

AUTORITÀ PORTUALE DI CAGLIARI

Provincia di Cagliari

REALIZZAZIONE DEL DISTRETTO DELLA CANTIERISTICA
PRESSO L'AREA DEL PORTO CANALE DI CAGLIARI
OPERE DI URBANIZZAZIONE DELL'AVAMPORTO EST
ATTUAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO

FASE III-C

REPORT FINALE

DATA: settembre 2013

REDATTO DA: Mauro Pompei
Paolo Putzulu



GEOTECHNA

Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
Tel./Fax +39 070 551417
e-mail: geotechna@fiscali.it
geotechna.cagliari@pec.it

IL DIRETTORE TECNICO
DELLA GEOTECHNA S.R.L.:

Dott. Geol. Mauro Pompei

RILIEVO ED ELABORAZIONE DATI:

Ing. Paolo Putzulu

	DATA	DESCRIZIONE
REVISIONI	00	18.09.2013 <i>Prima emissione</i>
	01	
	02	
	03	
	04	

IL COMMITTENTE:

Impresa di Costruzioni Pellegrini S.r.l.
Via Nazario Sauro n. 9
09123 Cagliari

FASE III-C

REPORT FINALE

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	1
2. ANALISI CONCLUSIVA.....	3

APPENDICI

- ❖ GRAFICI

1. INTRODUZIONE

La presente si riferisce al Piano di Monitoraggio delle precariche predisposte nell'ambito dei lavori per la realizzazione del «**Distretto della Cantieristica presso il Porto Canale di Cagliari**» appaltati dall'Impresa Pellegrini S.r.l di Cagliari.

Per motivi legati all'organizzazione del cantiere, la **Fase III** è stata suddivisa dalla stessa Direzione, in tre sottofasi denominate **Fase III-A**, **Fase III-B** e **Fase III-C** (FIGURA 1).

Richiamando per la trattazione teorica il Piano di Monitoraggio ed il Report Finale di cui alla **Fase I-A**, si riportano di seguito i risultati ed i commenti relativi all'esito del monitoraggio degli assestimetri effettuato per la **Fase III-C**.

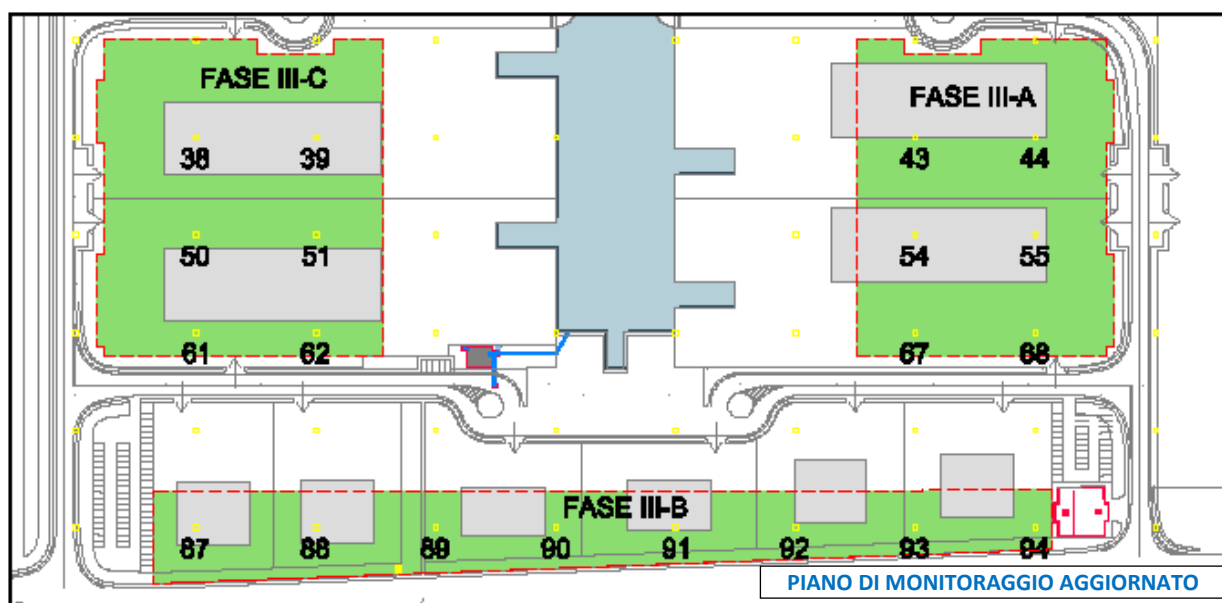


FIGURA 1 - Planimetria delle stazioni di monitoraggio di FASE III.

Nell'ambito delle attività, si è ritenuto necessario predisporre un sistema di monitoraggio finalizzato al controllo e alla verifica, rispetto alle attese progettuali, dei comportamenti deformativi attesi dalle opere in progetto, dei movimenti in atto e la loro variazione spazio-temporale, dell'efficacia del mantenimento delle condizioni di sicurezza.

In particolare il monitoraggio in questione viene rivolto alle strutture di “precarica” in terra previste in progetto, atte a razionalizzare i movimenti deformativi attesi ed ottenere il raggiungimento di opportuni moduli di deformazione nei terreni precaricati per i piazzali e per la viabilità interna.

Si tiene a precisare che per una valida interpretazione dei risultati del monitoraggio, è stato necessario un adeguato approccio nella stima delle misure e nei riguardi delle relative intrinseche incertezze. Ciò in quanto nella misura di una qualsivoglia grandezza fisica si commettono inevitabilmente errori e quindi il valore ottenuto non è mai esattamente uguale a quello “reale” che non potrà mai essere noto con precisione arbitrariamente grande.

Nel ripetere la misura della stessa grandezza col medesimo strumento, nelle medesime condizioni e seguendo la medesima procedura, la presenza delle varie cause di errore produce delle differenze casuali tra il valore misurato ed il valore vero, differenze variabili da una misura all’altra, ed in modo imprevedibile singolarmente. Pertanto i risultati di queste misure che verranno ripetute più volte in fase di rilievo fluttueranno apprezzabilmente in maniera casuale in un certo intervallo: l’ampiezza di queste variazioni definirà la precisione delle misure stesse.

In questa sede, la valutazione degli errori è stata possibile grazie al significativo numero di misurazioni completate che si è cercato di effettuare a parità di condizioni. Ciò nonostante, nell’analisi del comportamento deformativo del substrato si è dovuto necessariamente tener conto di quelle fonti di incertezza che intervengono necessariamente nella fase di rilievo trigonometrico, rappresentate dalle “condizioni operative ambientali” governate da un’estrema variabilità di parametri specifici e caratterizzanti il sito in oggetto.

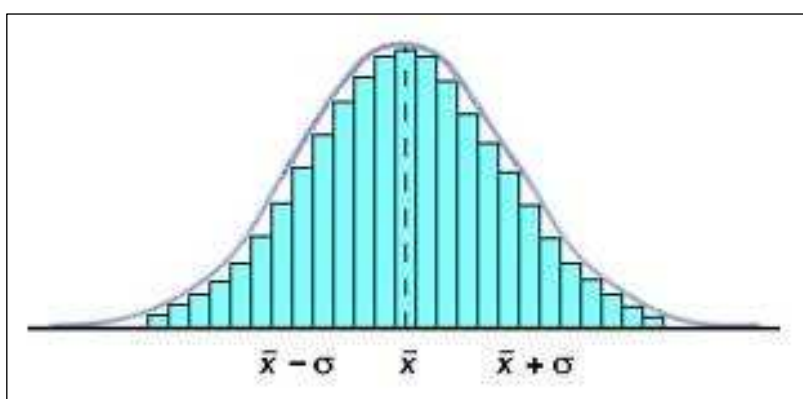


FIGURA 2
Modello di comportamento standard della distribuzione delle misure.

2. ANALISI CONCLUSIVA

Dal progetto geotecnico di cui alla fase esecutiva, i cedimenti totali attesi nell'area in cui è stato realizzato il rilevato della **Fase III-C** erano dell'ordine dei 9,4 cm compresi gli elastici immediati e quelli secondari a medio termine (**TABELLA 1**). Si vuole ancora ricordare che in fase operativa la **Fase III** è stata suddivisa dalla Direzione del Cantiere in 3 sottofasi denominate **Fase III-A, III-B e III-C**.

FASE	SONDAGGI CARATTERIZZANTI	CEDIMENTO ELASTICO [cm]	CEDIMENTO DI CONSOLIDAZIONE [cm]	CEDIMENTO TOTALE [cm]
III	Sb – S3 – S4	2,5	6,9	9,4

TABELLA 1 – Schema di riepilogo del comportamento deformativo della Fase III riportata nel progetto geotecnico.

Durante la fase di posa in opera della precarica con materiali scelti e del susseguente stazionamento nell'area in oggetto, si sono effettuate n. 13 campagne di rilievo⁽¹⁾ altimetrico al fine di verificare in maniera più accurata il comportamento deformativo del substrato. Mediante le letture è stato possibile ricavare il cedimento avvenuto nei 6 assestimetri⁽²⁾ opportunamente disposti nell'area secondo le indicazioni contenute nel Piano di Monitoraggio (**FIGURA 3**).

ASSESTIMETRO	CEDIMENTO RILEVATO (cm)	CEDIMENTO TEORICO CALCOLATO (cm)
38	6,2	9,4
39	2,4	9,4
50	3,6	9,4
51	3,9	9,4
61	-1,1	9,4
62	3,2	9,4

TABELLA 2 – Riepilogo dei cedimenti totali rilevati nella **Fase III-C**.

⁽¹⁾ Date del rilievo: 3, 17, 24 giugno; 1, 8, 15, 22, 29 luglio; 8, 22 agosto; 2, 9, 16 settembre 2013.

⁽²⁾ Assestimetri: 38, 39, 50, 51, 61, 62.

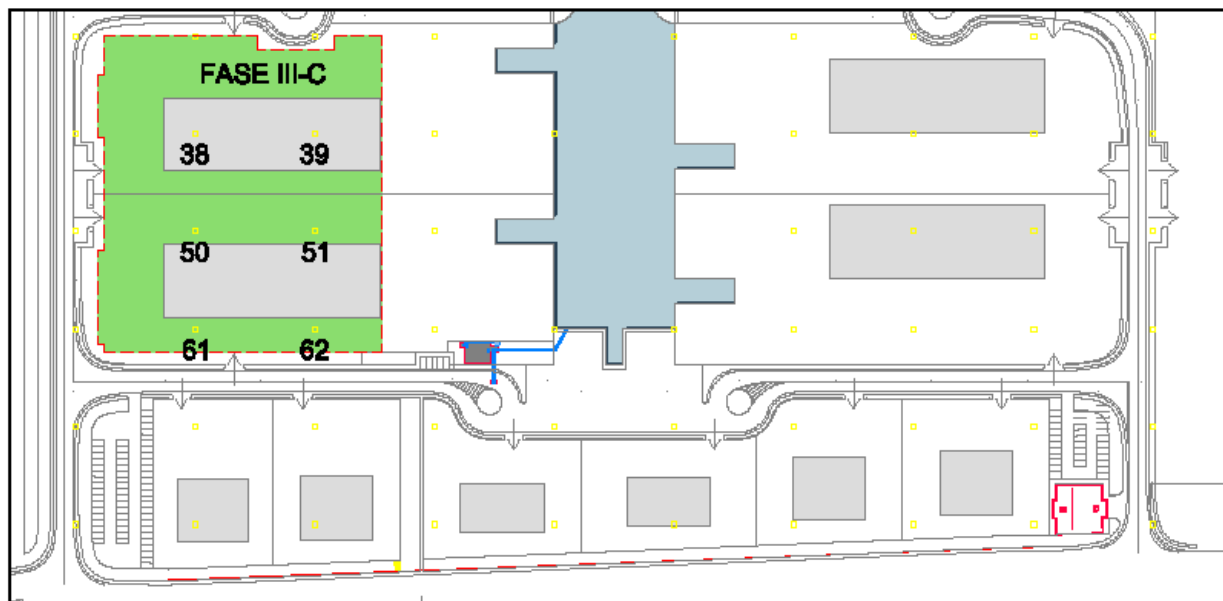


FIGURA 3 - Planimetria delle stazioni di monitoraggio di FASE III.

Il risultato ottenuto è che allo stato attuale gli assestimetri hanno presentato cedimenti inferiori a quelli teorici previsti in fase di progetto geotecnico, ad eccezione dell'assestimetro n. 61 il quale ha manifestato un innalzamento "elastico" pari a 1,8 cm, rilevato nel primo sopralluogo successivo al posizionamento della precarica. Il trend evolutivo dei cedimenti in ogni area di competenza di ciascun assestimetro è risultato piuttosto variabile ma generalmente decrescente, come è plausibile attendersi in condizioni "indisturbate" di consolidazione edometrica (**FIGURA 4**), con qualche sporadico, temporaneo e contenuto innalzamento della quota.

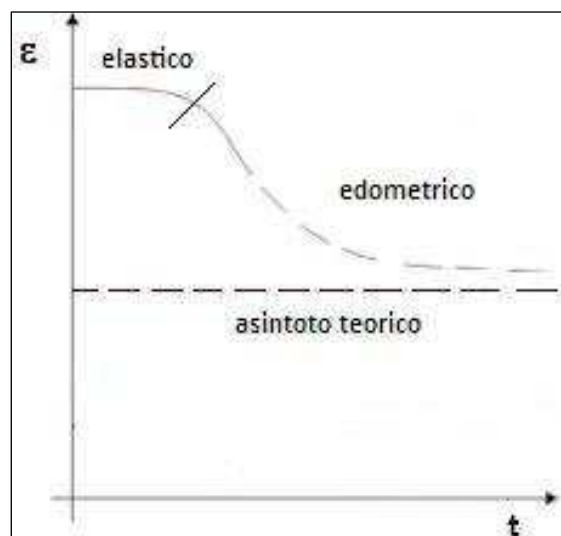


FIGURA 4 - Comportamento edometrico teorico

Il comportamento del substrato in corrispondenza dei presenti assestimetri può essere così schematizzato:

⇒ **ASSESTIMETRO n. 38**

Comportamento deformativo elastico (3,1 cm) in accordo con le risultanze attese dal progetto geotecnico. Successiva lenta e contenuta deformazione edometrica (3,1 cm);

⇒ **ASSESTIMETRI n. 39, n. 50, n. 51, n. 62**

Cedimento elastico contenuto (1,8÷2,7 cm) e successiva moderata deformazione di consolidazione (0,5÷1,2 cm) con cedimento globale inferiore a quello atteso;

⇒ **ASSESTIMETRI n. 61**

Cedimento elastico negativo (innalzamento della quota) pari a 1,8 cm e successiva lenta deformazione di consolidazione (0,6 cm).

Gli assestimetri n. 39, n. 50, n. 51 e n. 62 come già accennato in precedenza, hanno palesato sotto precarica un cedimento inferiore a quello atteso in fase di progetto, come previsto e giustificato nelle considerazioni conclusive riportate nel Report Finale della **Fase I-A** al quale si rimanda, dove si era fatto accenno alle cautele, in termini di parametrizzazione geotecnica e di modellizzazione del problema, utilizzate in fase di progettazione geotecnica a causa delle incertezze legate al valore inevitabilmente puntuale delle risultanze ottenute dalle indagini geognostiche.

Se si ragiona in termini di comportamento teorico di consolidazione, si può individuare un andamento tipico dell'assestamento per terreni coesivi caratterizzato da un primo tratto della curva di tipo parabolico (2° grado) per poi assestarsi, in corrispondenza dell'esaurimento della deformazione secondaria, su un comportamento lineare (1° grado) costante asintotico (**FIGURA 4**).

L'assestimento n. 38 ha presentato tale comportamento appena descritto, in maniera più o meno aderente alle attese progettuali.

In **FIGURA 5** si è rappresentato graficamente il comportamento deformativo della quasi totalità del substrato nell'area in oggetto. Come ricavato dai rilievi altimetrici effettuati, i cedimenti delle porzioni di rilevato che comprendono gli assestimetri n. 39, n. 50, n. 51, n. 62 hanno manifestato un comportamento decrescente nel tempo, più o meno regolare e pronunciato, sino a stabilizzarsi con tendenza circa asintotica su un valore inferiore rispetto a quello atteso in fase previsionale di progetto.

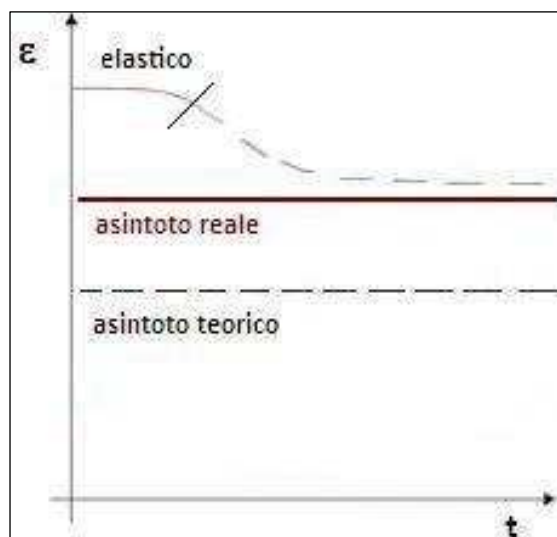


FIGURA 5 - Comportamento edometrico reale inferiore a quello teorico previsto.

A tal proposito è necessario tenere in debita considerazione che il comportamento tensionale e deformativo ipotizzato in fase di progetto geotecnico è infatti funzione di una previsione che *sovrastima* la situazione reale di progetto. Pertanto in fase operativa presumibilmente graveranno sul rilevato sollecitazioni inferiori a quelle ipotizzate in fase di studio previsionale con conseguente decremento delle tensioni indotte nel substrato ormai stabilizzato dalle maggiori tensioni di precarico.

L'assestimento n. 61 ha manifestato, come già visto, un comportamento deformativo differito nel tempo sufficientemente regolare ma globalmente ha presentato un innalzamento rispetto alla quota iniziale rilevata in data 03.06.2013 (Report n. 21), in assenza di rilevato.

Si è già fatto accenno in precedenza ai motivi (omogeneizzazione della caratterizzazione geotecnica e modellizzazione della configurazione stratigrafica del substrato che tenga conto delle disomogeneità locali e delle intercalazioni di suolo compressibile), che possono avvalorare un comportamento di questo tipo caratterizzato da variazioni volumetriche maggiori differenti rispetto a quelle attese.

In particolare, per effetto della presenza dei rilevati adiacenti, degli scavi effettuati nelle immediate vicinanze con conseguente incremento delle sovrappressioni interstiziali dovute ai flussi idraulici “indotti” nel substrato ed in minima parte anche per il transito nelle zone limitrofe di mezzi pesanti impegnati nella realizzazione dei manufatti in progetto, si può provocare una compressione del substrato nelle aree adiacenti il rilevato con conseguente incremento della pressione di confinamento della porzione di suolo di competenza che si trova in fase di consolidazione. Tale incremento genera una redistribuzione dei grani e delle tensioni litostatiche indotte con conseguente aumento di volume e lieve innalzamento della quota della porzione di rilevato. La variazione dello stato tensionale può generare pertanto un fenomeno geotecnico definito come “*dilatanza*” per il quale viene vinta la resistenza al taglio del terreno che si mobilita nel corso di movimenti relativi tra le particelle e dal loro grado di mutuo incastro.

Si potrebbe pensare che una tale situazione possa rappresentare un problema dal punto di vista della stabilità del suolo su cui poggeranno le strutture in progetto; in realtà la condizione deformativa raggiunta dal substrato può essere, con ragionevole grado di sicurezza, ritenuta stabile (FIGURA 6).

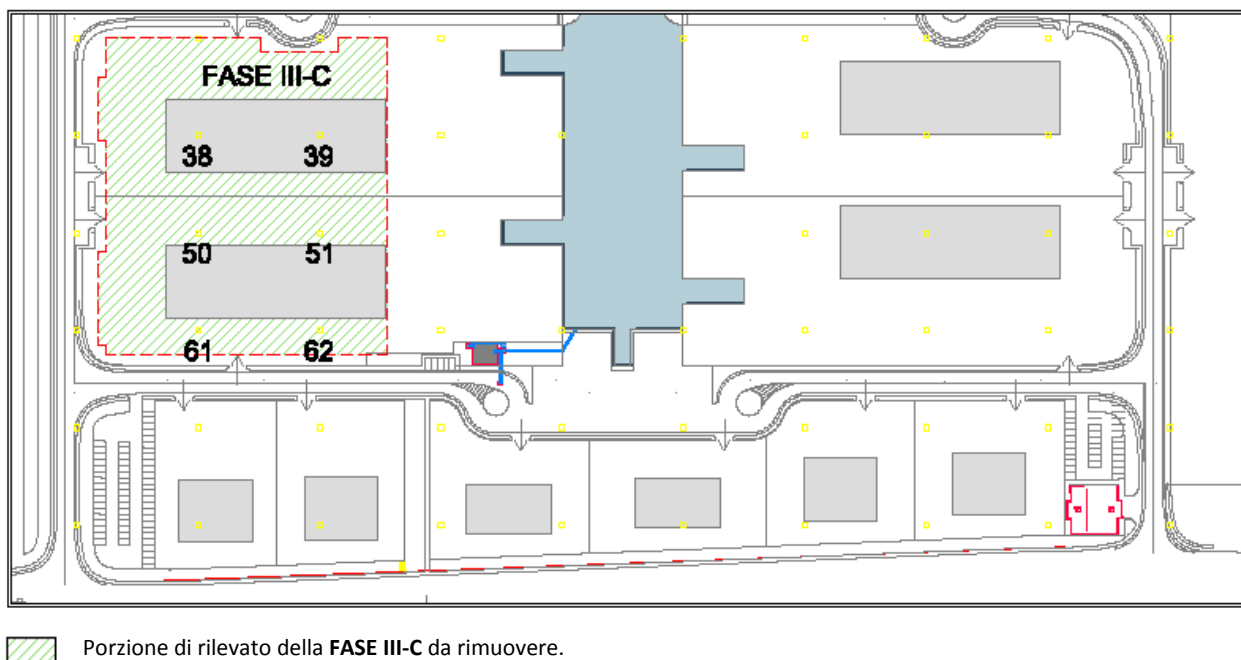


FIGURA 6 - Planimetria delle stazioni di monitoraggio di FASE III.

L'applicazione di un precarico ha come obiettivo l'incremento della capacità portante del terreno, la riduzione della sua capacità di compressione compattando i terreni granulari o addensando i terreni coesivi e l'accelerazione dei processi deformativi del suolo (soprattutto nei litotipi che presentano un sensibile comportamento consolidante differito nel tempo) consentendo in tempi ridotti il raggiungimento del cedimento massimo previsto. Sistemando un sovraccarico temporaneo, si possono annullare i cedimenti potenzialmente pericolosi o raggiungerli in un tempo più rapido in maniera da poter operare sul substrato con maggiore rapidità esecutiva ed ottenere ottimizzazioni produttive. Il sovraccarico applicato è di solito di entità sensibilmente maggiore alla pressione esercitata dall'opera in progetto durante la sua vita utile.

Analizzando attentamente il comportamento deformativo di tutti gli assestimetri di **Fase III-C** si nota che l'andamento dei cedimenti "tende" ad un valore asintotico che ne rappresenta il limite massimo reale in termini di consolidazione. Con ciò si vuole affermare che le stratificazioni di suolo consolidante presumibilmente hanno raggiunto il loro grado massimo di compressibilità con conseguente minimizzazione del valore dell'indice dei vuoti.

Alla luce di dette constatazioni e considerato che globalmente il trend del cedimento nell'area in oggetto fornisce sufficienti garanzie sull'avvenuto assestamento del substrato si ritiene fattibile – subordinatamente alle decisioni della D.L. – la possibilità di rimuovere immediatamente la "precarica" relativa al rilevato di Fase III-C, il cui il decorso dei cedimenti di consolidazione può essere considerato praticamente esaurito.

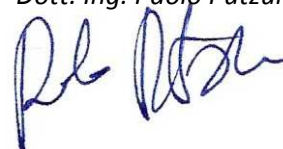
IL DIRETTORE TECNICO DELLA
GEOTECHNA S.R.L.:

Dott. Geol. Mauro Pompei



RILIEVO ED ELABORAZIONE DATI:

Dott. Ing. Paolo Putzulu



GRAFICI

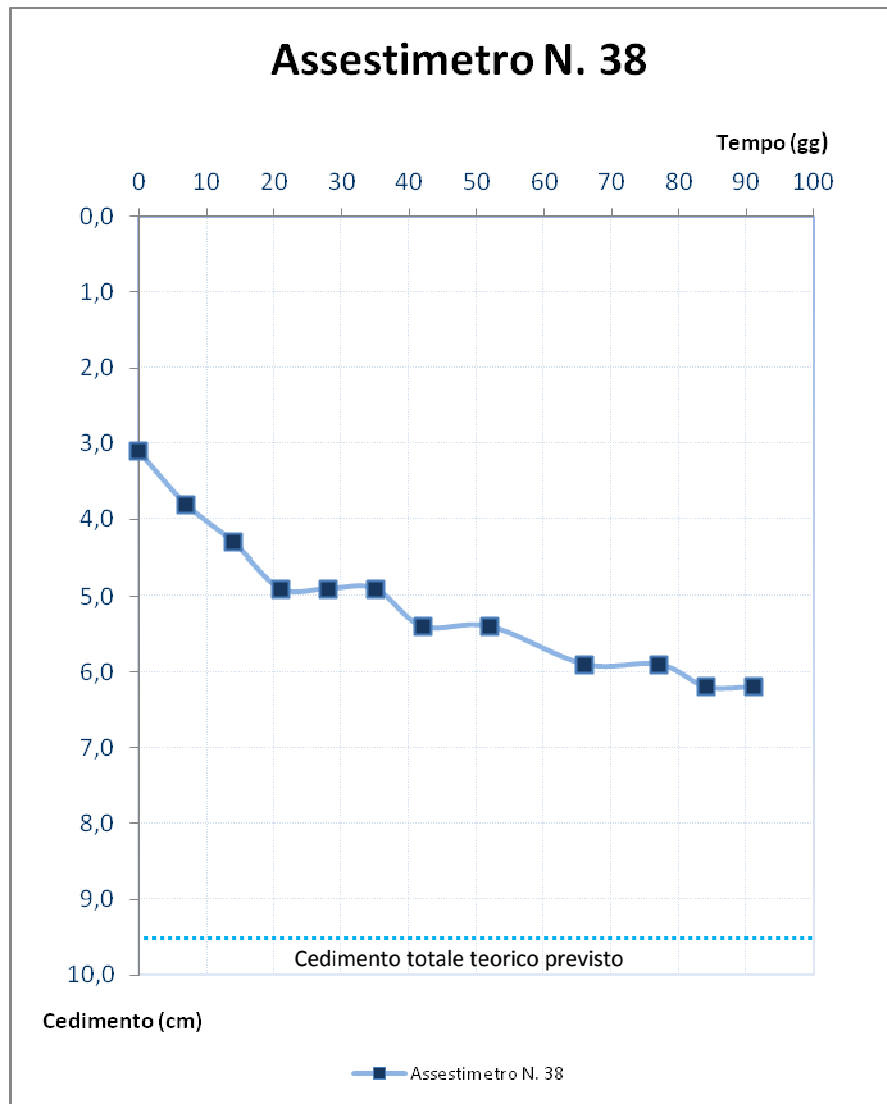


Via Lorenzo il Magnifico n. 7
09134 Cagliari (Italy)
Tel./Fax +39 070 501363
e-mail: geotechna@fiscali.it
geotechna.cagliari@pec.it

GRAFICIZZAZIONE DEL RILIEVO

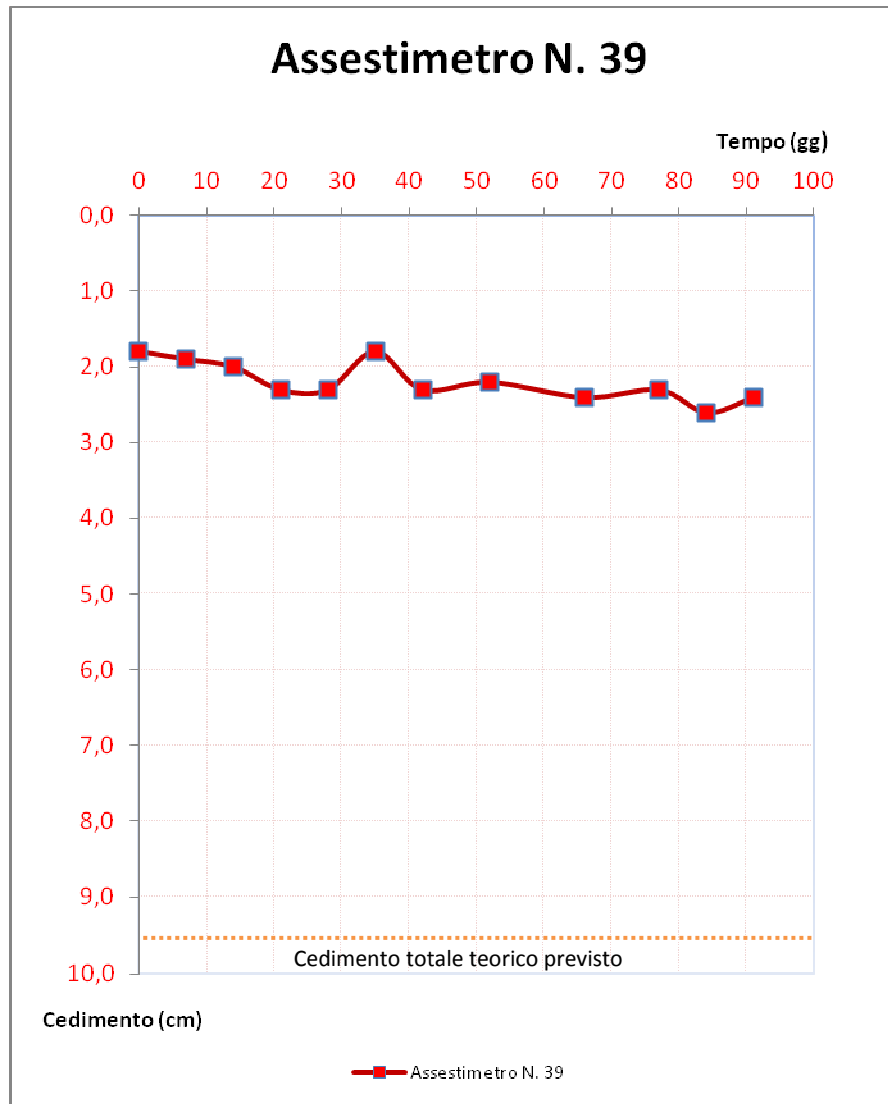
ASSESTIMETRO N. 38

Cantiere	Avamporto est del Distretto della Cantieristica
Ubicazione	Porto Canale, Cagliari
Data misura	16.09.2013
Numero lettura	13
Fase	III-C



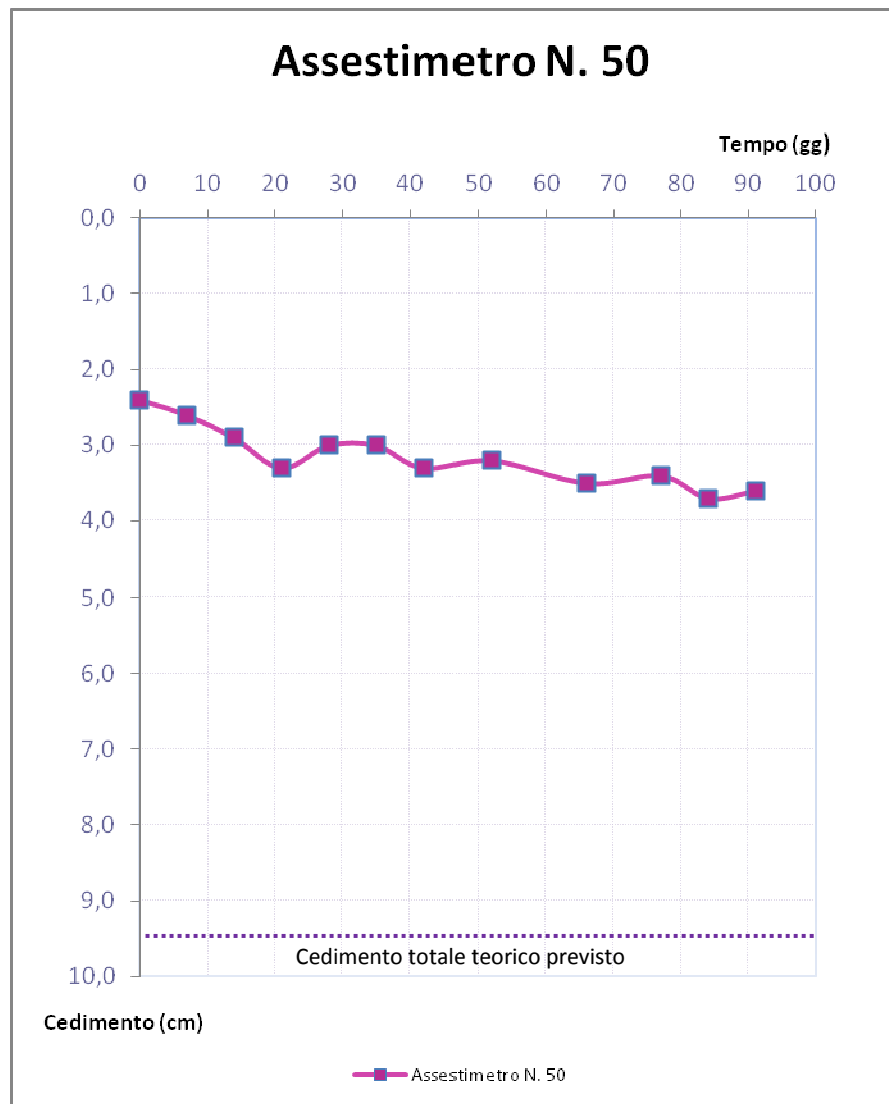
ASSESTIMETRO N. 39

Cantiere	Avamporto est del Distretto della Cantieristica
Ubicazione	Porto Canale, Cagliari
Data misura	16.09.2013
Numero lettura	13
Fase	III-C



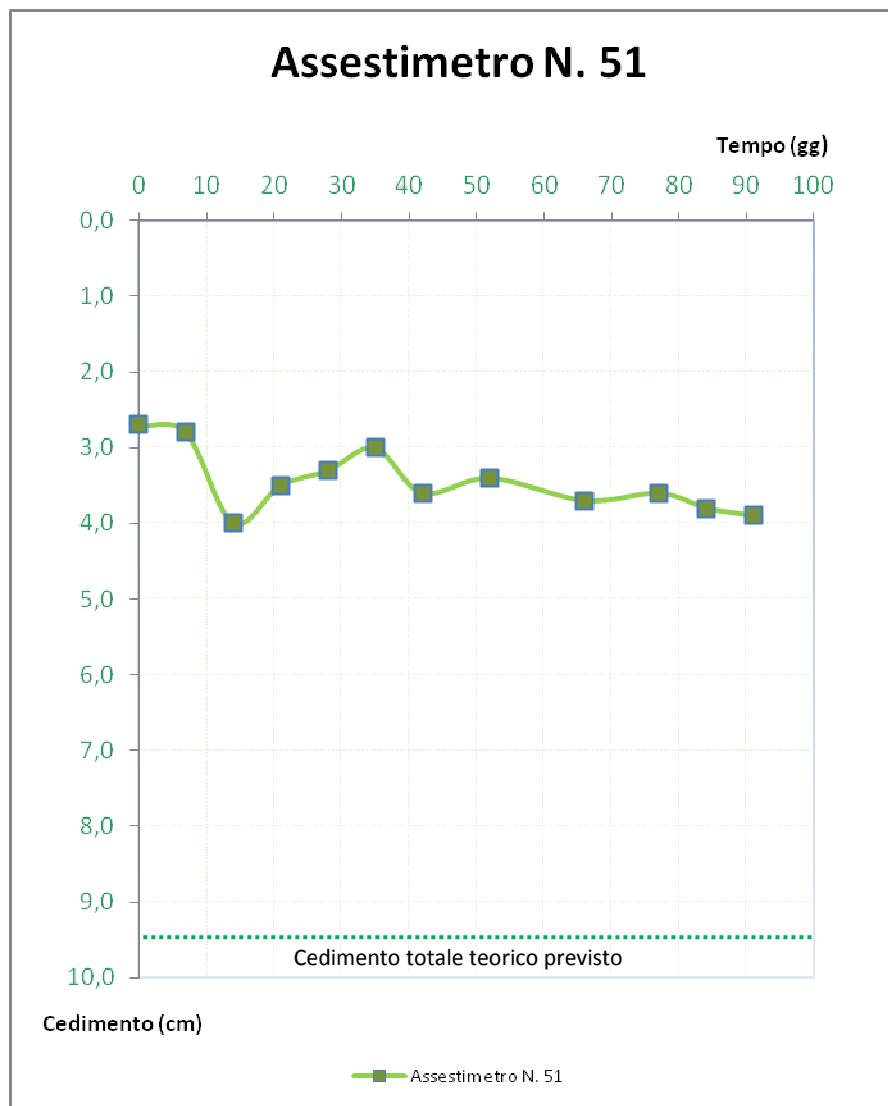
ASSESTIMETRO N. 50

Cantiere	Avamporto est del Distretto della Cantieristica
Ubicazione	Porto Canale, Cagliari
Data misura	16.09.2013
Numero lettura	13
Fase	III-C



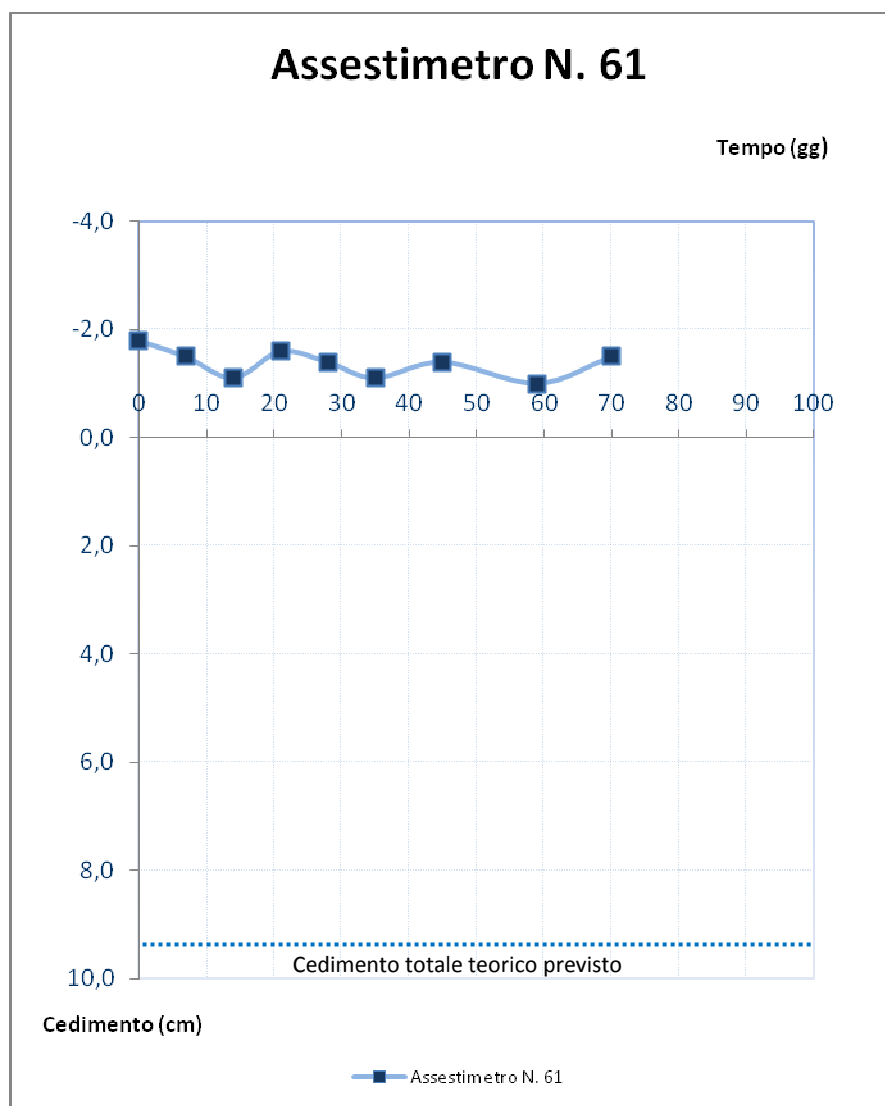
ASSESTIMETRO N. 51

Cantiere	Avamporto est del Distretto della Cantieristica
Ubicazione	Porto Canale, Cagliari
Data misura	16.09.2013
Numero lettura	13
Fase	III-C



ASSESTIMETRO N. 61

Cantiere	Avamporto est del Distretto della Cantieristica
Ubicazione	Porto Canale, Cagliari
Data misura	16.09.2013
Numero lettura	12
Fase	III-C



ASSESTIMETRO N. 62

Cantiere	Avamporto est del Distretto della Cantieristica
Ubicazione	Porto Canale, Cagliari
Data misura	16.09.2013
Numero lettura	12
Fase	III-C

