione è un processo chimico in cui i materiali costituiti prevalentemente da ferro metallico tendono per loro natura a combinarsi con l'acqua e l'ossigeno per trasformarsi (attraverso un processo denominato di ossido-riduzione) in ossidi di ferro, cioè in ruggine.

Simbolicamente si può scrivere:



Questo processo risulta evidente nelle barre di armatura che vengono lasciate per un certo periodo all'aperto sotto gli agenti esterni, mentre viene in massima parte eliminato quando le barre sono inserite in una matrice cementizia. Si potrebbe pensare che il calcestruzzo che copre le barre di armatura (copriferro) eviti con il suo spessore il contatto con l'ossigeno e l'umidità esterna e, quindi, preservi dalla corrosione le barre. Questa ipotesi non è corretta, infatti, il calcestruzzo è un materiale altamente poroso e tutt'altro che impermeabile. Ciò che preserva dalla



corrosione le barre è l'ambiente fortemente basico ($\text{pH} > 13$) in cui esse si trovano quando sono inserite nella matrice cementizia. Infatti, in queste condizioni, sul ferro si forma un sottile film di ossido ferrico impermeabile e adesivo al substrato metallico che impedisce all'ossigeno e all'umidità di raggiungere il ferro metallico e di attivare il processo di corrosione. In queste condizioni si dice che il ferro si protegge in maniera passiva. Purtroppo, altri processi intervengono a limitare questo tipo di protezione gratuita delle barre di armatura: in primo la carbonatazione.

Questo fenomeno è dovuto all'anidride carbonica presente nell'atmosfera che tende a neutralizzare l'ambiente basico del calcestruzzo facendo scendere il pH del copriferro a valori inferiori a 9. In queste condizioni il film protettivo intorno alle barre di armatura diventa poroso ed incoerente e non è più in grado di bloccare l'accesso dell'ossigeno e dell'umidità al substrato metallico. Avviene, quindi, la trasformazione del ferro in ruggine (6-7 volte più voluminosa del metallo) che comporta prima la fessurazione e infine l'espulsione del copriferro.

Da quanto detto risulta evidente che la carbonatazione non danneggia direttamente il calcestruzzo e neppure i ferri di armatura; essa crea solo le condizioni favorevoli al processo di corrosione da parte dell'ossigeno e dell'umidità. Così si può affermare che mentre H_2O e O_2 sono i veri responsabili della corrosione nelle barre di armatura, la CO_2 riveste un ruolo di complice in tale processo.

Gli accorgimenti da prendere per difendersi dalla corrosione promossa da carbonatazione sono sostanzialmente due:

- 1) La riduzione del rapporto acqua/cemento che rende la matrice cementizia meno porosa, più compatta e quindi meno penetrabile sia dal complice (CO_2) che dai responsabili della corrosione (H_2O e O_2)
- 2) L'aumento dello spessore del copriferro che rende più lunghi e tortuosi i processi sia di corrosione che di carbonatazione.

Le nuove norme UNI-EN 206 distinguono 4 differenti classi di esposizione (XC1, XC2, XC3, XC4) riferite alla corrosione delle armature metalliche promossa dalla carbonatazione per effetto dell'esposizione all'aria umida. Per ogni classe tali norme indicano (in maniera quantitativa) gli accorgimenti da prendere sia in termini di rapporto a/c sia in termini di spessore del copriferro per una corretta progettazione strutturale rivolta anche alla durabilità dell'opera.

L'aumento del copri ferro e la impermeabilizzazione del calcestruzzo "nativo" sono due accorgimenti da prendere.



6 Elaborazione dei dati

I dati di laboratorio e di campo riportati nel rapporto di prova non sono tra loro collegati e non si ha una visione unitaria e integrata del calcestruzzo indagato.

Lo scopo del presente paragrafo è quello di analizzarli in modo integrato arrivando ad esprimere un giudizio sul calcestruzzo delle opere in conglomerato cementizio armato indagato e da consolidare.

6.1 Prove a compressione del calcestruzzo

Nel nostro caso, dal momento che sono stati prelevati e sottoposti a rottura campioni per ciascuna delle tre aree, ognuna delle quali ha una propria storia costruttiva, le analisi saranno ben distinte, una per ciascuna vasca.

I carotaggi eseguiti sono stati i seguenti:

- Casteldoria n. 6
- Truncu Reale n. 5
- Porto Torres n. 6

L'obiettivo è quello di valutare ciascuna area di ciascuna vasca come struttura a sé stante facendo riferimento al caso A del paragrafo 5.1 del presente elaborato.

A seguire i risultati delle indagini condotte per ciascuna delle tre vasche.



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”**

Progetto esecutivo

6.1.1 Casteldoria

Vasca di carico di Casteldoria				
			Rcarota [N/mm ²]	fcarota [N/mm ²]
1	Platea, interno vasca	C 1	28,25	23,45
2	Muro per. Trasv. Interno vasca	C2	33,93	28,16
3	Muro per. Long. Interno vasca	C3	38,28	31,77
4	Platea, interno vasca	C4	41,57	34,5
5	Muro per. Long. esterno vasca	C5	23,33	19,36
6	Muro per. Long. esterno vasca	C6	36,65	30,42
	f _{opera, m}			27,94
	f _{opera, k compat} =(f _{opera, m} -6,80)/0,85			24,87
	f _{opera, m} >0,85 f _{cm} =0,85 x (f _{ck} +8)= 0,85 (0,83*25+8)= 24,4 N/mm ²		controllo superato	
		Rck -Classe compatibile	(f cil media carote - 6,80) /(0,83x 0,85)	29,97

I valori delle resistenze a compressione registrate danno un calcestruzzo accettabile.

6.1.2 Truncu Reale

Vasca di carico di Truncu Reale				
			Rcarota [N/mm ²]	fcarota [N/mm ²]
1	Muro per. long. esterno vasca	C 1	39,30	32,62
2	Muro per. long. esterno vasca	C2	32,41	26,90
3	Solettone muro sostegno, inteno vasca	C3	25,40	21,08
4	Muro per. Trasv. interno vasca	C4	37,20	30,88
5	Muro per. Trasv. esterno vasca	C5	21,54	17,88
	f _{opera, m}			25,87
	f _{opera, k compat} =(f _{opera, m} -6,80)/0,85			22,44
	f _{opera, m} >0,85 f _{cm} =0,85 x (f _{ck} +8)= 0,85 (0,83*25+8)= 24,4 N/mm ²		controllo non superato	
		Rck -Classe compatibile	(f cil media carote - 6,80) /(0,83x 0,85)	27,03

Il valore della resistenza caratteristica non è adeguato a quello atteso. Tuttavia, tale indagine statistica è condizionata da un valore molto basso di una delle carote.



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”**

Progetto esecutivo

6.1.3 Porto Torres

Vasca di carico di Porto Torres				
			Rcarota [N/mm ²]	fcarota [N/mm ²]
1	Solettone muro sostegno, interno vasca	C 1	31,48	26,13
2	Muro per. Trasv. esterno vasca	C2	30,47	25,29
3	Muro per. Trasv. esterno vasca	C3	47,82	39,69
4	Muro per. Trasv. interno vasca	C4	45,59	37,84
5	Muro per. Trasv. interno vasca	C5	38,16	31,67
6	Platea, interno vasca	C6	31,24	25,93
	$f_{opera, m}$			31,09
	$f_{opera, k \text{ compat}} = (f_{opera, m} - 6,80) / 0,85$			28,58
	$f_{opera, m} > 0,85 \text{ fcm} = 0,85 \times (f_{ck} + 8) = 0,85 (0,83 \times 25 + 8) = 24,4 \text{ N/mm}^2$		controllo superato	
		Rck -Classe compatibile	$(f_{cil \text{ media carote}} - 6,80) / (0,83 \times 0,85)$	34,43

I valori delle resistenze a compressione registrate danno un calcestruzzo accettabile.



7 Supplemento di indagini sul torrino di Porto Torres

Dai rilievi effettuati con il laser scanner è emerso che il degrado strutturale del torrino piezometrico di Porto Torres era classificabile tra medio e profondo.

Per questo motivo si è ritenuto prudente effettuare una specifica indagine sul paramento in oggetto, mirata a identificare con precisione le cause del degrado (carbonatazione, cloruri, etc.), valutare la resistenza del calcestruzzo, così da stabilire i loro possibili effetti sulla sicurezza strutturale.

Allo scopo di individuare l'esistenza di processi di corrosione all'interno degli elementi strutturali è stato ritenuto opportuno richiedere analisi chimiche sulle carote.

Sui carotaggi, eseguiti sia nelle zone con calcestruzzo ammalorato che in quelle con calcestruzzo sano, si è suggerito di eseguire analisi chimiche, sezione per sezione, procedendo dall'esterno verso l'interno, in modo da controllare la quantità di cloruro presente. In tal modo, si è voluto valutare se il cloruro fosse già presente all'interno dell'originario impasto di calcestruzzo, o se sia penetrato dall'ambiente esterno ed eventualmente la sua profondità di penetrazione.

I prelievi di carote sono stati realizzati nella parte più bassa del torrino, a metà altezza circa e, infine, in sommità.

Ove possibile, le carote hanno coinvolto l'intero spessore delle pareti del torrino. Su ognuna delle tre sezioni indagate sono stati prelevati quattro campioni in posizioni diametralmente opposte.

Le indagini dovranno essere finalizzate a conoscere i seguenti aspetti:

- Resistenza allo schiacciamento
- Aggressione dei cloruri
- Carbonatazione
- Analisi sulle armature.

Sulla base di tali esigenze, ENAS ha predisposto un approfondimento di indagini commissionando a GEOSYSTEM quanto richiesto dagli scriventi.

L'esito delle risultanze di tali indagini suppletive ha confermato le perplessità degli scriventi.

Dalla relazione di accompagnamento dei risultati prodotta da GEOSYSTEM si legge quanto segue: *Secondo le indicazioni dei progettisti si sono indagate tre aree della canna principale del Torrino a diverse quote (All.1).*



La prima area (Zona n°1) indagata interessa la zona a quota + 1,40 dal piano campagna e su quattro punti secondo il disegno allegato (All.2).

Su questa fascia sono state prelevate n°4 carote da Φ 100 mm e profonde mediamente 150 mm. (Prove di Compressione e Carbonatazione e n°4 carote da Φ 75 mm e profondità medie di 100 mm. per la determinazione di Penetrazione degli ioni cloruri .

Non sono stati prelevati elementi relativi all'armatura perché si trovano a oltre 10 cm di profondità. Valore confermato dall'indagine eseguita con Pacometro.

La seconda area (Zona n°2) indagata è relativa alla quota + 16.00 mt dal piano di campagna nei punti 1B e 2B (All.2).

I punti sono stati soltanto due perché non è stato possibile accedere alle altre poiché lo stazionamento del cestello è stato impedito per la presenza di strutture esistenti. La scelta è stata inoltre condizionata dalla qualità del calcestruzzo che non ha garantito la tenuta dei tasselli di fissaggio del Carotiere.

E' stato inoltre complicato intercettare l'armatura presente perché in queste due aree il copriferro era superiore ai 7/8 cm e la rilevazione del ferro con il Pacometro non ci ha permesso di trovare zone prive di ferro.

Questo ha comportato diversi tentativi per non intercettare le armature.

Quindi ci sono voluti diversi spostamenti per trovare una area libera su cui prelevare una carota idonea per le prove di Compressione.

Nella zona 1B è stato possibile prelevare soltanto una carota per la prova di compressione e una per le prove di Ioni Cloruri.

Nella zona 2B per gli stessi problemi incontrati nella zona 1B si è potuto prelevare soltanto carote con altezze non superiori ai 10 cm quindi insufficienti per le prove a compressione ma buone per le determinazioni della Profondità di Carbonatazione e degli Ioni Cloruri.

Durante le indagini è stato potuto osservare che nonostante il copri ferro sia significativo (7/8 cm) l'acciaio intercettato si presenta fortemente ossidato.

La terza parte (Zona n°3) indagata a quota + 22.00 mt dal piano di campagna ha presentato difficoltà notevoli per eseguire i prelievi del calcestruzzo (All.3).

Le difficoltà sono state condizionate dal significativo degrado del calcestruzzo.



Infatti, il degrado molto profondo, oltre i dieci centimetri, non ha permesso il fissaggio della carotatrice e in modo particolare poneva gli operatori in pericolo di caduta di grossi pezzi di calcestruzzo che sottoposto a sollecitazioni anche lievi tendeva a staccarsi in grosse porzioni.

Prelievo barre d'acciaio

Non è stato possibile prelevare barre d'acciaio rappresentative perché si sono presentate situazioni molto diverse che ne hanno impedito il prelievo.

In alcune zone le armature si presentavano molto superficiali e molto ossidate tanto da aver ridotto il proprio diametro di oltre 80% mentre nelle altre aree il copri ferro superava i 7/8 cm per cui era necessario demolire spessori importanti di calcestruzzo per riuscire a prelevare parti di armature significative.”

Dalle risultanze delle analisi emerge che le condizioni del calcestruzzo sul primo anello del torrino, dal basso verso l'alto, presenta caratteristiche meccaniche accettabili con valori medi di circa $31,0 \text{ N/mm}^2$; i fenomeni di carbonatazione sono scarsi.

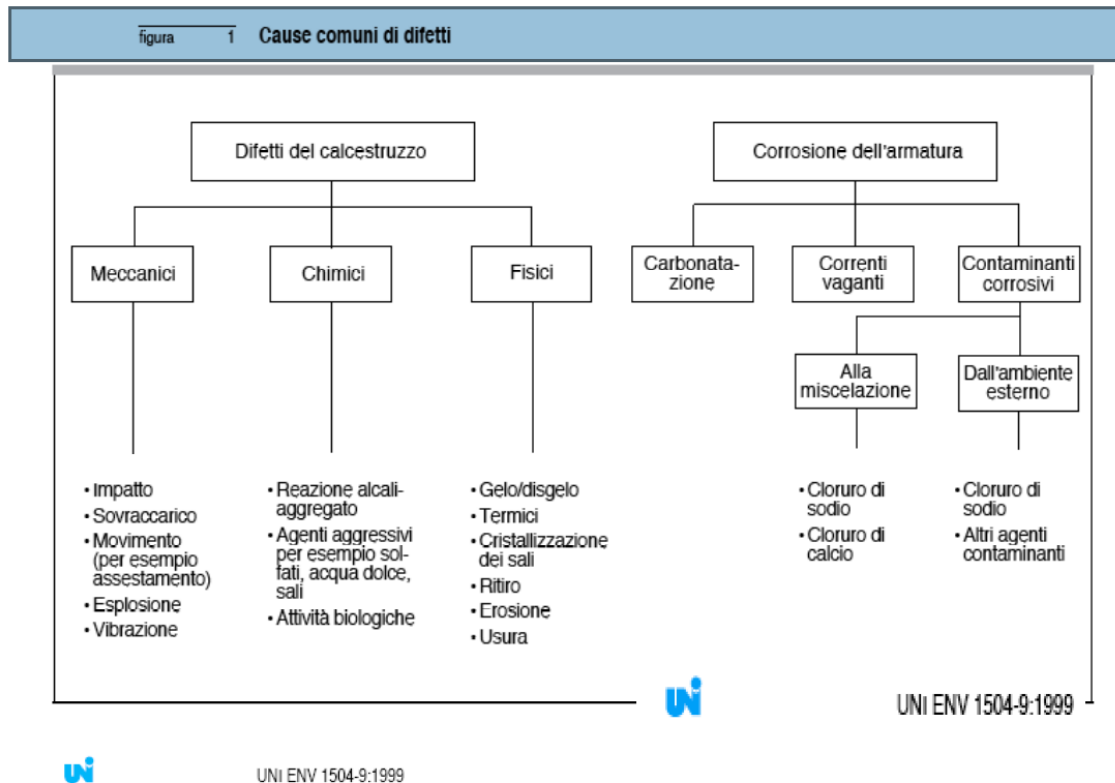
Le cose cambiano salendo già a circa 15,00 metri di altezza: la resistenza del calcestruzzo scende a $26,4 \text{ N/mm}^2$, mentre, la carbonatazione presenta valori abbastanza elevati; anche la presenza di cloruri diventa notevolmente maggiore dei campioni prelevati alla base del torrino.

A 22,00 metri di altezza non si è riusciti a prelevare carote per la non adeguatezza del calcestruzzo, come sopra riportato.



8 Il ritiro nel calcestruzzo

La fessurazione da ritiro nel calcestruzzo è catalogata dalla norma UNI 1504-9 come uno dei comuni difetti provocati da cause di tipo fisico.



In tal senso la norma specifica al punto B.6.2.1: *“Le fessure le cui larghezze sono comprese entro i limiti definiti nella norma europea sperimentale ENV 1992-1-1 e che sono controllate dall’armatura sono normali nel calcestruzzo armato. Altre fessure si possono formare per diverse ragioni, per esempio a causa del ritiro plastico, della contrazione termica, del calore di idratazione o come risultato di un sovraccarico. Le cause della formazione di fessure e gli effetti sulla struttura dell’ingresso di infiltrazioni dovrebbero essere stabili”*.

Sulle azioni da ritiro e le deformazioni indotte, (la letteratura scientifica dispone sull’argomento un ampio repertorio, considerato che questi fenomeni accompagnano sempre i processi di indurimento del calcestruzzo), riteniamo utile fare riferimento a



quanto riportato nelle Linee Guida su Calcestruzzi strutturali ad alta resistenza della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale.

Le deformazioni per ritiro e scorrimento viscoso (creep) *"sono deformazioni del calcestruzzo dipendenti dal tempo, che hanno origine dai movimenti di acqua nella pasta cementizia. L'aggregato lapideo naturale non subisce né ritiro né scorrimento viscoso, ma anzi svolge azione di contrasto alle deformazioni della matrice legante, e l'effetto esercitato dipende dal rapporto in volume pasta/cemento, dal modulo elastico dell'aggregato e dal suo diametro massimo.*

Il ritiro (a) è collegato al passaggio di acqua dal materiale all'ambiente di esposizione, (b) dipende dalle variazioni di volume dovute ai processi chimici di idratazione e di carbonatazione, e (c) non ha alcuna relazione con lo stato pensionale, cioè i carichi."

Più avanti la stessa Guida, sulla scorta delle conoscenze sperimentali e scientifiche del fenomeno, riporta la seguente classificazione:

"I dati di laboratorio e l'esperienza in opera dimostrano che nel calcestruzzo si possono distinguere tre tipi di ritiro:

- di essiccazione che si manifesta quando il calcestruzzo, per essere in equilibrio con l'umidità relativa dell'ambiente di esposizione, deve cedere acqua (se l'umidità relativa UR è maggiore di quella esistente nel calcestruzzo, è l'ambiente a cedere acqua ed il materiale si rigonfia). Il trasferimento di acqua, sia in un senso che nell'altro, avviene allo stato di vapore, attraverso la superficie esposta all'ambiente esterno; ne segue che il processo di essiccazione di un manufatto interessa prima la superficie e poi procede all'interno, con ciò comportando il sorgere di gradienti di umidità.*
- autogeno (chimico o di autoessiccazione o endogeno), dovuto alla diminuzione di volume che accompagna la reazione tra i costituenti del cemento e l'acqua; il fenomeno è isotropo ed è particolarmente rilevante nei calcestruzzi con rapporto a/c inferiore a 0,4.*
- di carbonatazione associato alla diminuzione di volume della reazione tra l'anidride carbonica dell'ambiente e i prodotti di idratazione del cemento.*

... Per il calcestruzzo ordinario è comune indicare il ritiro totale con il ritiro di essiccazione essendo il contributo delle altre due forme talmente piccolo da poter essere ignorato."

Per avere un ordine di grandezza delle misure in gioco, si riporta il grafico presente nel testo del S.T.C. come fig. 7.4

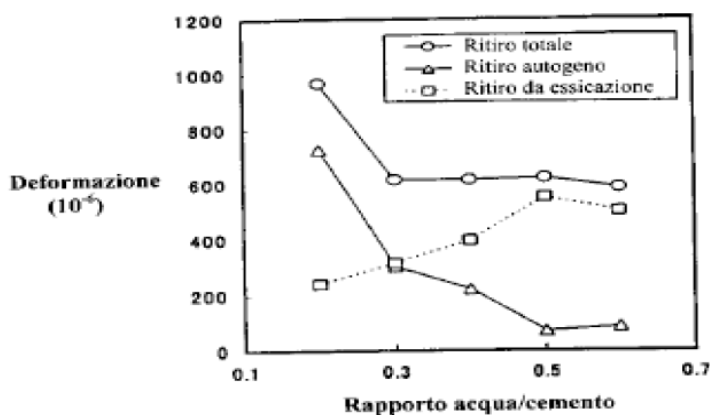


Fig. 7.4 - Varie forme di ritiro nel calcestruzzo [4.5]: totale, autogeno e da essiccazione, in funzione del rapporto a/c.

L'osservazione dei difetti fessurativi sviluppatasi nelle pareti delle vasche sia per la configurazione geometrica sia per cinetica di sviluppo rimandano ad una fenomenologia da ritiro plastico.

Il ritiro plastico, in particolare, è un fenomeno che si sviluppa nel calcestruzzo durante le prime ore (anche 10-12) successive al getto.

Esso è legato alle variazioni dimensionali conseguenti a:

- Diminuzione di volume nella trasformazione cemento + acqua in gel di cemento;
- Espansione dovuta all'aumento di temperatura (calore di idratazione);
- Contrazione dovuta alla perdita d'acqua per evaporazione, assorbimento dell'inerte e delle casseforme;
- Sedimentazione accompagnata da bleeding;
- Presenza di forze interparticellari che dipendono dalla composizione del cemento.

Il ritiro plastico si manifesta in concomitanza della perdita d'acqua della superficie del calcestruzzo a causa dell'evaporazione e del verificarsi del bleeding. Tuttavia, mentre il bleeding è una contrazione in senso verticale, il ritiro plastico è una contrazione in senso orizzontale dovuta all'insorgere di forze di capillarità.

Il fenomeno è funzione dei seguenti fattori:

- La velocità del bleeding è dello stesso ordine di grandezza della velocità di evaporazione dell'acqua da una superficie aperta;



- Fintantoché sulla superficie è presente un velo d’acqua continuo generato dal bleeding non si verificano particolari problemi;
- Se la velocità di evaporazione è superiore alla velocità di bleeding la superficie si asciuga e si formano i menischi tra le particelle solide che innescano forze di capillarità che tendono a far risalire l’acqua.

In realtà, poiché il calcestruzzo è ancora fresco le particelle solide sono mobili e tendono a scendere.

La presenza di ostacoli alla sedimentazione dei solidi, come le armature, la riduzione dell’acqua presente e la densificazione dei solidi che sedimentano, fa sì che l’affioramento d’acqua si esaurisca.

La formazione dei menischi sulla superficie del calcestruzzo determina forze di contrazione parallele alla superficie che sono la causa meccanica del ritiro plastico. E’ chiaro che il ritiro plastico è fortemente condizionato dai fattori che accelerano l’evaporazione dalla superficie del getto:

- Temperatura del getto e dell’aria;
- Umidità relativa dell’aria;
- Velocità del vento;
- Irraggiamento solare;
- Assorbimento degli inerti e delle casseforme.

Per quanto detto è chiaro che i manufatti più vulnerabili alle fessure da ritiro plastico sono quelli con estese superfici orizzontali (solette, platee ecc.).

Le fessure possono avere aperture comprese fra 0.2 e 3 mm, lunghezza di diversi metri e profondità anche di 15 cm circa.



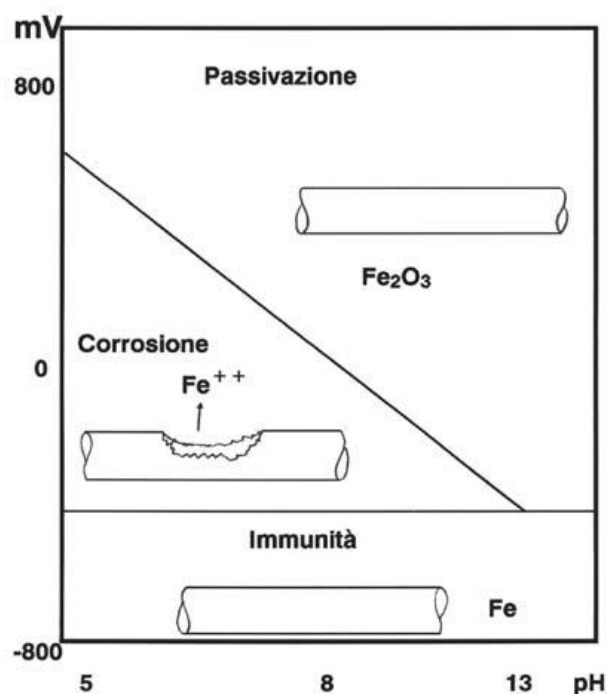
9 La corrosione dell'armatura

Il fenomeno della corrosione interessa specificamente le armature ed è dovuto all'interazione elettrochimica dei metalli con l'ambiente che li circonda, con formazione di pile, o meno frequentemente nell'ambito delle costruzioni civili, di celle elettrolitiche. Una caratteristica significativa della maggior parte dei fenomeni di corrosione è che i prodotti di reazione occupano un volume maggiore del metallo da cui provengono.

Sebbene i fenomeni corrosivi sulle armature siano spesso confinati a ridotte porzioni della struttura, le loro conseguenze sono notevoli e non riguardano solo gli aspetti funzionali ed esteriori delle opere interessate dal processo, ma anche gli aspetti strutturali e quindi le condizioni di sicurezza.

Ma quali sono le cause della corrosione?

La possibilità che nei metalli avvengano reazioni di corrosione è legata al potenziale del metallo rispetto alla soluzione di contatto e al pH della soluzione stessa. Numerosi equilibri di sistemi metalli-acqua sono raccolti nei diagrammi potenziale-pH, noti come diagrammi di Pourbaix.

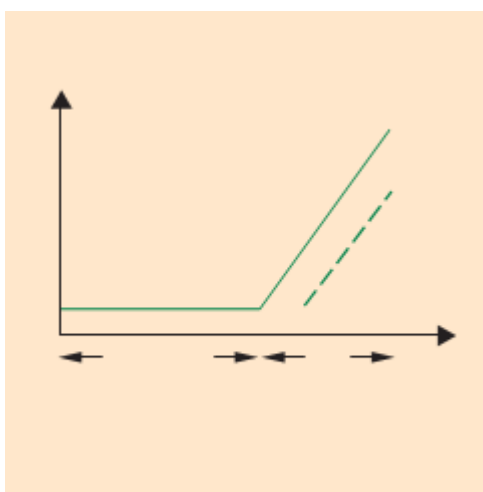


Potenziale dell'armatura rispetto alla pasta di cemento: diagramma di Pourbaix



In ambiente basico con $\text{pH} > 11,5$ il ferro si ricopre di un ossido denso, compatto ed aderente al sottostante supporto di ferro metallico, che creando una barriera impenetrabile all'ossigeno ed all'umidità, lo porta in condizioni di passività, cioè in condizioni caratterizzate da una velocità di corrosione così lenta, da ritenerla trascurabile. Le armature nel calcestruzzo in genere si comportano allo stesso modo, poiché la pasta di cemento contiene quantità rilevanti di idrossidi alcalini e quindi il pH ha un valore prossimo a 14. Fintanto che permane la favorevole condizione di passivazione in cui si trova l'acciaio nel calcestruzzo, l'acciaio stesso si mantiene integro ed efficiente; non appena però tale condizione viene alterata, inizia a formarsi un tipo di ossido di ferro idrato, di elevato volume specifico, che causa sul calcestruzzo circostante tensioni di compressione, ed alla superficie dell'elemento costruttivo tensioni di trazione.

Di conseguenza si formano fessure che corrono parallelamente ai ferri di armatura superficiali, che si ampliano progressivamente fino al distacco di scaglie di conglomerato.



Tra i principali fattori responsabili della perdita di passività si devono ricordare:

- la variazione del pH della pasta di cemento (**CARBONATAZIONE**): l'anidride carbonica presente nell'atmosfera quando viene a contatto con il calcestruzzo reagisce con i suoi componenti alcalini per dare carbonati, soprattutto di calcio. La conseguenza del processo di carbonatazione è che il pH si riduce dal valore usuale di 12,5-13,5 fino ad 8-9, cioè ben al di sotto del valore necessario per



assicurare le condizioni di passività. La carbonatazione è la causa di degrado più frequente, che spesso indica di intervenire sulla struttura in maniera diffusa, anche se gli effetti dell’ammolimento sono solamente localizzati. Infatti, spesso il progettista tenderebbe ad optare per un intervento solamente localizzato in corrispondenza degli effetti della corrosione, ma questo è un intervento non a regola d’arte e non garantisce la necessaria durabilità all’opera ripristinata, visto che anche nella parte di struttura apparentemente sana, la corrosione è in atto e gli effetti a breve diventeranno conclamati. È quindi generalmente necessario asportare tutto il calcestruzzo carbonatato, anche in assenza di degrado evidente, al fine di realizzare un intervento a regola d’arte e con la massima durabilità.

- la **PRESENZA DEI CLORURI**: i cloruri solubili sono presenti nel calcestruzzo sia perché apportati dai vari componenti dell’impasto, sia perché capaci di diffondere all’interno se presenti nell’ambiente (acqua di mare, sali disgelanti). Una piccola quantità di ione cloruro è sufficiente a modificare la morfologia dello strato di ossido passivante, formando ioni complessi instabili, provocando una riduzione di pH ed un riciclaggio di ione cloro.



10 Criteri di progettazione del consolidamento corticale

Gli aspetti fondamentali da considerare nell'affrontare un intervento come quello in argomento sono di seguito elencati:

- indagini ed individuazione delle cause del degrado
- individuazione dell'entità del degrado
- individuazione della tecnica di intervento
- definizione delle caratteristiche dei materiali

Una importante guida al ripristino delle strutture in c.a. è rappresentata dalla UNI EN 1504 *“Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo: Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e dei sistemi”*.

L'obiettivo primario di un intervento di consolidamento consiste nel garantire la resistenza del complesso strutturale alle azioni di progetto prevedibili per l'intero periodo di vita utile residuo fissato, assicurando al contempo sufficiente durabilità ed il soddisfacimento della funzionalità in esercizio. I criteri generali cui devono ispirarsi gli interventi di consolidamento delle costruzioni sono diversi a seconda che si debba in alternativa:

- ripristinare semplicemente l'integrità di ogni parte del manufatto;
- eseguire un complesso di opere di rafforzamento che rendano il manufatto stesso atto a resistere alle azioni di progetto.

Nei due casi l'intervento è rivolto o al semplice recupero delle caratteristiche di resistenza originarie o all'aumento delle stesse, che si rende necessario per far fronte ad azioni non previste in fase di progetto, ad una variazione della destinazione funzionale o per ovviare a tutte le possibili cause di degrado strutturale.

Nel caso in esame, dopo avere riscontrato la buona consistenza del calcestruzzo, lo scopo dell'intervento pianificato con il progetto definitivo è stato quello di ripristinare semplicemente l'integrità di ogni parte di vasche, torrini e camere di manovra.

A seguito dell'esecuzione delle indagini, sono state determinate le condizioni delle strutture che generalmente non hanno presentato situazioni omogenee di degrado e quindi, hanno richiesto diversi metodi di intervento in funzione del tipo, profondità ed estensione del problema.

Le condizioni riscontrate durante i rilievi con laser scanner, incrociate con le indagini di laboratorio effettuate nel 2013, hanno portato alla individuazione delle seguenti tre entità di degrado:



- LIEVEMENTE DEGRADATA (ripristino millimetrico)
- MEDIAMENTE DEGRADATA (ripristino centimetrico da 1 a 5 cm)
- PROFONDAMENTE DEGRADATA (ripristino decimetrico)

Per ciascuna delle tre condizioni di degrado di seguito si indicano le possibili modalità di intervento.

Superficialmente degradata

Qualora le indagini abbiano rivelato assenza di contaminazione profonda e la presenza di degrado limitato ad uno strato corticale di spessore esiguo (ad esempio da 1 fino a 10 millimetri) il metodo di intervento consiste nella rasatura, cioè nell'applicazione di uno strato di prodotto da restauro di spessore limitato previa asportazione della parte ammalorata.

Situazioni di questo tipo si riscontrano a seguito dell'azione di un numero limitato di cicli di gelo/disgelo, di debole attacco chimico, di condizioni di esercizio che comportano abrasione ed erosione, di elementi strutturali in cui alcuni ferri di armatura (staffe) risultano fin dall'inizio collocati troppo vicino alla superficie (copriferro da 0 a 2-3 mm).

Mediamente degradata

Viene qualificata mediamente degradata una struttura in cui i problemi di ammaloramento comportino la rimozione e la sostituzione di spessori consistenti di calcestruzzo (da 1 fino a 5 centimetri).

Tale tipo di degrado può essere prodotto da avanzati fenomeni di corrosione in atto, da reazioni chimiche espansive, da prolungati e numerosi cicli di gelo/disgelo, da problemi di erosione in strutture idrauliche e anche da azioni meccaniche rilevanti. La necessità di rimuovere spessori di calcestruzzo consistenti può derivare anche dalla presenza di strati di materiale contaminato da cloruri o carbonatati.

I metodi d'intervento che vengono utilizzati sono:

- lo spruzzo ed il rinzafo (applicazione manuale) quando si interviene su elementi strutturali verticali o all'intradosso di elementi orizzontali;
- il colaggio quando si interviene all'estradosso di elementi orizzontali, oppure su applicazioni entro cassero.

Profondamente degradata

Qualora i fenomeni descritti per le strutture mediamente degradate siano in atto ad un grado avanzato interessando spessori di calcestruzzo superiori ai 5 centimetri, dovranno essere utilizzati appositi prodotti contenenti aggregato dal diametro



massimo intorno ai 6÷8 millimetri (betoncini) e all'aumentare degli spessori d'intervento (>10 cm) si utilizzeranno speciali calcestruzzi a ritiro compensato.

I metodi d'intervento che vengono utilizzati sono:

- il colaggio quando si interviene all'estradosso di elementi orizzontali;
- l'incamiciatura quando si ripristinano elementi strutturali verticali o si interviene all'intradosso di elementi orizzontali.

10.1 Definizione delle caratteristiche dei materiali

Alla base di un intervento di ripristino o di rinforzo vi è l'ottenimento della massima adesione al supporto.

Questa proprietà si traduce in tre aspetti fondamentali:

- parametri elastici simili al supporto: modulo elastico, coefficiente di allungamento termico;
- parametri fisici stabili nel tempo della malta da riparazione, quindi assenza di lesioni da ritiro;
- parametri legati all'adesione malta-supporto: preparazione del supporto, parametri energetici, resistenza a trazione e duttilità a trazione.

Nella definizione del progetto esecutivo è fondamentale porre la massima attenzione alle prescrizioni dei prodotti. Quindi, in questa sede dovranno non solo essere identificati i carichi, il modello strutturale e le proprietà fondamentali dei materiali (la resistenza a compressione), ma dovranno anche essere individuate le proprietà energetiche del sistema di riparazione/rinforzo che si intende impiegare.

Infatti, se mancano prescrizioni circa la stabilità dimensionale nel tempo, l'impresa potrà impiegare malte cementizie con ritiro elevato con il risultato magari soddisfacente alla vista, ma con malte destinate a staccarsi con lo sviluppo dei ritiri naturali cui sono soggette le malte (tantomeno sarà controllabile il modulo elastico, soprattutto se si tratta di prodotti non premiscelati).

La soluzione proposta è basata su prodotti caratterizzati dalla "espansione in aria". Con questa espressione ci si riferisce ad un comportamento tipico che consiste in un'espansione volumetrica che si sviluppa nell'arco delle prime 24÷36 ore, di entità tale da compensare il ritiro di qualsiasi prodotto cementizio. Inoltre, l'espansione deve avvenire anche senza stagionatura umida, come avviene nelle normali condizioni di cantiere (da cui la dicitura "espansione in aria"). L'espansione del



prodotto cementizio deve verificarsi in questo breve arco di tempo in quanto il ritiro inizia nell'immediato.

È opportuno che l'espansione non si sviluppi liberamente, ma che venga contrastata. Solo in questo modo si riesce infatti ad ottenere una condizione simile a quella che si realizza nel cemento armato precompresso (in questo caso si tratta di una “precompressione chimica”). Quando l'applicazione è su uno strato sottile, il contrasto all'espansione viene ottenuto, mediante un opportuno irruvidimento del supporto (operazione che comunque generalmente deve essere effettuata allo scopo di asportare il materiale degradato o contaminato). Nel caso dell'applicazione di strati più consistenti (a partire da due centimetri di spessore), oltre alla preparazione del supporto è necessario introdurre nello strato di materiale nuovo un'armatura di contrasto, che può consistere in una rete elettrosaldata di opportune dimensioni, oppure in una armatura diffusa cioè fibre inorganiche o fibre metalliche presenti nella malta.

I requisiti principali sono quindi la capacità di espansione in aria e l'aderenza; diventa perciò preponderante l'importanza di una prova per la misura dell'espansione. La prova per la misura dell'espansione contrastata secondo la Norma UNI 8147 richiede che il provino venga conservato in acqua ed è perciò poco realistica, essendo l'ambiente del cantiere generalmente più o meno asciutto.

I prodotti impiegati per il ripristino di strutture in calcestruzzo che si sono degradate a causa di azioni aggressive dell'ambiente dovranno evidentemente essere in grado di resistere a tali aggressioni, ed è quindi indispensabile che la loro idoneità venga verificata sottoponendoli a test volti ad accertare la loro:

- resistenza alla carbonatazione
- impermeabilità all'acqua
- impermeabilità e resistenza ai cloruri
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo.

I materiali da applicare mediante colaggio devono essere caratterizzati da una spiccata capacità di scorrere e di autocompattarsi senza vibrazione anche nel caso di getti di elementi fortemente armati e/o a geometria complessa. Tali prestazioni sono misurabili attraverso le caratteristiche di REODINAMICITÀ (Slump Flow e V Funnel).



Per evitare di impiegare onerose applicazioni di rete elettrosaldata per il contrasto dell'espansione nelle malte da ripristino, è stato introdotto, oggi, l'utilizzo di fibre inorganiche flessibili, presenti in quantità elevatissima all'interno della malta, garantendo la realizzazione di un reticolo tridimensionale che permette il contrasto all'espansione senza incorrere in complicazioni nella fase applicativa.

Nel corso della progettazione, sono indicati i requisiti prestazionali dei materiali da impiegarsi negli interventi di ripristino. Tali requisiti saranno verificati in tre fasi successive:

- Controlli di prequalifica
- Controlli in corso d'opera
- Controlli di collaudo

Controlli di prequalifica

Una volta affidato l'appalto, prima che i materiali siano impiegati, è importante verificare che gli stessi siano conformi alle specifiche progettuali, in base ai dati caratteristici dei materiali, suffragati da prove dirette eseguite presso Laboratori. È importante la tempistica di tali valutazioni che quindi dovranno essere fatte con opportuno anticipo rispetto alla data di inizio lavori.

Controlli in corso d'opera

In corso d'opera i lavori saranno da eseguirsi prove e test sui materiali di fornitura. La D.L. su indicazione del Committente, potrà richiedere che il Produttore fornisca, congiuntamente al materiale, una dichiarazione che attesti le prestazioni specifiche della partita di materiale che è consegnata di volta in volta.

Controlli di collaudo

Una volta completate le lavorazioni, saranno da effettuare delle prove sulle lavorazioni eseguite volte ad accertare la corretta esecuzione dei lavori.

Le "LINEE GUIDA PER RIPARAZIONE E RAFFORZAMENTO DI ELEMENTI STRUTTURALI, TAMPONATURE E PARTIZIONI" a proposito degli interventi di interventi "3.1.2. Note per il ripristino e la preparazione dei supporti" così si esprime su due fasi di trattamento che interessano la progettazione esecutiva in argomento:

"3.1.2.1. Malta Cementizia Anticorrosiva per la protezione dei ferri d'armatura

Trattamento protettivo alcalizzante dei ferri d'armatura, messi a nudo dalle precedenti operazioni di demolizioni del copriferro e perfettamente ripuliti dalla ruggine con sabbiatura o pulizia meccanica, mediante applicazione a pennello di due



mani di malta cementizia anticorrosiva monocomponente atta a riportare il pH al di sopra di 12, livello minimo per garantire la non corrosione del ferro.

Per assicurare alla malta cementizia anticorrosiva monocomponente la possibilità di sviluppare efficacemente la sua proprietà anticorrosiva, è indispensabile che il ferro da trattare sia liberato dal calcestruzzo circostante deteriorato e carbonatato, da materiali incoerenti, grassi, olii e ruggine. E' consigliabile eseguire una sabbiatura allo scopo di portare le armature a metallo bianco; se, per motivi logistici, ciò non fosse possibile, spazzolare energicamente la superficie del metallo con cura ed in profondità.

Le armature aggiunte o sostituite devono essere preparate allo stesso modo. Occorre stendere il prodotto a pennello in due mani. La seconda mano può essere applicata dopo circa 2 ore dalla stesura del primo strato e preferibilmente entro le 24 ore. Si raccomanda di coprire totalmente ed in modo omogeneo la superficie del ferro. Lo spessore totale delle due mani dovrà essere di circa 2 mm. Durante l'operazione si sporcherà inevitabilmente anche il calcestruzzo adiacente al ferro: ciò non comporta alcun danno in quanto il prodotto migliora decisamente anche l'adesione delle malte di ripristino. Il ripristino del calcestruzzo (con malte cementizie a ritiro compensato) deve essere fatto sulla malta passivante asciutta (circa 6 ore alla temperatura di +20° C).

Per quanto riguarda la malta passivante, essa dovrà rispondere ai principi definiti nella EN 1504-9 ("Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principio generali per l'uso dei prodotti e sistemi"), dovrà recare la marcatura CE in conformità ai requisiti prestazionali richiesti dalla norma europea armonizzata EN 1504-07 ("Protezione contro la corrosione delle armature").

A titolo di esempio, essa dovrà avere le seguenti caratteristiche prestazionali minime:

- pH dell'impasto: > 12,5*
- Adesione su calcestruzzo (supporto di tipo MC 0,40 - rapporto a/c=0,40) secondo EN 1766: $\geq 2,0$ MPa (metodo di prova EN 1542)*

"3.1.2.8. Materiali di impiego per la ricostruzione volumetrica del calcestruzzo

Questo tipo di riparazione si articola nelle seguenti fasi realizzative:



- Preparazione del supporto, mediante demolizione meccanica o manuale, del calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere una superficie meccanicamente resistente ed adeguatamente irruvidita (asperità ≥ 5 mm).
 - Pulizia del calcestruzzo e dei ferri di armatura da polvere, lattime di cemento, ruggine, grassi, oli, vernici e pitture precedentemente applicate.
 - Applicazione (se necessario) sui tondini di armatura, di malta cementizia anticorrosiva monocomponente per la protezione dei ferri di armatura.
 - Saturazione del supporto in cls con acqua.
 - Prima di procedere al nuovo getto (colatura), attendere l'avvenuta evaporazione dell'acqua in eccesso. Se necessario, utilizzare l'aria compressa per favorire l'eliminazione dell'acqua libera.
 - Ricostruzione volumetrica del calcestruzzo armato mediante colatura entro casseri a tenuta, di malta a ritiro compensato, fibrorinforzata, a base di cementi, inerti selezionati, speciali additivi e microsilice, al fine di aumentare la portata dell'elemento costruttivo e ricostruire un adeguato copriferro. Il prodotto deve essere rispondente ai principi definiti nella EN 1504-9 ("Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principio generali per l'uso dei prodotti e sistemi") e dovrà recare la marcatura CE in conformità ai requisiti prestazionali richiesti dalla norma europea armonizzata EN 1504-03 ("Riparazione strutturale e non strutturale") per le malte di classe R4. Si raccomanda di versare da un solo lato con flusso continuo nella cassaforma, favorendo la fuoriuscita dell'aria. Laddove per il prodotto utilizzato sia necessario consentire l'espansione all'aria durante i primi giorni di stagionatura, esso può essere miscelato, durante la fase di preparazione, con lo 0,25% (percentuale tipica) di additivo stagionante liquido esente da cloruri, onde ridurre la comparsa di microfessurazioni e per ottenere un ritiro idraulico molto contenuto. Per spessori da ricostruire superiori a 40 mm, si raccomanda l'aggiunta dal 30% al 50% sul peso della malta, di ghiaietto di granulometria idonea allo spessore da riportare (tipicamente ghiaietto 6-10 mm). Per riporti di spessore > 40 mm, il getto andrà opportunamente contrastato con armatura metallica inserita a circa metà dello spessore e collegata con le vecchie armature esistenti, avendo cura di assicurare la formazione di copriferro ≥ 20 mm.
- A titolo di esempio, la malta dovrà avere le seguenti principali caratteristiche prestazionali minime (senza ghiaietto):



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”**

Progetto esecutivo

- Dimensione massima dell'aggregato: 2,5 mm
- Massa volumica dell'impasto: 2.350 Kg/m³
- pH dell'impasto: > 12
- Caratteristiche meccaniche impiegando acqua d'impasto 13%
- Resistenza a compressione dopo 28 giorni (EN 12190) ≥ 45 MPa
(Requisito in accordo alla EN 1504-03 per malte di classe R4)
- Resistenza a flessione dopo 28 giorni (EN 196/1): 12 MPa
- Modulo elastico a compressione dopo 28 giorni (EN 13412) ≥ 20 GPa
(Requisito in accordo alla EN 1504-03 per malte di classe R4)
- Adesione su calcestruzzo (supporto di tipo MC 0,40 – rapporto a/c=0,40) secondo EN 1766: ≥ 2 MPa (dopo 28 gg) (Requisito in accordo alla EN 1504-03 per malte di classe R4)
- Resistenza al fuoco (Euroclasse): A1

Prestazioni malte tixotropiche

Parametri	Requisiti UNI EN 1504-3 Classe R4
Descrizione prodotto	-
Spessori di applicazione ⁶	-
Marcatura CE	-
Caratteristiche espansive con maturazione in aria: - UNI 8147 modificata - Test di Inarcamento / Imbarcamento	-
Prova di fessurabilità (O Ring test)	-
Ritiro/espansione impediti, UNI EN 12617-4	> 2 MPa
Contenuto ioni cloruro, UNI EN 1015-17	< 0.05 %
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 su supporto di tipo MC 0,40 (avente rapporto a/c = 0,40) secondo UNI EN 1766	> 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione accelerata, UNI EN 13295	Specificata superata
Modulo elastico, UNI EN 13412	> 20.000 MPa
Compatibilità termica (cicli gelo - disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione UNI EN 1542 dopo i cicli previsti sulla UNI EN 13687-1	> 2 MPa



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”**

Progetto esecutivo

Compatibilità termica (temporali), misurata come adesione UNI EN 1542 dopo i cicli previsti sulla UNI EN 13687-2	> 2 MPa
Compatibilità termica (cicli a secco), misurata come adesione UNI EN 1542 dopo i cicli previsti sulla UNI EN	> 2 MPa
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	28 gg > 45 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	-
Assorbimento capillare misurato come coefficiente di assorbimento capillare, UNI EN 13057	< 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}
Impermeabilità all'acqua misurata come resistenza alla penetrazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	-
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio, RILEM-CEB-FIP RC6-78	-

Prestazioni malte e betoncini colabili

Parametri	Requisiti UNI EN 1504-3 Classe R4
Descrizione prodotto	-
Spessori di applicazione ⁶	-
Marcatura CE	-
Caratteristiche espansive con maturazione in aria: - UNI 8147 modificata - Test di Inarcamento / Imbarcamento	-
Prova di fessurabilità (O Ring test)	-
Ritiro/espansione impediti, UNI EN 12617-4	> 2 MPa
Contenuto ioni cloruro, UNI EN 1015-17	< 0.05 %
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 su supporto di tipo MC 0,40 (avente rapporto a/c = 0,40) secondo UNI EN 1766	> 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione accelerata, UNI EN 13295	Specificata superata
Modulo elastico, UNI EN 13412	> 20.000 MPa
Compatibilità termica (cicli gelo - disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione UNI EN 1542 dopo i cicli previsti sulla UNI EN 13687-1	> 2 MPa
Compatibilità termica (temporali), misurata come adesione UNI EN 1542 dopo i cicli previsti sulla UNI EN 13687-2	> 2 MPa
Compatibilità termica (cicli a secco), misurata come adesione UNI EN 1542 dopo i cicli previsti sulla UNI EN	> 2 MPa



Resistenza a compressione, UNI EN 12190	28 gg > 45 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	-
Assorbimento capillare misurato come coefficiente di assorbimento capillare, UNI EN 13057	< 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}
Impermeabilità all'acqua misurata come resistenza alla penetrazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN	-
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio, RILEM-CEB-FIP RC6-78	-
Caratteristiche di tenacità, ASTM C1018 - Carico di prima fessurazione - Indice di tenacità	

10.2 Individuazione delle tecniche di intervento

Le tecniche di intervento previste per le applicazioni alle strutture in conglomerato cementizio armato delle tre vasche oggetto di intervento sono state individuate in funzione degli obiettivi da raggiungere. In particolar modo, si sono differenziati gli interventi in funzione della esposizione all'aria ed alle grandi dimensioni delle pareti da proteggere.

All'interno delle camere di manovra si procederà a dare le malte a spruzzo; mentre, per le grandi pareti verticali e il fondo delle vasche si procederà con malte e/o betoncini colabili.

I motivi di tale scelta sono riconducibili alle analisi svolte in precedenza sul fenomeno del ritiro.

I ferri di armatura nelle zone corrose devono essere liberati completamente dal calcestruzzo carbonatato o inquinato dai cloruri alfine di operare una corretta pulizia eliminando in toto i prodotti della corrosione (ruggine).

La luce libera tra il ferro e il substrato in calcestruzzo deve essere di almeno 10 mm. Questo consente di raggiungere i seguenti obiettivi:

- di operare una efficace pulizia dei ferri già durante la demolizione e successivamente grazie alla spazzolatura meccanica o alla sabbiatura;
- la corretta “liberazione” del ferro consente allo stesso, dopo l'intervento di ripristino, di essere inglobato in un sufficiente spessore di malta e quindi ottimizza la trasmissione degli sforzi tra l'acciaio e la porzione della struttura ricostruita con malta.



11 Conclusioni

L'analisi delle indagini conoscitive effettuate sulle strutture in conglomerato cementizio armato delle tre distinte infrastrutture evidenzia uno stato di salute precario per cui è stato necessario procedere con interventi di consolidamento.

Il giudizio complessivo sul calcestruzzo nel suo insieme è sufficiente date le evidenze delle prove condotte. Solamente i calcestruzzi di Truncu Reale evidenziano valori più bassi di resistenza caratteristica rispetto a quello atteso, ma la indagine è condizionata da valori molto bassi di due carote prelevate sull'esterno delle vasche che è la parte maggiormente degradata del calcestruzzo.

Le valutazioni fatte in occasione dei rilievi topografici delle vasche effettuate tra il 22 ed il 24 di ottobre 2018 evidenziano un ulteriore degrado superficiale rispetto a quanto emerso nella campagna di indagine del luglio 2013.

Probabilmente, data l'estensione dei conglomerati cementizi armati di ciascuna delle tre aree oggetto di intervento, il numero di campioni prelevati è appena sufficiente a valutare lo stato di salute attuale delle strutture in conglomerato cementizio armato.

Le indagini ad ultrasuoni indicano un calcestruzzo di medie qualità avendo tutti i campioni esaminati valori di velocità prossimi o poco superiori a 4.000 m/s.

I valori riscontrati con le prove di pull-out non sembrano, invece, essere significativi perché indicano valori troppo alti per il calcestruzzo; mentre, possono avere importanza nella applicazione di interventi di consolidamento e di intrusione di armatura all'interno delle strutture stesse.

La profondità di carbonatazione riscontrata, diversa per il calcestruzzo in acqua e quello non bagnato, indica un buon comportamento nel tempo delle strutture considerato che non hanno alcuna protezione superficiale. La parte esposta all'aria è quella che ha subito il maggiore danneggiamento dall'azione aggressiva dell'anidrite carbonica evidenziando che è proprio l'aria ad essere, rispetto all'acqua, quella più aggressiva.

I riscontri effettuati sono stati da guida per l'individuazione della migliore tecnica di risanamento e la scelta dei materiali migliori per garantire un incremento della vita utile delle importanti infrastrutture idrauliche.



Allo stesso modo, va sottolineato come nessuna indagine specifica sia stata condotta sui torrini piezometrici. Lo stato di consistenza evidenziato nel corso dei rilievi topografici del 22-24 ottobre 2018, ha evidenziato una condizione attuale di forte degrado e ha portato alla necessità di ulteriori approfondimenti conoscitivi.

Particolarmente grave è apparso, in fase di rilievo, lo stato di consistenza del torrino piezometrico di Porto Torres per il quale è stato chiesto dagli scriventi un approfondimento di indagini come sottolineato nel capitolo 7 del presente elaborato. La richiesta accolta dal RUP e tali indagini integrative, hanno confermato le preoccupazioni che scaturivano dalle osservazioni di campo ed hanno indotto ENAS a non fare più affidamento sulle funzioni idrauliche e strutturali del torrino stesso.



12 ALLEGATI



LABORATORIO DI RICERCA E PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE



ENAS - - 1 - 2019-02-12 - 0003098

Oggetto: Interventi di valutazione sullo stato di degrado del calcestruzzo del Torrino di Porto Torres

Premessa

In riferimento al progetto di riqualificazione delle strutture relative alla Vasca sita nell'area industriale di Porto Torres, nel mese di Dicembre 2018 si è dato il via ad una campagna di monitoraggio sullo stato di degrado del calcestruzzo del Torrino Piezometrico adiacente alla vasca, posto al terminale dell'acquedotto denominato "Coghinas 1".

I metodi che mirano a valutare le caratteristiche fisico meccaniche dei calcestruzzi e degli acciai che costituiscono l'opera in oggetto, sono del tipo distruttivo, attraverso carotaggi e prelievo di elementi d'acciaio e di tipo chimico (Carbonatazione e Ioni Cloruri)

Sull'opera in oggetto verranno prelevate un certo numero di carote sulle quali saranno valutate le caratteristiche meccaniche (Compressione uni assiale secondo le UNI EN 12504-1:2009) e la profondità di degrado con il test di Fenolftaleina(Carbonatazione) e la determinazione di penetrazione degli Ioni Cloruro(UNI EN 9944:1992)

Per gli acciai verranno prelevate delle porzioni delle armature per le prove di Trazione e la determinazione delle dimensioni efficaci.(UNI EN 15630-1:2010)

Indagine

Secondo le indicazioni dei progettisti si sono indagate tre aree della canna principale del Torrino a diverse quote. (All. 1)

La prima area (Zona n°1) indagata interessa la zona a quota + 1,40 dal piano campagna e su quattro punti secondo il disegno allegato (All. 2).

Su questa fascia sono state prelevate n°4 carote da Φ 100 mm e profonde mediamente 150 mm. (Prove di Compressione e Carbonatazione.(v. foto n°1-2-3-4) e n°4 carote da Φ 75 mm e profondità medie di 100 mm. per la determinazione di Penetrazione degli ioni cloruri (v.foto 1b-2b-3b-4b).

Non sono stati prelevati elementi relativi all'armatura perché si trovano a oltre 10 cm di profondità. Valore confermato dall'indagine eseguita con Pacometro.

La seconda area (Zona n°2) indagata è relativa alla quota + 16.00 mt dal piano di campagna nei punti 1B e 2B (All.2).

I punti sono stati soltanto due perché non è stato possibile accedere alle altre poiché lo stazionamento del cestello è stato impedito per la presenza di strutture esistenti.

La scelta è stata inoltre condizionata dalla qualità del calcestruzzo che non ha garantito la tenuta dei tasselli di fissaggio del Carotiere.

E' stato inoltre complicato intercettare l'armatura presente perché in queste due aree il copri ferro era superiore ai 7/8 cm e la rilevazione del ferro con il Pacometro non ci ha permesso di trovare zone prive di ferro.

Questo ha comportato diversi tentativi per non intercettare le armature.

Quindi ci sono voluti diversi spostamenti per trovare un area libera su cui prelevare una carota idonea per le prove di Compressione.

Nella zona 1B è stato possibile prelevare soltanto una carota per la prova di compressione e una per le prove di Ioni Cloruri.

Nella zona 2B per gli stessi problemi incontrati nella zona 1B si è potuto prelevare soltanto carote con altezze non superiori ai 10 cm quindi insufficienti per le prove a compressione ma buone per le determinazioni della Profondità di Carbonatazione e degli Ioni Cloruri.

Durante le indagini è stato potuto osservare che nonostante il copri ferro sia significativo (7/8 cm) l'acciaio intercettato si presenta fortemente ossidato.

La terza parte (Zona n°3) indagata a quota + 22.00 mt dal piano di campagna ha presentato difficoltà notevoli per eseguire i prelievi del calcestruzzo.(All.3)

Le difficoltà sono state condizionate dal significativo degrado del calcestruzzo.

Infatti il degrado molto profondo, oltre i dieci centimetri, non ha permesso il fissaggio della carotatrice e in modo particolare poneva gli operatori in pericolo di caduta di grossi pezzi di calcestruzzo che sottoposto a sollecitazioni anche lievi tendeva a staccarsi in grosse porzioni.

Prelievo barre d'acciaio.

Non è stato possibile prelevare barre d'acciaio rappresentative perché si sono presentate situazioni molto diverse che ne hanno impedito il prelievo.

In alcune zone le armature si presentavano molto superficiali e molto ossidate tanto da aver ridotto il proprio diametro di oltre 80% mentre nelle altre aree il copri ferro superava i 7/8 cm per cui era necessario demolire spessori importanti di calcestruzzo per riuscire a prelevare parti di armature significative.

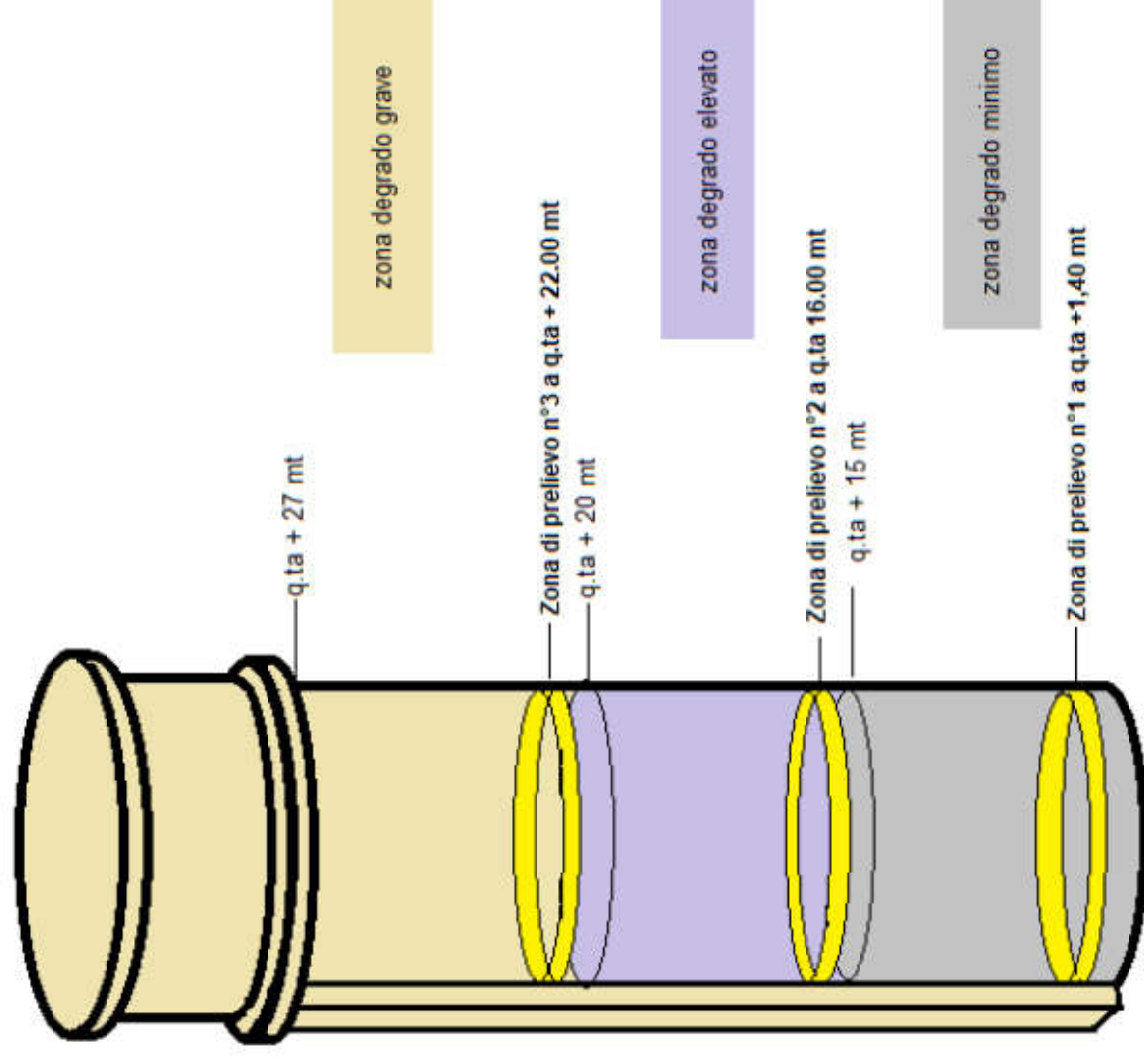
Peraltro le azioni di demolizione non avrebbero garantito una sufficiente sicurezza per gli operatori.

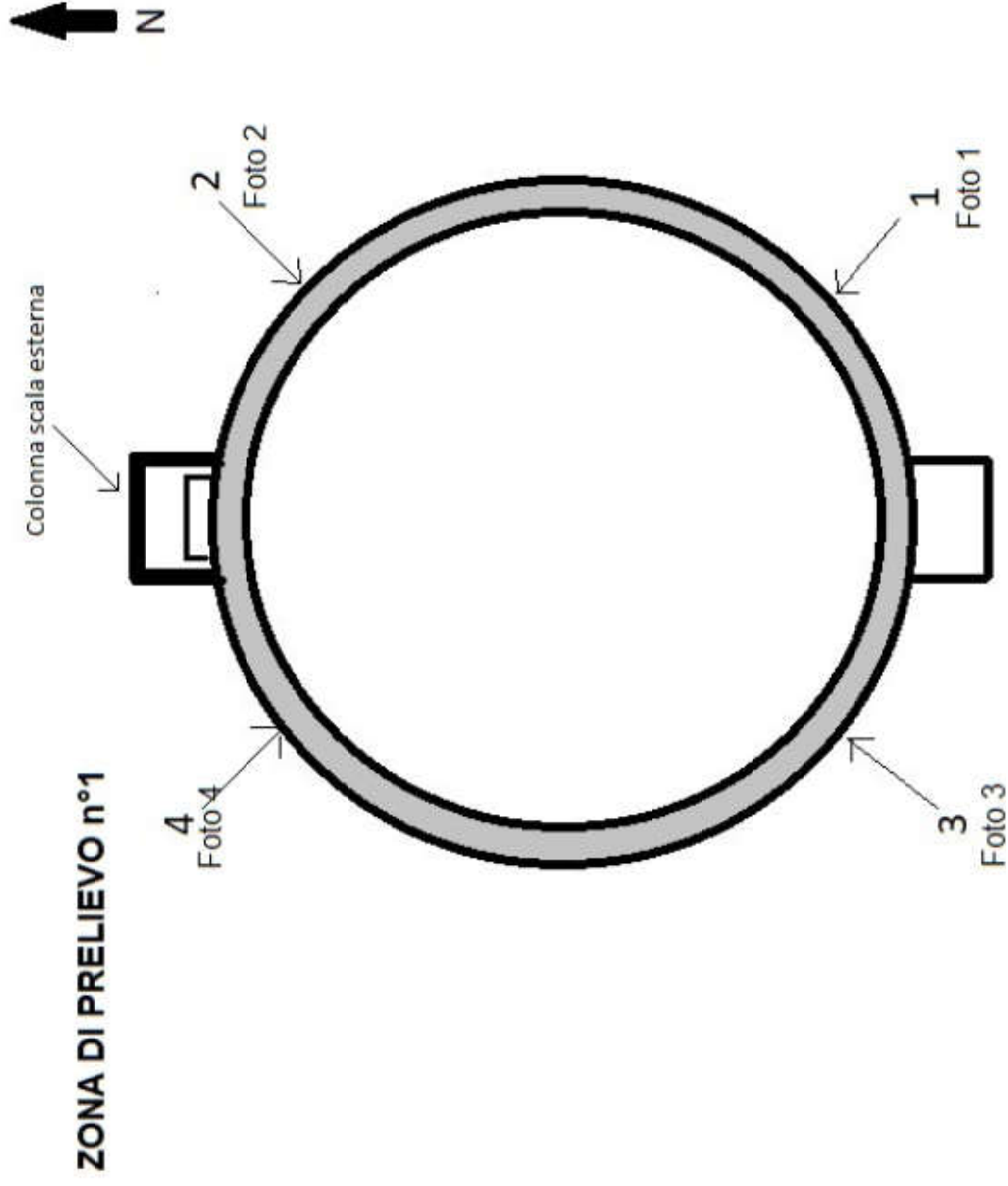
Si allegano i risultati di Laboratorio.

- Compressione
- Penetrazione Ioni Cloruri

Cagliari, febbraio 2019.

Schema delle zone del degrado





Schema punti di prelievo a q.ta + 1.40 cm piano campagna

CAMPIONI PRELEVATI A Q.TA + 1.40 mt

Determinazione Profondita' Carbonatazione

Prelievo 1 (foto 1-1b) Lato Sud-Est

Prelievo 2 (foto 2-2b) Lato Nord-Est

Prelievo 3 (foto 3-3b) Lato Sud-Ovest

Prelievo 4 (foto 4-4b) Lato Nord-Ovest

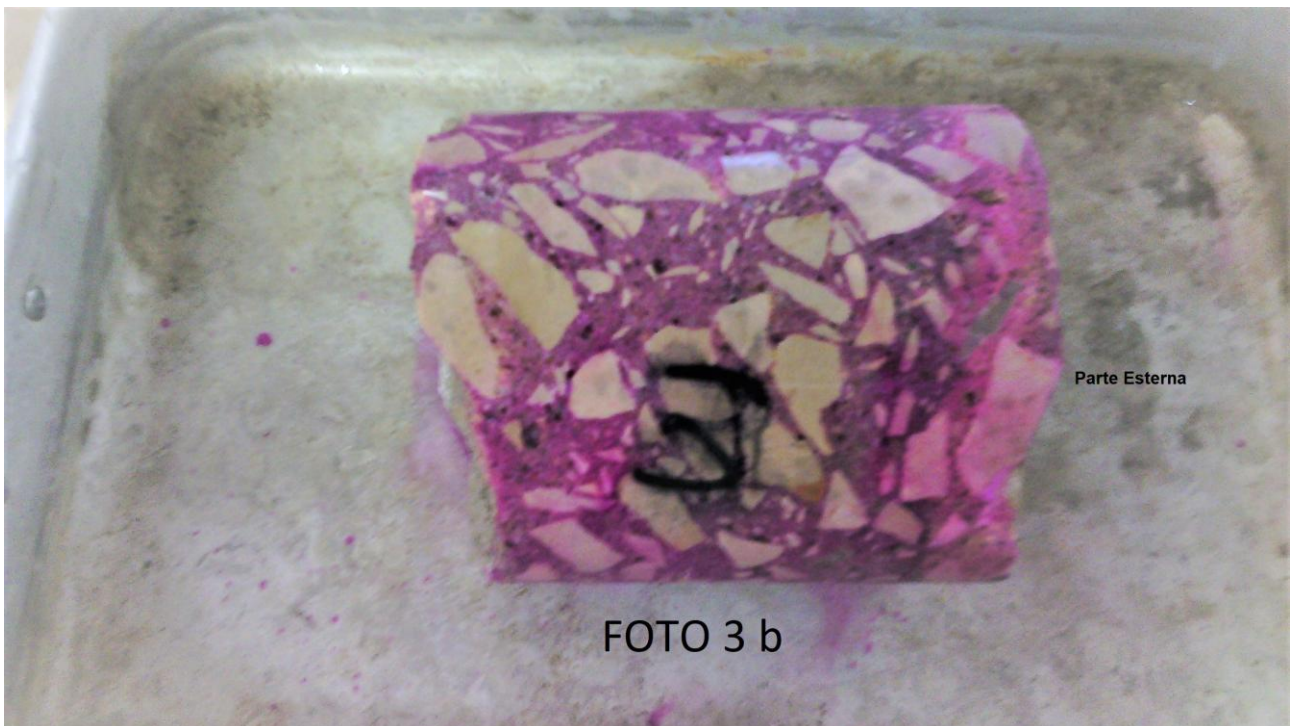


FOTO 1



FOTO 1 b





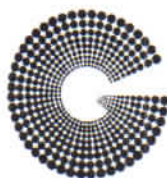


CAMPIONI PRELEVATI A Q.TA + 1.40 mt

Prova di Compressione Uniassiale

Prelievo 2 Lato Nord-Est

Prelievo 4 Lato Nord-Ovest



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N. 7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N. 54313 DEL 19/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N. 7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N. 52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-IND-REG-02_NDT_CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 7368
COMMITTENTE ENAS
CANTIERE Torino ENAS di Porto Torres

DEL 10/12/19

PROTOCOLLO N° \ DATA CAROTAGGIO 28/11/18
DATA PROVA 21/12/18

RAPPORTO DI PROVA N° 019738 DEL 07 FEB. 2019

PRELIEVO, ESAME E PROVA DI COMPRESSIONE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO INDURITO EN 12504-1

Attrezzatura di Prova: Carotatrice elettrica, livello, Pressa 3000 KN Controls, Unità di Comando MCC88 Controls, bilancia, calibro.

RISULTATI DI PROVA:

VDA	Posizione in Opera	Data Getto	Rck N/mm ²	*Dimensioni carote (mm)		Rapporto **h/d	*Massa Vol. Kg/m ³	Età gg.	Carico Rottura KN	Resist. Unitaria N/mm ²	Tipo Prep.	Note
				d	h							
1	Campione 2	\	\	100	100	1,0	2382,2	\	227,4	29,0	C	\
\	Campione 4	\	\	100	100	1,0	2369,4	\	255,5	32,5	C	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\

T = Taglio ; S = Spianatura ; C = Cappatura

* prima della eventuale cappatura

** dopo l'eventuale cappatura

Note: Campione prelevato dai tecnici della DL dell'Ente Acque della Sardegna
I valori di resistenza non hanno subito variazioni derivate da coefficienti di correzione.

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE
Dott. Ing. M.G. Montedoro

CAMPIONI PRELEVATI A Q.TA + 1.40 mt

Determinazione Ioni di Cloruro

Prelievo 2 B (Lato Nord-Est)



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221124

Data di emissione:

07/02/2019

Ordine n.:

183310922 del 27-11-2018

Cliente:

ENAS a mezzo Geosystem del Dott. Geol. G.B. Demontis Z.I. Loc. Pill'e Matta 09044 Quartucciu (CA)

Descrizione prova: analisi Acqua

Punto di prelievo:

Torino ENAS di Porto Torres

Campionatura pervenuta il:

22/01/2019

Campionatura effettuata il:

22/01/2019

Campionatura eseguita da:

Committente

Verbale di campionamento n.:

//

Verbale di campionamento del :

//

Descrizione del campione:

Campione 2B diam. 50 mm profondità 0-20 mm

Inizio prove:

05/02/2019

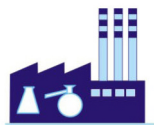
Fine prove:

05/02/2019

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°	190221124
----------------------	-----------

RISULTATI ANALITICI

Parametro analitico	UdM	Valore	Incertezza	Limiti	Data analisi		Metodo analitico
					Inizio	Fine	
Cloruri (come Cl ⁻)	%	0,01	±	-	05/02/19	05/02/19	UNI EN ISO 10304-1 2009

Fine tabella

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221124

N.D. Parametro analitico non determinato

L'incertezza è espressa con un fattore di copertura $K=2$, corrispondente ad un livello di confidenza del 95,5%.

(*) Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA

Conformità/ non conformità ai requisiti e alle specifiche

L' analista

//

Per il Direttore del Laboratorio

Dott. Chim. Andrea Barra
(Firmato digitalmente)

Fine rapporto di prova n°

190221124



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221125

Data di emissione:

07/02/2019

Ordine n.:

183310922 del 27-11-2018

Cliente:

ENAS a mezzo Geosystem del Dott. Geol. G.B. Demontis Z.I. Loc. Pill'e Matta 09044 Quartucciu (CA)

Descrizione prova: analisi Acqua

Punto di prelievo:

Torino ENAS di Porto Torres

Campionatura pervenuta il:

22/01/2019

Campionatura effettuata il:

22/01/2019

Campionatura eseguita da:

Committente

Verbale di campionamento n.:

//

Verbale di campionamento del :

//

Descrizione del campione:

Campione 2B diam. 50 mm profondità 20-40 mm

Inizio prove:

05/02/2019

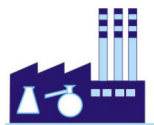
Fine prove:

05/02/2019

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°	190221125
----------------------	-----------

RISULTATI ANALITICI

Parametro analitico	UdM	Valore	Incertezza	Limiti	Data analisi		Metodo analitico
					Inizio	Fine	
Cloruri (come Cl ⁻)	%	0,07	±	-	05/02/19	05/02/19	UNI EN ISO 10304-1 2009

Fine tabella

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221125

N.D. Parametro analitico non determinato

L'incertezza è espressa con un fattore di copertura $K=2$, corrispondente ad un livello di confidenza del 95,5%.

(*) Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA

Conformità/ non conformità ai requisiti e alle specifiche

L' analista

//

Per il Direttore del Laboratorio

Dott. Chim. Andrea Barra
(Firmato digitalmente)

Fine rapporto di prova n°

190221125



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221126

Data di emissione:

07/02/2019

Ordine n.:

183310922 del 27-11-2018

Cliente:

ENAS a mezzo Geosystem del Dott. Geol. G.B. Demontis Z.I. Loc. Pill'e Matta 09044 Quartucciu (CA)

Descrizione prova: analisi Acqua

Punto di prelievo:

Torrino ENAS di Porto Torres

Campionatura pervenuta il:

22/01/2019

Campionatura effettuata il:

22/01/2019

Campionatura eseguita da:

Committente

Verbale di campionamento n.:

//

Verbale di campionamento del :

//

Descrizione del campione:

Campione 2B diam. 50 mm profondità 40-60 mm

Inizio prove:

05/02/2019

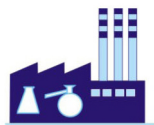
Fine prove:

05/02/2019

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°	190221126
----------------------	-----------

RISULTATI ANALITICI

Parametro analitico	UdM	Valore	Incertezza	Limiti	Data analisi		Metodo analitico
					Inizio	Fine	
Cloruri (come Cl ⁻)	%	0,11	±	-	05/02/19	05/02/19	UNI EN ISO 10304-1 2009

Fine tabella

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221126

N.D. Parametro analitico non determinato

L'incertezza è espressa con un fattore di copertura $K=2$, corrispondente ad un livello di confidenza del 95,5%.

(*) Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA

Conformità/ non conformità ai requisiti e alle specifiche

L' analista

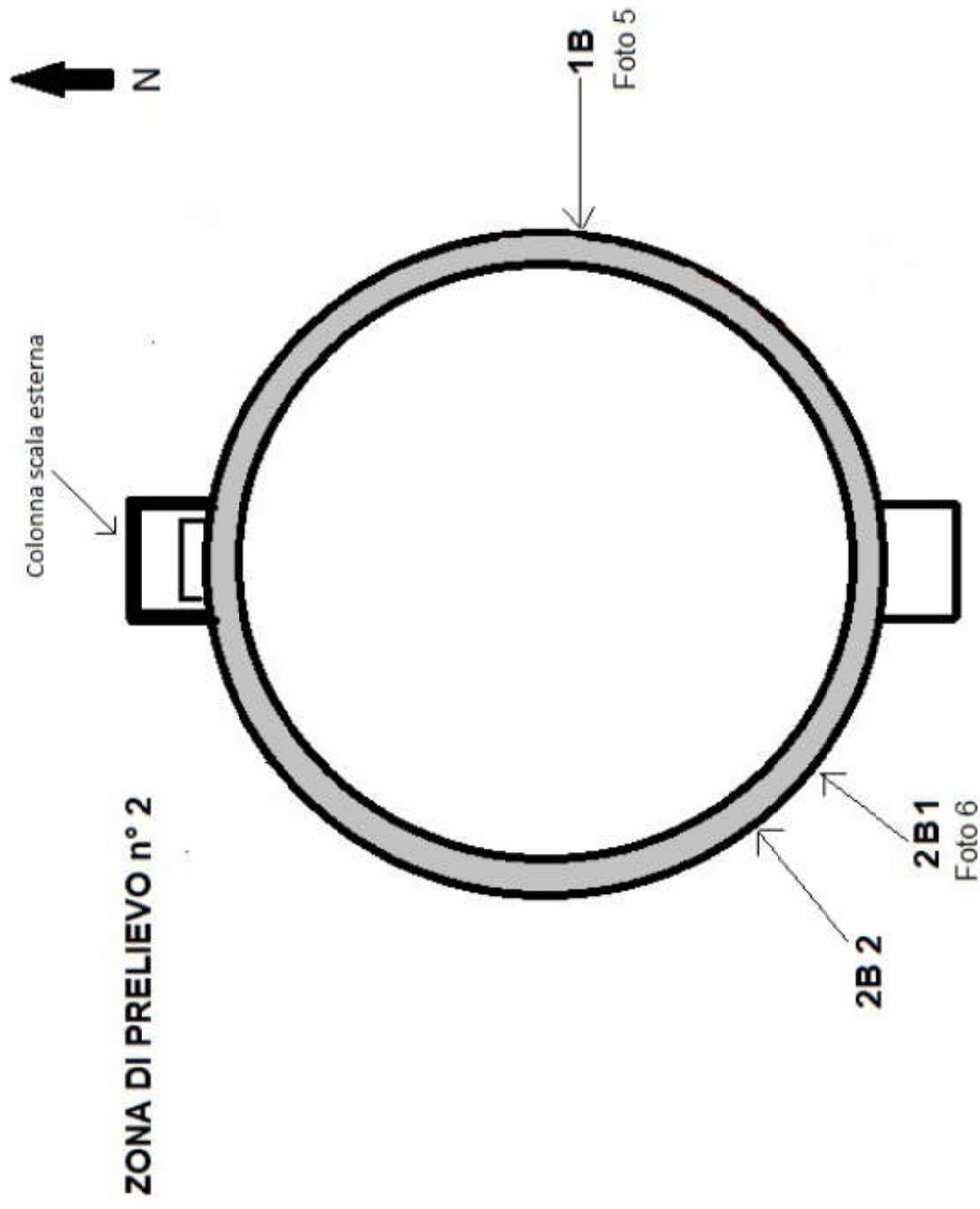
//

Per il Direttore del Laboratorio

Dott. Chim. Andrea Barra
(Firmato digitalmente)

Fine rapporto di prova n°

190221126



Schema punti di prelievo a q.ta +15.00 mt piano campagna

CAMPIONI PRELEVATI A Q.TA + 15.00 mt

Determinazione Profondita' Carbonatazione

Prelievo 1B (foto 1b) Lato -Est

Prelievo 2B (foto 2b1-2b2) Lato Sud-Ovest





CAMPIONI PRELEVATI A Q.TA + 15.00mt

Prova di Compressione Uniassiale

Prelievo 1 B (Lato Est)

V.D.A. N°	7415
COMMITTENTE	ENAS
CANTIERE	Torino ENAS di Porto Torres

DEL 09/01/19

PROTOCOLLO N°	DATA CAROTAGGIO	21/12/18
	DATA PROVA	21/1/19

RAPPORTO DI PROVA N° 019739 DEL 07 FEB. 2019

PRELIEVO, ESAME E PROVA DI COMPRESSIONE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO INDURITO
EN 12504-1

Attrezzatura di Prova: Carotatrice elettrica, livello, Pressa 3000 KN Controls, Unità di Comando MCC88 Controls, bilancia, calibro.

RISULTATI DI PROVA:

[illegible]

T = Taglio ; S = Spianatura ; C = Cappatura

* prima della eventuale cattura

** dopo l'eventuale cattura

Note: Campione prelevato dai tecnici della DL dell'Ente Acque della Sardegna
I valori di resistenza non hanno subito variazioni derivate da coefficienti di correzione.

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE
Dott. Ing. M.G. Montedoro

CAMPIONI PRELEVATI A Q.TA + 15.00 mt

Determinazione Ioni di Cloruro

Prelievo 1 B (Lato Est)



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221121

Data di emissione:

07/02/2019

Ordine n.:

183310922 del 27-11-2018

Cliente:

ENAS a mezzo Geosystem del Dott. Geol. G.B. Demontis Z.I. Loc. Pill'e Matta 09044 Quartucciu (CA)

Descrizione prova: analisi Acqua

Punto di prelievo:

Torino ENAS di Porto Torres

Campionatura pervenuta il:

22/01/2019

Campionatura effettuata il:

22/01/2019

Campionatura eseguita da:

Committente

Verbale di campionamento n.:

//

Verbale di campionamento del :

//

Descrizione del campione:

Campione 1 diam. 75 mm profondità 0-20 mm

Inizio prove:

05/02/2019

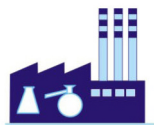
Fine prove:

05/02/2019

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°	190221121
----------------------	-----------

RISULTATI ANALITICI

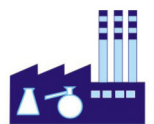
Parametro analitico	UdM	Valore	Incertezza	Limiti	Data analisi		Metodo analitico
					Inizio	Fine	
Cloruri (come Cl ⁻)	%	0,27	±	-	05/02/19	05/02/19	UNI EN ISO 10304-1 2009

Fine tabella

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221121

N.D. Parametro analitico non determinato

L'incertezza è espressa con un fattore di copertura $K=2$, corrispondente ad un livello di confidenza del 95,5%.

(*) Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA

Conformità/ non conformità ai requisiti e alle specifiche

**

L' analista

//

Per il Direttore del Laboratorio

Dott. Chim. Andrea Barra
(Firmato digitalmente)

Fine rapporto di prova n°

190221121



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221122

Data di emissione:

07/02/2019

Ordine n.:

183310922 del 27-11-2018

Cliente:

ENAS a mezzo Geosystem del Dott. Geol. G.B. Demontis Z.I. Loc. Pill'e Matta 09044 Quartucciu (CA)

Descrizione prova: analisi Acqua

Punto di prelievo:

Torrino ENAS di Porto Torres

Campionatura pervenuta il:

22/01/2019

Campionatura effettuata il:

22/01/2019

Campionatura eseguita da:

Committente

Verbale di campionamento n.:

//

Verbale di campionamento del :

//

Descrizione del campione:

Campione 1 diam. 75 mm profondità 20-40 mm

Inizio prove:

05/02/2019

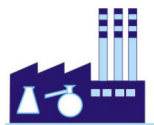
Fine prove:

05/02/2019

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



Rapporto di prova n°	190221122
----------------------	-----------

RISULTATI ANALITICI

Parametro analitico	UdM	Valore	Incertezza	Limiti	Data analisi		Metodo analitico
					Inizio	Fine	
Cloruri (come Cl ⁻)	%	0,46	±	-	05/02/19	05/02/19	UNI EN ISO 10304-1 2009

Fine tabella

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221122

N.D. Parametro analitico non determinato

L'incertezza è espressa con un fattore di copertura $K=2$, corrispondente ad un livello di confidenza del 95,5%.

(*) Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA

Conformità/ non conformità ai requisiti e alle specifiche

L' analista

//

Per il Direttore del Laboratorio

Dott. Chim. Andrea Barra
(Firmato digitalmente)

Fine rapporto di prova n°

190221122



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221123

Data di emissione:

07/02/2019

Ordine n.:

183310922 del 27-11-2018

Cliente:

ENAS a mezzo Geosystem del Dott. Geol. G.B. Demontis Z.I. Loc. Pill'e Matta 09044 Quartucciu (CA)

Descrizione prova: analisi Acqua

Punto di prelievo:

Torrino ENAS di Porto Torres

Campionatura pervenuta il:

22/01/2019

Campionatura effettuata il:

22/01/2019

Campionatura eseguita da:

Committente

Verbale di campionamento n.:

//

Verbale di campionamento del :

//

Descrizione del campione:

Campione 1 diam. 75 mm profondità 40-60 mm

Inizio prove:

05/02/2019

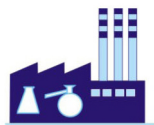
Fine prove:

05/02/2019

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°	190221123
----------------------	-----------

RISULTATI ANALITICI

Parametro analitico	UdM	Valore	Incertezza	Limiti	Data analisi		Metodo analitico
					Inizio	Fine	
Cloruri (come Cl ⁻)	%	0,36	±	-	05/02/19	05/02/19	UNI EN ISO 10304-1 2009

Fine tabella

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova.

È vietata la riproduzione parziale del presente documento, salvo mediante autorizzazione scritta di Eurolab Srl.



EUROLAB Srl
Laboratorio analisi chimiche
Monitoraggi ambientali



LAB N° 1512

Rapporto di prova n°

190221123

N.D. Parametro analitico non determinato

L'incertezza è espressa con un fattore di copertura $K=2$, corrispondente ad un livello di confidenza del 95,5%.

(*) Le prove contrassegnate dall'asterisco non sono accreditate da ACCREDIA

Conformità/ non conformità ai requisiti e alle specifiche

L' analista

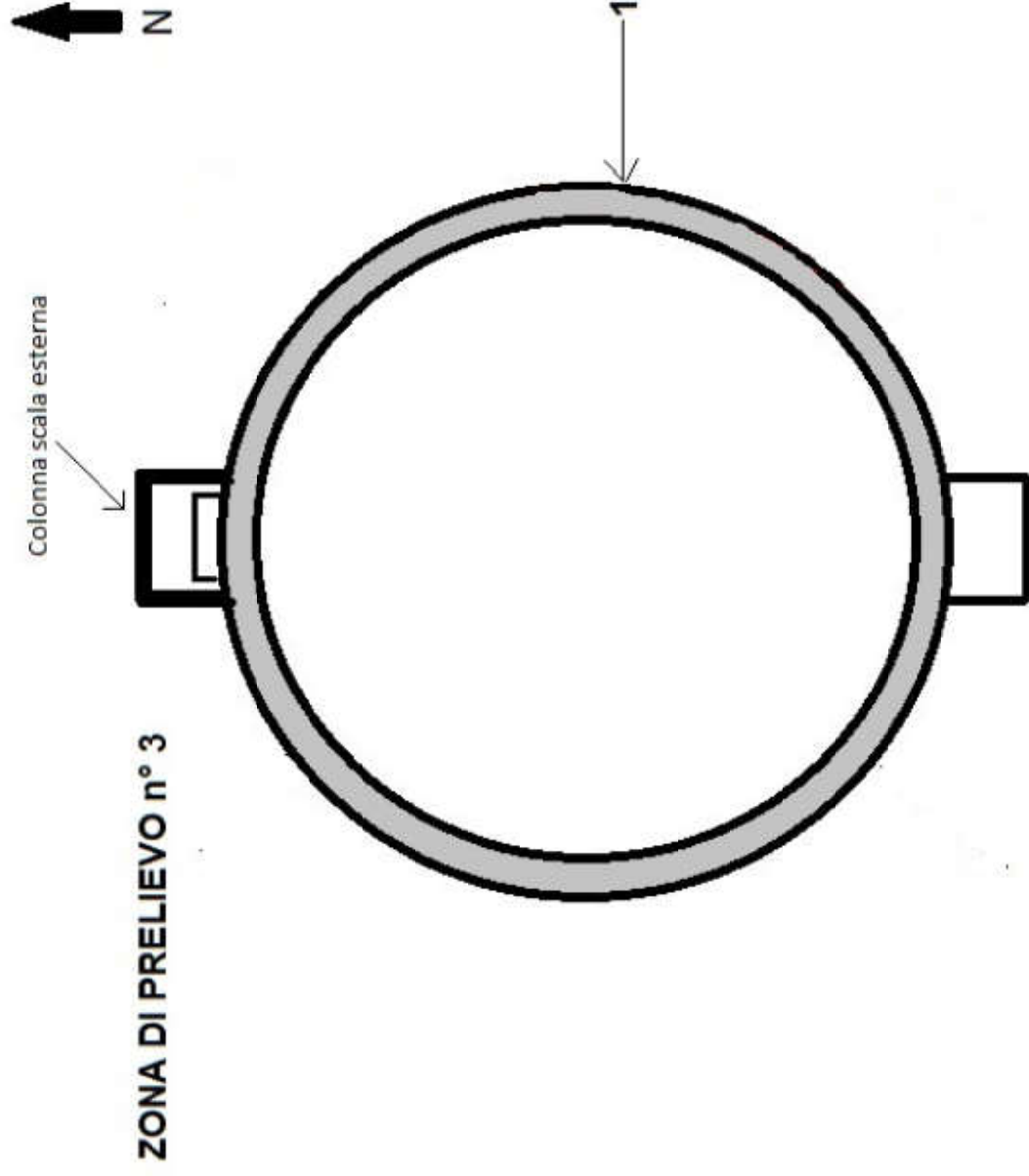
//

Per il Direttore del Laboratorio

Dott. Chim. Andrea Barra
(Firmato digitalmente)

Fine rapporto di prova n°

190221123



Schema punti di prelievo a q.ta + 22.00 mt piano campagna

FOTO TORRINO



PARTE NORD



PARTE EST



PARTE SUD



PARTE OVEST

FOTO
VARIE

CESTELLO ZED 32 EJ da 32 mt.





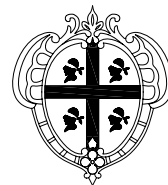
Particolare superficie Torrino





REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessoradu de sos traballos pùblicos
Assessorato dei lavori pubblici



Ente acque della Sardegna
Servizio Progetti e Costruzioni

RISTRUTTURAZIONE LINEA COGHINAS 1° E 2°

Ristrutturazione della Vasca terminale della linea Coghinas 1° in località Porto Torres

Ristrutturazione della Vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas

Ristrutturazione della Vasca terminale della linea Coghinas 2° in località Truncu Reale-Sassari

PROGETTO DEFINITIVO

PARTE D - RAPPORTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Allegato

D4

REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E PROVE DI LABORATORIO

Scala

file	D4 - report indagini.dwg
rev.	00
data	___-___-2014

Il Progettista

Dott. Ing. Pietro Pillai

Collaborazioni Ingegneristiche

Dott. Ing. Marco Sanna

Il Geologo

Dott. Geol. Angelo Vigo

Collaborazioni Tecniche

Geom. Corrado Balistreri
Geom. Bruno Caredda
Geom. Osvaldo Carta
Geom. Mario Scanu
P.i. Giorgio Zara

Il Direttore del Servizio

Dott. Ing. Antonio Fadda

Il Direttore Generale

Dott. Ing. Franco Ollargiu

Cagliari, aprile 2014



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessoradu de sos traballos pùblicos
Assessorato dei lavori pubblici



Ente acque della Sardegna
Servizio Progetti e Costruzioni

Interventi di “Ristrutturazione linea Coghinas I e II - Ristrutturazione della Vasca di carico di Casteldoria - Ristrutturazione della Vasca terminale della linea Coghinas 2° in località Truncu Reale - Ristrutturazione della Vasca terminale della linea Coghinas 1° in località Porto Torres”

Indagini geofisiche nell'area della vasca, appartenente al sistema Coghinas I e II, denominata “Vasca terminale di Truncu Reale” in Comune di Sassari

RELAZIONE TECNICA

Codice elaborato :

scala:

revisione:

nome file:

Il Responsabile Tecnico del contratto
Ing. Pietro Pillai

Il Responsabile del Procedimento
Ing. Bruno Loffredo

Servizi Geotecnici s.a.s.

Sede : Via Libeccio 32 - 09126 Cagliari ☎ 070/371705

Laboratorio Geotecnico : Via Di Vittorio Lottizzazione ex Fornaci Usai 09028 Sestu (CA)

e-mail info@servizigeotecnici.com

www.servizigeotecnici.com

CAGLIARI, Giugno 2013

PREMESSA

La presente relazione riporta i risultati delle indagini geofisiche commissionate alla scrivente Servizi Geotecnici di Cagliari dall' Ente Acque della Sardegna, eseguite nell'area della vasca , appartenente al sistema Coghinas I e II denominata "Vasca terminale di Truncu Reale (SS).

ARTICOLAZIONE E DESCRIZIONE DELL'INDAGINE GEOFISICA A RIFRAZIONE

I metodi geofisici di tipo sismico si fondano essenzialmente sullo studio delle velocità di propagazione delle onde elastiche nei materiali.

Essi vengono utilizzati frequentemente nello studio del sottosuolo in generale, ed in particolare nella valutazione delle disomogeneità in esso presenti.

Fra le tante possibili tecniche applicative di questi metodi, la sismica a rifrazione di superficie costituisce un valido strumento in numerose applicazioni nei campi dell'ingegneria civile e industriale.

Il metodo sismico a rifrazione richiede anzitutto che si immetta nel sottosuolo dell'energia elastica generata in superficie mediante sorgenti diverse quali esplosioni controllate, vibrazioni impresse al terreno con intensità e frequenza note, oppure utilizzando masse battenti più o meno semplici.

L'impiego dell'una o dell'altra fonte energizzante dipende essenzialmente dal tipo di segnale desiderato e dalla profondità di indagine richiesta dal lavoro.

Le discontinuità ricercate sono appunto di tipo elastico, associate a reali variazioni litologiche o presenti nell'ambito di uno stesso litotipo, ad esempio a causa di una variazione della densità o dovute ad esempio alla presenza della falda; come noto, infatti, le velocità di propagazione delle onde elastiche dipendono dalle

caratteristiche elastiche e dalla densità del mezzo che, a loro volta, sono correlate, alle caratteristiche petrografiche e fisiche in senso lato.

Le onde elastiche generate in superficie dalla sorgente energizzante, si propagano dunque in profondità e, al contatto fra orizzonti con diversa velocità, sono interessate da vari fenomeni tra cui quello della rifrazione.

Le onde rifratte in condizioni critiche si propagano anche verso la superficie dove vengono captate da appositi trasduttori (geofoni), che trasformano il segnale meccanico (ovvero il movimento del suolo causato dall'arrivo dell'onda elastica) in segnale elettrico il quale, a sua volta, viene inviato al registratore sismico.

Se si eseguono delle registrazioni multicanale, ovvero se si lavora nel dominio spazio-tempo, è possibile ricavare dai dati sismici le velocità e la geometria dei rifrattori, anche in condizioni relativamente complesse.

AQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

L'indagine in situ si è concretizzata con l'esecuzione di n. 2 profili sismici acquisiti secondo i criteri propri del metodo a rifrazione, posizionati secondo le indicazioni fornite dalla committenza ed in funzione dei vincoli discendenti dalle condizioni logistiche del sito (rif. Planimetria allegata).

Per quanto riguarda la geometria d'acquisizione, entrambi i profili sismici sono stati predisposti con 24 geofoni, distanza intergeofonica rispettivamente di 3 metri per il profilo P1 e 2,5 metri per il profilo P2; al fine di consentire la costruzione di un adeguato numero di dromocrone (curve spaziotempo), sono state effettuate 12 energizzazioni/profilo in corrispondenza dei geofoni G1, G3, G5, G6, G9, G11, G13, G15, G17, G19, G21 e 24.

Come sorgente di energia è stata utilizzata una massa battente, assolutamente appropriata per le profondità d'indagine richieste.

La qualità del segnale è risultata nel complesso buona, anche grazie alla tecnica di accumulo del segnale che ha consentito di ottenere un ottimo rapporto segnale/disturbo; alla buona qualità dei dati acquisiti hanno anche contribuito

importanti requisiti dell'apparato di registrazione quali il sistema d'amplificazione dei segnali di ogni singolo geofono e la dotazione di filtri.

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un apparato del tipo RAS-24 della ABEM Instruments a 24 canali, con risoluzione dei tempi di 0.125 ms.

L'elaborazione (processing) dei dati acquisiti è stata condotta mediante il software SeisOptPro V5.0. Il SeisOptPro usa esclusivamente i tempi di primo arrivo e la geometria d'acquisizione per ricavare la distribuzione delle velocità nel sottosuolo.

In particolare, esso impiega una tecnica di ottimizzazione non lineare e lavora in termini di modellizzazione. In sintesi, viene creato un modello di velocità iniziale al quale sono associate delle dromocrone sintetiche; queste ultime vengono quindi confrontate con i dati sperimentali e i modelli di velocità vengono progressivamente modificati sino al raggiungimento della miglior convergenza con i dati sperimentali.

Non si tratta quindi di uno dei metodi classici più comunemente impiegati nella sismica a rifrazione (tempi intercetti, metodo reciproco, metodo reciproco generalizzato, ecc), bensì di un processing sofisticato che, in luogo della tipica e non sempre realistica rappresentazione per strati omogenei, fornisce una sezione in cui le variazioni di velocità sono rappresentate con elevata risoluzione, secondo modalità tipiche della tomografia sismica.

Nella sezione interpretativa, creata dallo stesso software secondo parametri stabiliti dall'interprete, sono riportati i seguenti dati:

- la sezione sismica con distribuzione delle velocità secondo una scala cromatica (tomografia);
- le scale planimetrica e altimetrica;
- la scala di velocità.

ANALISI DEI RISULTATI

I campi di velocità ottenuti dall'elaborazione tomografica dei dati sismici, evidenziano in entrambi i profili la presenza di un primo orizzonte ad andamento leggermente ondulato, che si estende sino ad una profondità massima di circa 1.5 –

2.0 metri dal p.c. caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P compresa tra 500 e 900 m/s.

Al di sotto di questo primo orizzonte fino ad una profondità di circa 10 metri a partire dal p.c. è presente un orizzonte decisamente omogeneo caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P compresa tra 1200 e 2200 m/s.

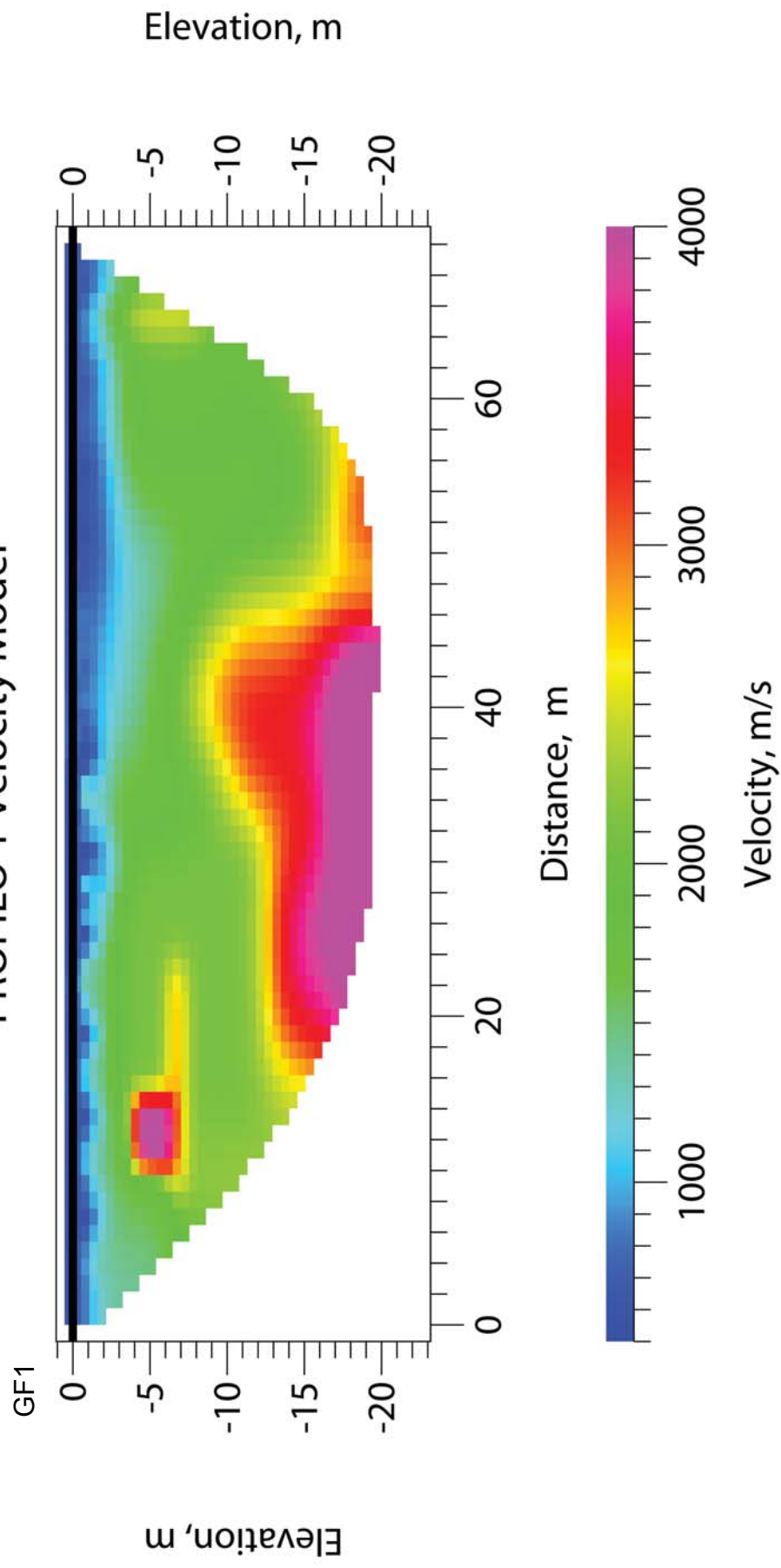
Procedendo in profondità si assiste ad un progressivo aumento delle velocità che raggiungono valori di circa 4000 m/s.

Infine, occorre segnalare la presenza di un'anomalia in corrispondenza del profilo P1. In particolare, tra la progressiva 12 m e 16 m ad una profondità compresa tra -3 m e -5 m risulta evidente un repentino aumento della velocità probabilmente dovuto alla presenza di un sottoservizio di dimensioni importanti.

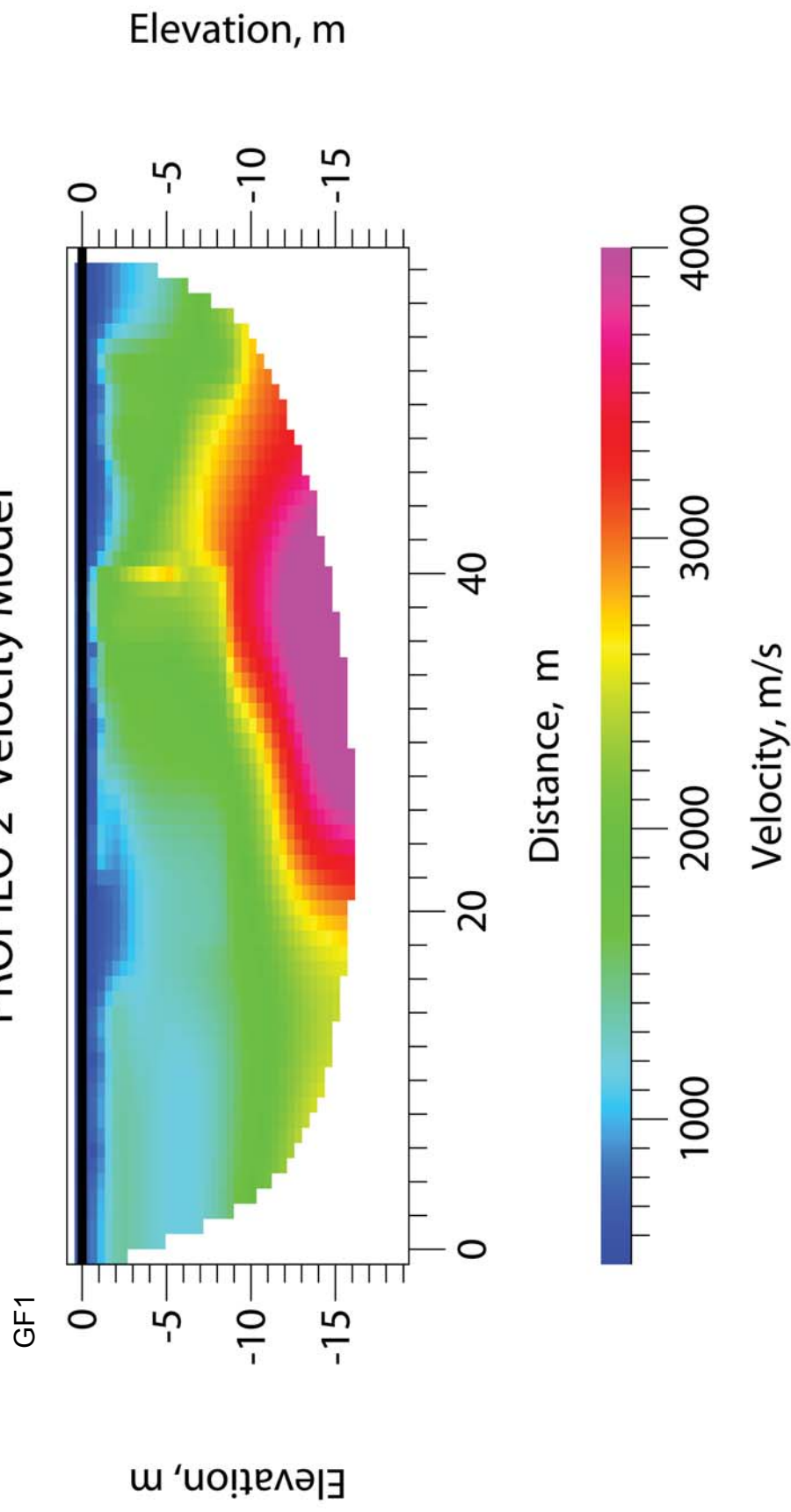
Pertanto, se di interesse a fini delle opere in progetto, si consiglia di verificare questa anomalia con un'indagine diretta che ovviamente dovrà essere condotta con la massima cautela al fine di non danneggiare l'eventuale presenza di una tubazione.

SEZIONI SISMICHE TOMOGRAFICHE

PROFILO 1 Velocity Model



PROFILO 2 Velocity Model



Sarda Sondaggi S.r.l.

Z.I. Predda Niedda - Strada 28 snc
07100 - Sassari
E-mail: srlsdardasondaggi@gmail.com

Committente ENAS S.p.A.Cantiere Vasca Terminale di Porto TorresLocalità Porto Torres (SS)Data Inizio 5 giugno 2013Data Fine 5 giugno 2013

SONDAGGIO

FOGLIO

Pt 1**1/1**

IL GEOLOGO

Dott. Andrea De Santis

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Potenza	Campioni	R.Q.D.	S.P.T.		
						20 40 60 80	10 20 30 40		
1	1.20		Pavimentazione con terreno di riporto e tout-venant di sotto-fondo	1.20					
2	1.80		Sabbia con argilla debolmente ciottolosa, addensata, marrone	0.60					
3	3.20		Limo argilloso giallo ocra	1.40			3.00		
4	4.00		Calcare organogeno fortemente fratturato	0.80			3.45		
5	5.50		Limo con argilla sabbiosa con frammenti calcarei	1.50					
6			Alternanza di livelli semilitoidi calcarei e sabbia limoso-argillosa			7.50			
7									
8							7.20	7.75	7.75
9							7.75		8.20
10									
11									10.80
12									11.25
13	13.00				Calcare arenaceo molto alterato		2.00		
14									
15	15.00								



Cantiere: ENAS - Porto Torres - Vasca Terminale di Porto Torres

S A R D
S O N D A G G I

s.r.l.

Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S1 CASSETTA 1

Profondità (m): 0.00-5.00



Cantiere: ENAS - Porto Torres - Vasca Terminale di Porto Torres

S A R D
S O N D A G G I

s.r.l.

Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S1 CASSETTA 2

Profondità (m): 5.00-10.00



Cantiere: ENAS - Porto Torres - Vasca Terminale di Porto Torres

S A R D
S O N D G G I s.r.l.

Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S1
CASSETTA 3

Profondità (m): 10.00-15.00

Sarda Sondaggi S.r.l.

Z.I. Predda Niedda - Strada 28 snc
07100 - Sassari
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

Committente **ENAS S.p.A.**Cantiere **Vasca Terminale di Truncu Reale**Località **Sassari**Data Inizio **12 giugno 2013**Data Fine **12 giugno 2013**

SONDAGGIO

FOGLIO

Tr 1**1/1**

IL GEOLOGO

Dott. Andrea De Santis

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Potenza	Campioni	R.Q.D.	S.P.T.
						20 40 60 80	10 20 30 40
	0.40	× × ×	Massicciata del piazzale con tappetino e tout-venant di sotto-fondo	0.40			
1	1.00		Terreno vegetale con sabbia limoso-argillosa mista a clasti calcarei eterometrici, colore grigio avana	0.60			
2	2.20		Calcare organogeno molto fratturato in frammenti spigolosi, ben cementati, di colore biancastro	1.20			
3	2.50		Livello residuale di argilla rossa molto consistente frammista a clasti calcarei	0.30			
4	3.00		Calcare organogeno molto fratturato con patine rossastre di alterazione	0.50			
5	4.80		Argilla residuale mista a ghiaia e clasti calcarei, ben cementati e lapidei, di colore rosso	1.80			
6			Limo argilloso-sabbioso poco addensato con matrice soffice e compressibile con abbondanti concrezioni carbonatiche. Colore bianco-rossiccio	2.00			
7	6.80		Come sopra ma più compatta e addensata, con maggiore frazione grossolana	6.50 6.80	6.50 6.80		7.00 7.45
8	8.00		Calcarenite alterata, sabbiosa a parzialmente destrutturata, con frequenti microclasti calcarenitici	1.20			
9	9.30			1.30			
10							
11							
12			Calcare bioclastico, lapideo, da friabile a debolmente compatto, con frequenti discontinuità. A tratto cariato e fratturato, con discontinuità con riempimento di argilla residuale rossa. Bassa recupero causato dalla scarsa compattezza della roccia	5.70			
13							
14							
15	15.00						

Sarda Sondaggi S.r.l.

Z.I. Predda Niedda - Strada 28 snc
07100 - Sassari
E-mail: srlsdardasondaggi@gmail.com

Committente ENAS S.p.A.Cantiere Vasca Terminale di Truncu RealeLocalità SassariData Inizio 12 giugno 2013Data Fine 12 giugno 2013

SONDAGGIO

FOGLIO

Tr 2**1/1**

IL GEOLOGO

Dott. Andrea De Santis

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Potenza	Campioni	R.Q.D.	S.P.T.
						20 40 60 80	10 20 30 40
	1	0.80	Massicciata del piazzale con tappetino e tout-venant di sotto-fondo	0.80			
	2	1.60	Livello di alterazione spinta delle calcareniti, con sabbione grossolano misto a limo e argilla, con frammenti calcarei. Colore avana	0.80			
	3						
	4						
	5		Calcare organogeno alterato, semilapideo	6.10			
	6						5.30
	7						5.35
	8	7.70					
	9		Calcarenite semilapidea, estremamente friabile, di colore ocra-grigio	1.80			
		9.50					

Sarda Sondaggi S.r.l.

Z.I. Predda Niedda - Strada 28 snc
07100 - Sassari
E-mail: srlsdardasondaggi@gmail.com

Committente **ENAS S.p.A.**Cantiere **Vasca Terminale di Truncu Reale**Località **Sassari**Data Inizio **13 giugno 2013**Data Fine **13 giugno 2013**

SONDAGGIO

FOGLIO

Tr 3**1/1**

IL GEOLOGO

Dott. Andrea De Santis

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Potenza	Campioni	R.Q.D.	S.P.T.
						20 40 60 80	10 20 30 40
1	0.60	× × ×	Massicciata del piazzale con tappetino e tout-venant di sotto-fondo	0.60			
2	1.50		Livello di alterazione delle calcareniti, con sabbione grossolano misto a limo e argilla, con clasti calcarei, mediamente addensato	0.90			
3							
4							
5			Livello di alterazione dei calcari organogeni, destrutturati, con sabbia e limo mediamente addensati	5.80			4.00 4.45 5.00 5.45
6							
7							
8	7.30		Come sopra ma più addensata con livelli da semilapidei a mediamente cementati	1.20	7.70 S3-C2 8.00		
9	8.50						
10							
11			Calcarenite friabile e fratturata, con patine argillose, più competente e lapidea in profondità, di colore biancastro	3.50			
12	12.00						



Cantiere: ENAS - Sassari - Vasca Terminale di Truncu Reale



Cantiere: ENAS - Sassari - Vasca Terminale di Truncu Reale

S A R D
S O N D A G G I s.r.l.

Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S1 CASSETTA 1

Profondità (m): 0.00-5.00

S A R D
S O N D A G G I s.r.l.

Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S1 CASSETTA 2

Profondità (m): 5.00-10.00



Cantiere: ENAS - Sassari - Vasca Terminale di Truncu Reale

S A R D
S O N D G G I s.r.l.

Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S1
CASSETTA 1

Profondità (m): 10.00-15.00



Cantiere: ENAS - Sassari - Vasca Terminale di Truncu Reale



Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S2 CASSETTA 1

Profondità (m): 0.00-5.00



Cantiere: ENAS - Sassari - Vasca Terminale di Truncu Reale



Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S2 CASSETTA 2

Profondità (m): 5.00-9.50



Cantiere: ENAS - Sassari - Vasca Terminale di Truncu Reale

S A R D
S O N D  **G G I** s.r.l.

Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S3
CASSETTA 1

Profondità (m): 0.00-5.00



Cantiere: ENAS - Sassari - Vasca Terminale di Truncu Reale

S A R D
S O N D  **G G I** s.r.l.

Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S3
CASSETTA 2

Profondità (m): 5.00-10.00



Cantiere: ENAS - Sassari - Vasca Terminale di Truncu Reale

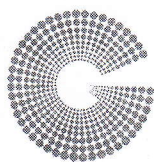


Indagini geognostiche del sottosuolo

Z.I. Predda Niedda Nord - Strada 28 07100 - Sassari
 Telefax 079 2677055 - Cellulare 348 2206138
 E-mail: srlsardasondaggi@gmail.com

SONDAGGIO S3 CASSETTA 3

Profondità (m): 10.00-12.00

**GEOSYSTEM**

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) – TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.itLABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

V.D.A.	N.	3067/1	DEL	05/06/13	SONDAGGIO	S1
COMMITTENTE		Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS			CAMPIONE	C1
CANTIERE		Vasca Portotorres			PROFONDITA'	7,20-7,75m
CERTIFICATO		028300	DEL	27 GIU. 2013	Data prelievo	05/06/13
					Data prova	24/06/13

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-90

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE : Limo argilloso consolidato

STATO DEL CAMPIONE Indisturbato

VELOCITA'DI PROVA: 0,40 mm/min

CARATTERISTICHE INIZIALI

Umidita' naturale	W %	1	2	3
Umidita' di prova	W %	31,75	31,75	31,75
Densità di prova	kg/m ³	31,75	31,75	31,75
Densità secca	kg/m ³	1688,3	1697,5	1693,2
		1281,5	1288,4	1285,1

CONSOLIDAZIONE

Carico verticale	KPa	100	200	300
Cedimento	mm	0,50	1,00	1,60
Densità secca	kg/m ³	1314,3	1356,2	1396,9

ROTTURA

Carico verticale (s)	KPa	100	200	300
Scorrimento orizzontale	mm	1,52	2,22	3,61
Sforzo al taglio (massimo) τ	KPa	65,88	109,06	149,55
Sforzo al taglio (residuo) τ	KPa	/	/	/

NOTE: Campione consegnato a cura del Committente

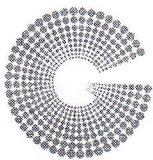
LO SPERIMENTATORE

P.M. Roberto Aste

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis





GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTÀ"
09044 QUARTUCCIU' (CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

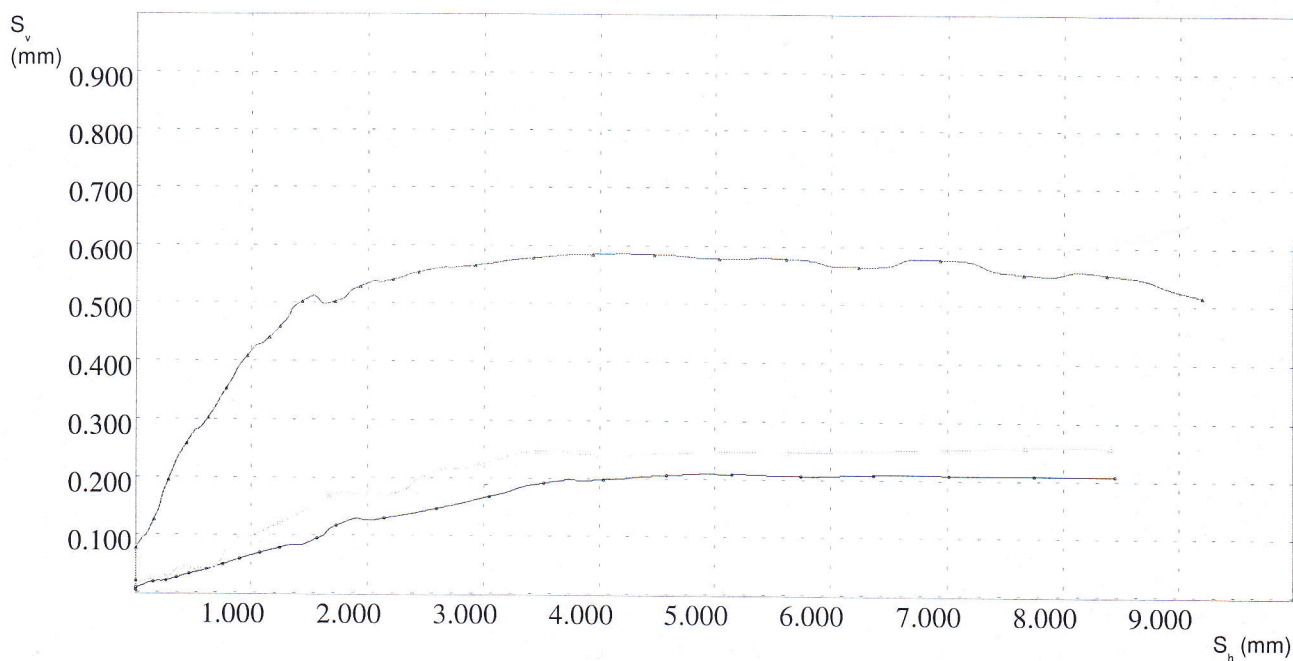
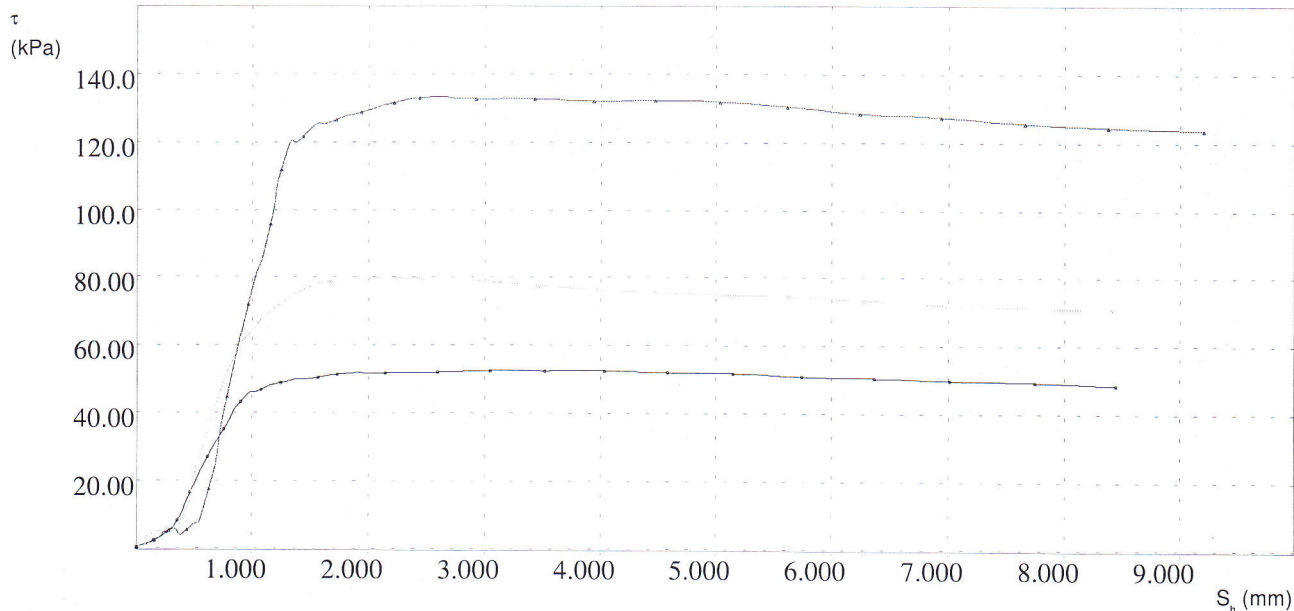
Dati del Cliente

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Cliente	Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS
Indirizzo	
Cantiere	Vasca Portotorres
Sondaggio	/
Campione	3067-2
Profondità	5.50-6.50m

Certificato N° 078292

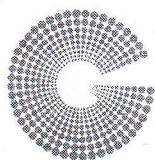
Data 21 GIU. 2013



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio





V.D.A.	N.	3067/2	DEL	05/06/13	SONDAGGIO	S1
COMMITTENTE		Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS			CAMPIONE	C2
CANTIERE		Vasca Portotorres			PROFONDITA'	5,50-6,50m
CERTIFICATO		058292	DEL	21 GIU. 2013	Data prelievo	05/06/13
					Data prova	17/06/13

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-90

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE : Argilla con concrezioni carbonatiche

STATO DEL CAMPIONE Parzialmente ricostruito

VELOCITA'DI PROVA: 0,40 mm/min

CARATTERISTICHE INIZIALI

Umidita' naturale

W %

1	2	3
25,31	25,31	25,31
25,31	25,31	25,31
1799,2	1793,8	1785,0
1435,8	1431,5	1424,5

Umidita' di prova

W %

Densità di prova

kg/m³

Densità secca

kg/m³

CONSOLIDAZIONE

Carico verticale

KPa

100	200	300
0,50	1,10	2,00
1472,6	1514,8	1582,7

Cedimento

mm

Densità secca

kg/m³

ROTTURA

Carico verticale (s)

KPa

100	200	300
3,03	2,25	2,43
52,41	80,00	132,25
/	/	/

Scorrimento orizzontale

mm

Sforzo al taglio (massimo) τ

KPa

Sforzo al taglio (residuo) τ

KPa

NOTE: Campione consegnato a cura del Committente

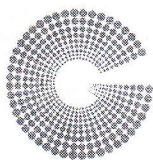
LO SPERIMENTATORE

P.M. Roberto Aste

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis





GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTÀ"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

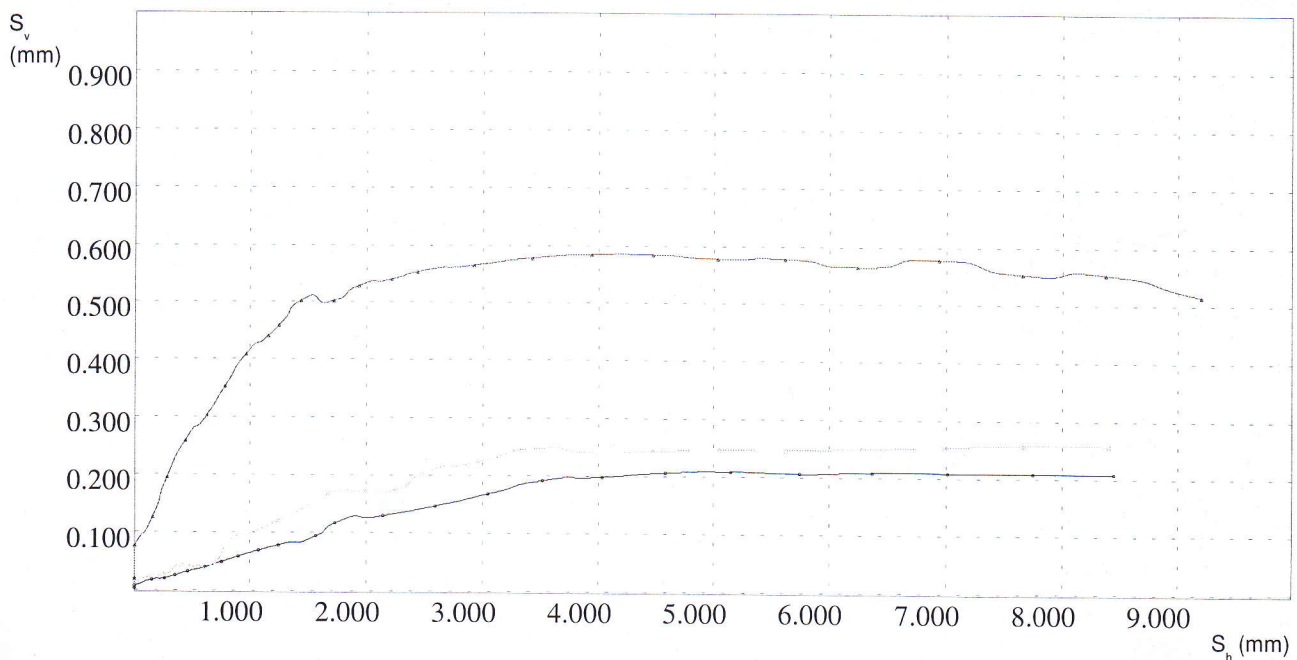
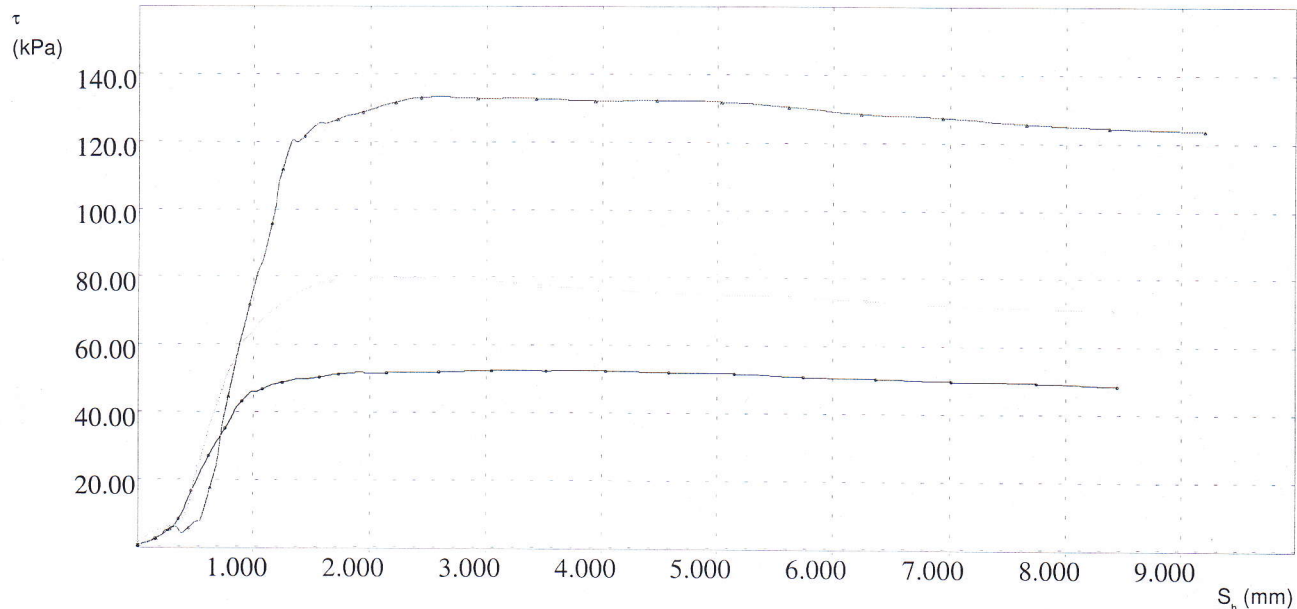
Dati del Cliente

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Cliente	Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS
Indirizzo	
Cantiere	Vasca Portotorres
Sondaggio	/
Campione	3067-2
Profondità	5.50-6.50m

Certificato N° 028300

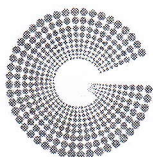
Data 27 GIU. 2013



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio





GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU /CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

V.D.A. N. 3067/2 DEL 05/06/13

COMMITTENTE Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS

CANTIERE Vasca - Portotorres

CERTIFICATO N° 028291 DEL 21 GIU. 2013

POZZETTO S1

CAMPIONE C2

PROFONDITA' 5,50-6,50m

Data prelievo 05/06/13

Data prova 18/06/13

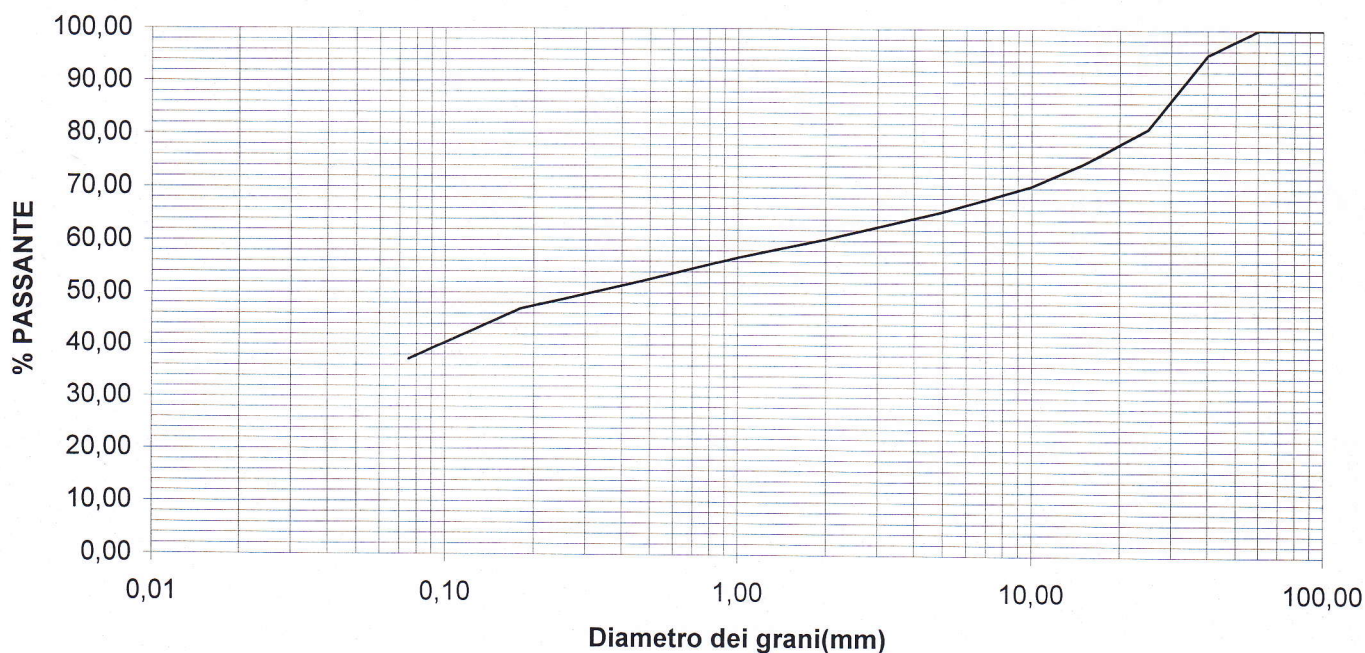
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Boll. Uff. C.N.R. - Anno v, n.23 -14 Dic 1971

SETACCI (mm)	PASSANTE %
100	100,00
71	100,00
60	100,00
40	95,22
25	81,18
15	74,60
10	70,40
5	65,62
2	60,26
1	56,76
0,42	51,60
0,18	46,88
0,075	37,17

Massa Campione (gr.)

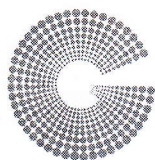
1403,4



NOTE: Campione consegnato a cura del Committente



IL DIRETTORE
Dott. Geol. Guido Demontis



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

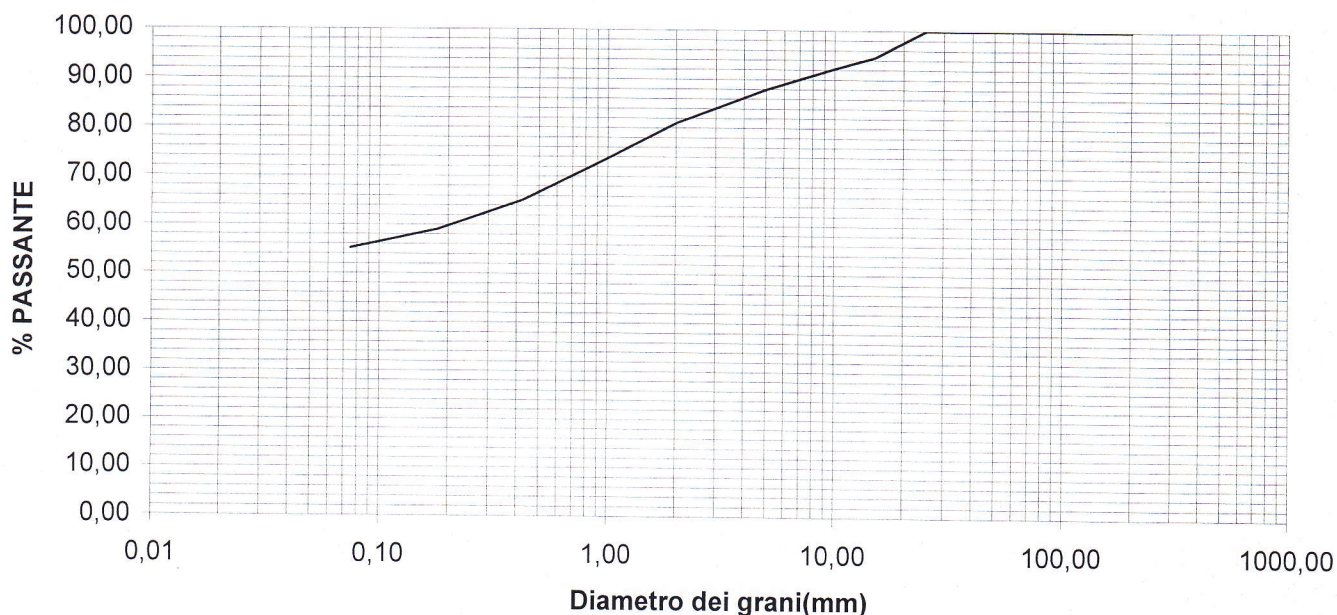
ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTÀ"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

V.D.A. N.	3076/1	DEL	13/06/13	CAMPIONE	S1C1
COMMITTENTE	Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS			PROFONDITA'	6,50-6,80m
CANTIERE	Truncu Reale - Vasca di scarico			PROTOCOLLO	\
				Data prelievo	13/06/13
CERTIFICATO N°	078350	DEL	02 LUG. 2013	Data prova	28/06/13

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA Boll. Uff. C.N.R. - Anno v, n.23 -14 Dic 1971		LIMITI DI ATTERBERG Boll. Uff. C.N.R. - UNI 10014	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	26
200	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	14
150	100,00	INDICE PLASTICO	12
125	100,00	INDICE DI GRUPPO	5
100	100,00	CLASS. UNI-CNR 10006	A6
71	100,00		
60	100,00		
40	100,00		
25	100,00		
15	94,55		
10	92,23		
5	87,91		
2	80,95		
1	73,69		
0,42	65,05		
0,18	59,09		
0,075	55,20		



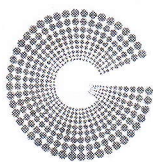
NOTE: Campione consegnato a cura Committente



IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis

C.C.I.A.A. CAGLIARI 52034 - CODICE FISCALE DMN GNN 64D15 B354K - PARTITA IVA 01588890929

**GEOSYSTEM**

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU' (CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.itLABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

V.D.A.	N.	3076/1	DEL	13/06/13	SONDAGGIO	S1
COMMITTENTE		Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS			CAMPIONE	C1
CANTIERE		Truncu Reale - Vasca di scarico			PROFONDITA'	6,50-6,80m
CERTIFICATO		078351	DE	02 LUG. 2013	Data prelievo	13/06/13
					Data prova	18/06/13

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-90

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE : Limo con concrezioni carbonatiche

STATO DEL CAMPIONE Ricostruito all'umidità naturale

VELOCITA' DI PROVA: 0,02 mm/min

CARATTERISTICHE INIZIALI

		1	2	3
Umidità naturale	W %	27,99	27,99	27,99
Umidità di prova	W %	27,99	27,99	27,99
Densità di prova	kg/m ³	1645,8	1665,3	1660,1
Densità secca	kg/m ³	1281,9	1297,0	1293,0

CONSOLIDAZIONE

Carico verticale	KPa	100	200	300
Cedimento	mm	1,21	1,75	2,30
Densità secca	kg/m ³	1368,7	1425,8	1465,6

ROTTURA

Carico verticale (s)	KPa	100	200	300
Scorrimento orizzontale	mm	3,03	9,24	2,85
Sforzo al taglio (massimo) τ	KPa	55,99	118,08	134,96
Sforzo al taglio (residuo) τ	KPa	/	/	/

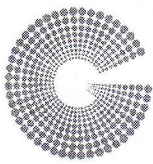
NOTE: Campione consegnato a cura del Committente

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis





GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

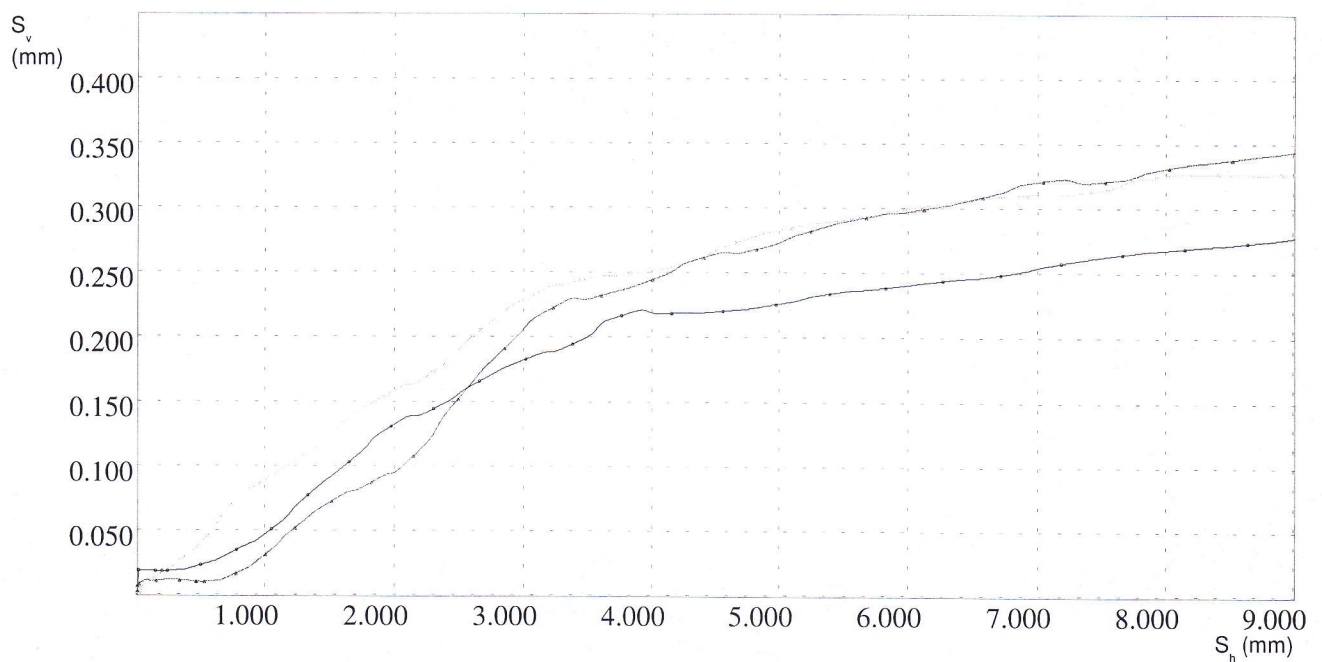
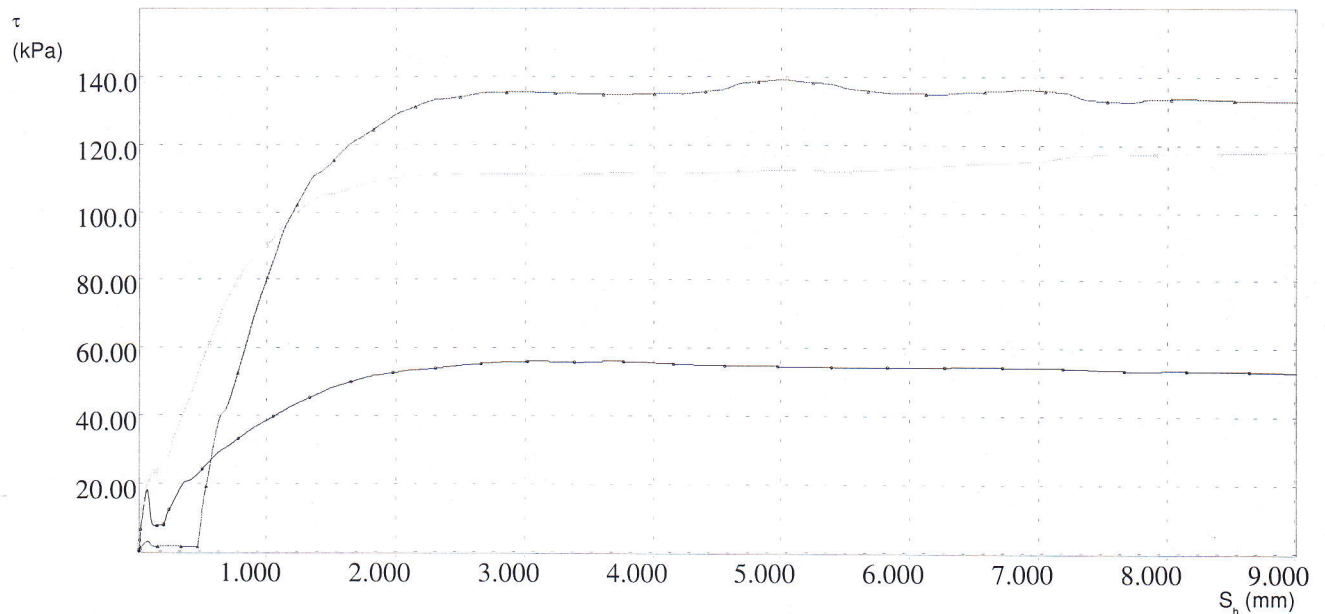
Dati del Cliente

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Cliente	Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS
Indirizzo	
Cantiere	Truncu Reale - Vasca di Carico
Sondaggio	S1-C1
Campione	3076-1
Profondità	6.50-6.80m

Certificato N° 028351

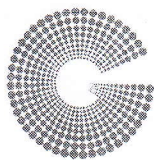
Data 02 LUG. 2013



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio





GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTÀ"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

V.D.A.	N.	3076/2	DEL	13/06/13	SONDAGGIO	S3
COMMITTENTE		Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS			CAMPIONE	C2
CANTIERE		Truncu Reale - Vasca di scarico			PROFONDITA'	7,70-8,00m
CERTIFICATO		028353 DEL 02 LUG. 2013			Data prelievo	13/06/13
					Data prova	24/06/13

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-90

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE : Limo con concrezioni carbonatiche

STATO DEL CAMPIONE Ricostruito all'umidità naturale

VELOCITA'DI PROVA: 0,40 mm/min

CARATTERISTICHE INIZIALI

Umidità naturale

W %

1	2	3
17,71	17,71	17,71
17,71	17,71	17,71
2063,9	2053,2	2061,7
1754,8	1745,7	1752,9

Umidità di prova

W %

Densità di prova

kg/m³

Densità secca

kg/m³

CONSOLIDAZIONE

Carico verticale

KPa

Cedimento

mm

Densità secca

kg/m³

ROTTURA

Carico verticale (s)

KPa

Scorrimento orizzontale

mm

Sforzo al taglio (massimo) τ

KPa

Sforzo al taglio (residuo) τ

KPa

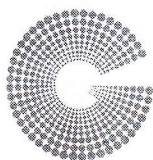
NOTE: Campione consegnato a cura del Committente

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis





GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTÀ"
09044 QUARTUCCIU' (CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

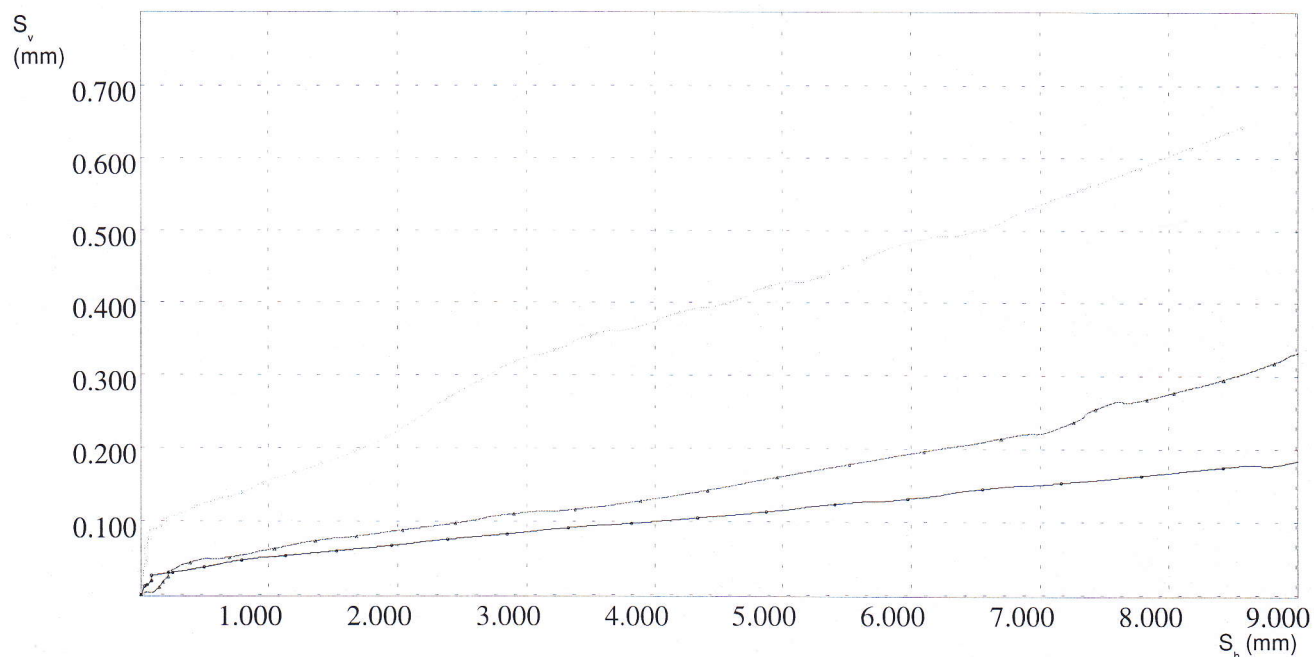
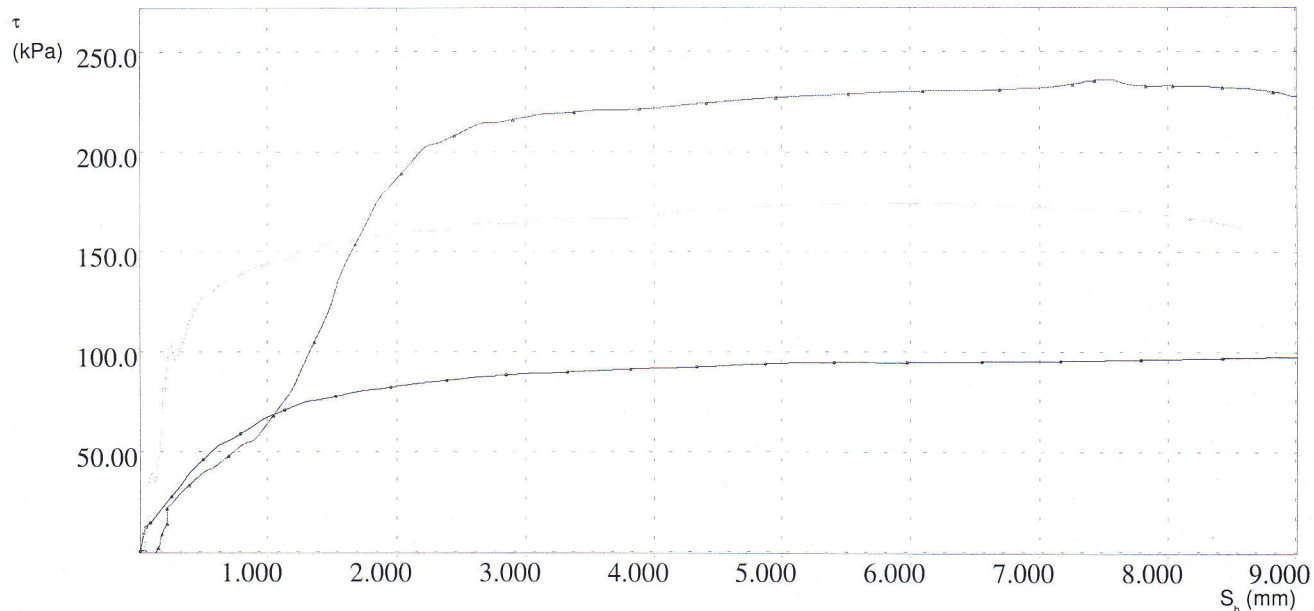
Dati del Cliente

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Cliente	Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS
Indirizzo	
Cantiere	Truncu Reale - Vasca di Carico
Sondaggio	S3 C2
Campione	3076-2
Profondità	7.70-8.00m

Certificato N° 028353

Data 02 LUG. 2013



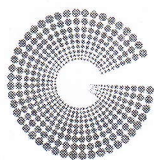
Lo Sperimentatore

[Signature]

Il Direttore del Laboratorio

[Signature]



**GEOSYSTEM**

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.itLABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

V.D.A.	N.	3076/4	DEL	13/06/13	SONDAGGIO	S3
COMMITTENTE		Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS			CAMPIONE	C1
CANTIERE		Truncu Reale - Vasca di scarico			PROFONDITA'	7,00-7,20m
CERTIFICATO		028354	DEL	02 LUG. 2013	Data prelievo	13/06/13
					Data prova	27/06/13

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-90

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE : Limo con concrezioni carbonatiche

STATO DEL CAMPIONE Ricostruito all'umidità naturale

VELOCITA'DI PROVA: 0,40 mm/min

CARATTERISTICHE INIZIALI

Umidita' naturale	W %	1	2	3
Umidita' di prova	W %	24,23	24,23	24,23
Densità di prova	kg/m ³	24,23	24,23	24,23
Densità secca	kg/m ³	1832,4	1834,9	1838,9
		1488,0	1490,0	1493,3

CONSOLIDAZIONE

Carico verticale	KPa	100	200	300
Cedimento	mm	0,51	0,46	0,54
Densità secca	kg/m ³	1513,6	1511,8	1521,3

ROTTURA

Carico verticale (s)	KPa	100	200	300
Scorrimento orizzontale	mm	2,01	1,94	5,00
Sforzo al taglio (massimo) τ	KPa	98,91	194,71	243,56
Sforzo al taglio (residuo) τ	KPa	/	/	/

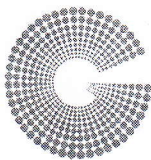
NOTE: Campione consegnato a cura del Committente

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis





GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

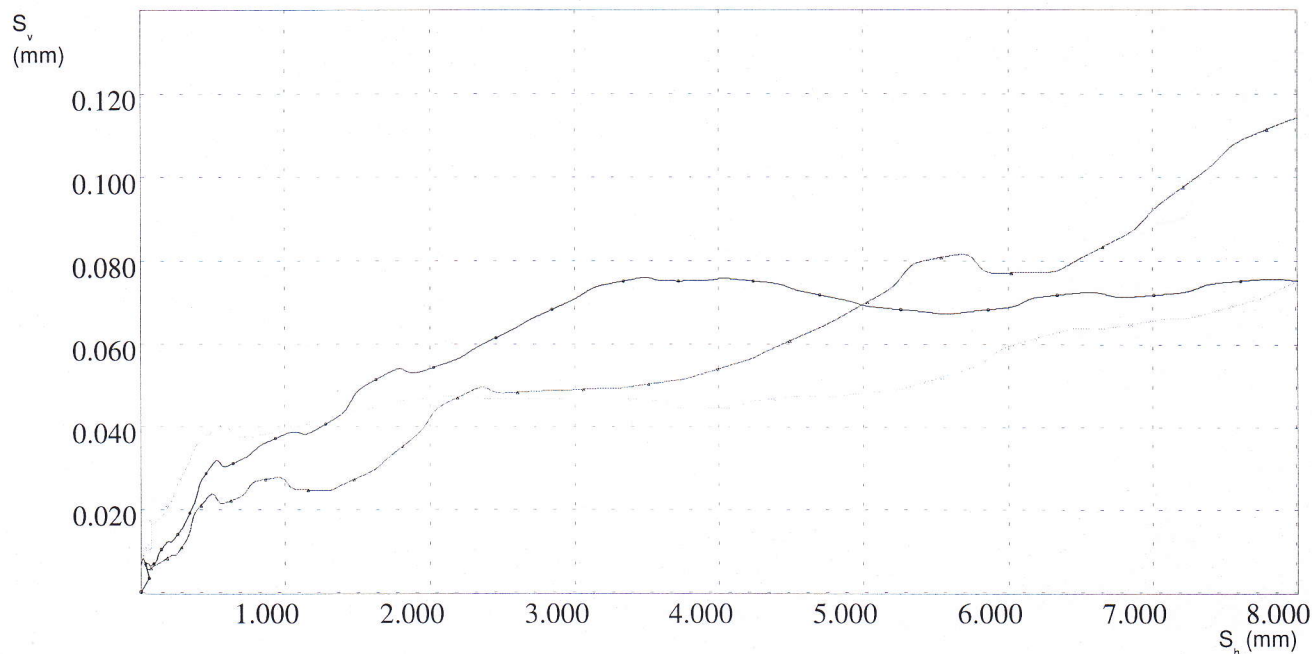
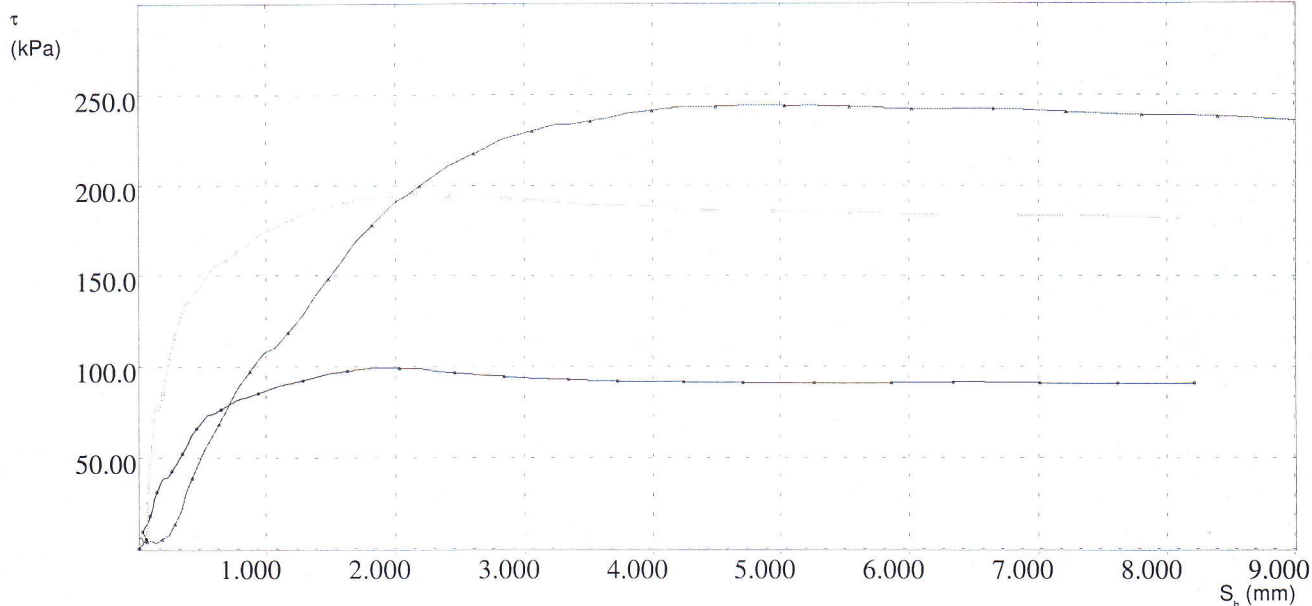
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

Dati del Cliente

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Cliente	Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS
Indirizzo	
Cantiere	Truncu Reale - Vasca di Carico
Sondaggio	S3 C1
Campione	3076-4
Profondità	7.00-7.20m

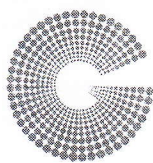
Certificato N° 028354
Data 02 LUG. 2013



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



**GEOSYSTEM**

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTÀ"
09044 QUARTUCCIU' (CA) - TEL-FAX 070 852509
E mail: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.itLABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

V.D.A. N°	3076/3	DEL	13/06/13	CAMPIONE	Rocce
COMMITTENTE	Dott. Geol. A. Vigo c/o ENAS			DATA PRELIEVO	13/06/13
CANTIERE	Truncu Reale - Vasca di carico			DATA PROVA	01/07/13
CERTIFICATO N.	028365	DEL	04 LUG. 2013		

PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE SU CAROTE DI ROCCIA
(ASTM D2938-95)

Identificativo	Profondità	Dimensioni (mm)		Umidità	G.Saturaz.	Massa volumica	Res.Unit.	NOTE
	m	Diametro	Altezza	%	%	Kg/m ³	N/mm ²	
1a S1 C2	15,00-16,00m	76,0	121,0	\	\	2041,4	4,00	\
1b S1 C2	15,00-16,00m	76,0	107,0	\	\	2053,0	3,06	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\	\	\	\

Attrezzatura di Prova : Pressa 3000 KN Controls, Unità di Comando MCC88 Controls, bilancia, calibro,**Velocità di prova :** 0,10 (N/mmq)/sec**Note :** Campioni consegnati a cura del CommittenteIL TECNICO
P.M. Roberto AsteIL DIRETTORE
Dott. Geol. Guido Demontis