



## PROGETTO AdSP n. 1951

*Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste*

CUP: C94E21000/ 60001

### Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Fascicolo A – intervento PNC da autorizzare

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:		
arch. Gerardo Nappa	AdSP MAO	Responsabile dell'integrazione e Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione
arch. Sofia Dal Piva	AdSP MAO	Progettazione generale
arch. Stefano Semenic	AdSP MAO	Progettazione generale
ing. Roberto Leoni	BITECNO S.r.l.	Sistema di trazione elettrica ferroviaria
ing. Saturno Minnucci	MINNUCCI ASSOCIATI S.r.l.	Impianti speciali e segnalamenti ferroviari
ing. Dario Fedrigo	ALPE ENGINEERING S.r.l.	Progettazione strutturale oo.cc. ferrovia e strade
ing. Andrea Guidolin p.i. Furio Benci	SQS S.r.l.	Progettazione della sicurezza
ing. Sara Agnoletto	HMR Ambiente S.r.l.	Progettazione MISP e cassa di colmata
p.i. Trivellato, dott. G. Malvasi, dott. S. Bartolomei	p.i. Antonio Trivellato d.i.	Modellazione rumore, atmosfera, vibrazioni
dott. Gabriele Cailotto ing. Anca Tamasan	NEXTECO S.r.l.	Studio di impatto ambientale e piano di monitoraggio ambientale
ing. Sebastiano Cristoforetti	CRISCON S.r.l.s.	Relazione di sostenibilità
ing. Tommaso Tassi	F&M Ingegneria S.p.A.	Progettazione degli edifici pubblici nel contesto dell'ex area "a caldo"
ing. Michele Titton	ITS s.r.l.	Connessione stradale alla GVT
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: ing. Paolo Crescenzi		

NOME FILE: 1GNR_P-R-C-GEO_1GE_002_02_00.docx	SCALA: ---
TITOLO ELABORATO: <b>Relazione sulle indagini parte 2 di 25</b>	ELABORATO: <b>1GNR_P-R-C-GEO_1GE_002_02</b>

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	01/02/2023	Definitivo	Esterno	S.Dal Piva	G.Nappa

#### 4.0) MODELLO GEOLOGICO

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite nel sito oggetto d'indagine, è stata riconosciuta la successione geolitologica e litostratigrafica ed identificato il modello geologico di riferimento dell'area, di seguito schematizzato:

1. *da 0.0 a - 21.6 m dal p.c.: Materiali antropici di riporto* caratterizzati da scorie di fonderia, inerti, residui lateritici e materiali ferrosi in matrice limoso-sabbiosa di colore nerastro, talora nocciola.
2. *da - 21.6 a - 37.0 m dal p.c.: Complesso limoso-argilloso, debolmente sabbioso* caratterizzati da termini limoso-argillosi, debolmente sabbiosi, con talora livelli torbosi, di colore variabile da grigio-chiaro a grigio-scuro, talora marrone se in presenza di intervalli torbosi, talora con abbondante presenza di resti conchigliari;
3. *da - 37.0 a - 38.8 m dal p.c.: Flysch alterato marnoso-arenaceo*, con terreni di copertura, propri dei fenomeni di alterazione e disgregazione dei termini più superficiali della sottostante formazione flyschoidale, caratterizzato da rari livelli arenacei centimetrici, molto alterati, di colore marrone-ocraceo e livelli marnosi argillificati, disarticolati, di colore variabile da marrone-ocraceo a grigio-azzurro (*Complesso C1*);
4. *da - 38.8 m dal p.c.: Flysch integro marnoso-arenaceo*, fratturato e disarticolato nei suoi termini più superficiali, con presenza di strati arenacei di potenza centimetrica, di colore variabile da grigio-azzurro a marrone-ocraceo, alternati a strati di marne di potenza centimetrica o decimetrica, finemente stratificate, con talora fessurazione "a cubetti", disarticolate (*Tipo T3/T4*);

## 5.0) PROSPEZIONE SISMICA DOWN-HOLE

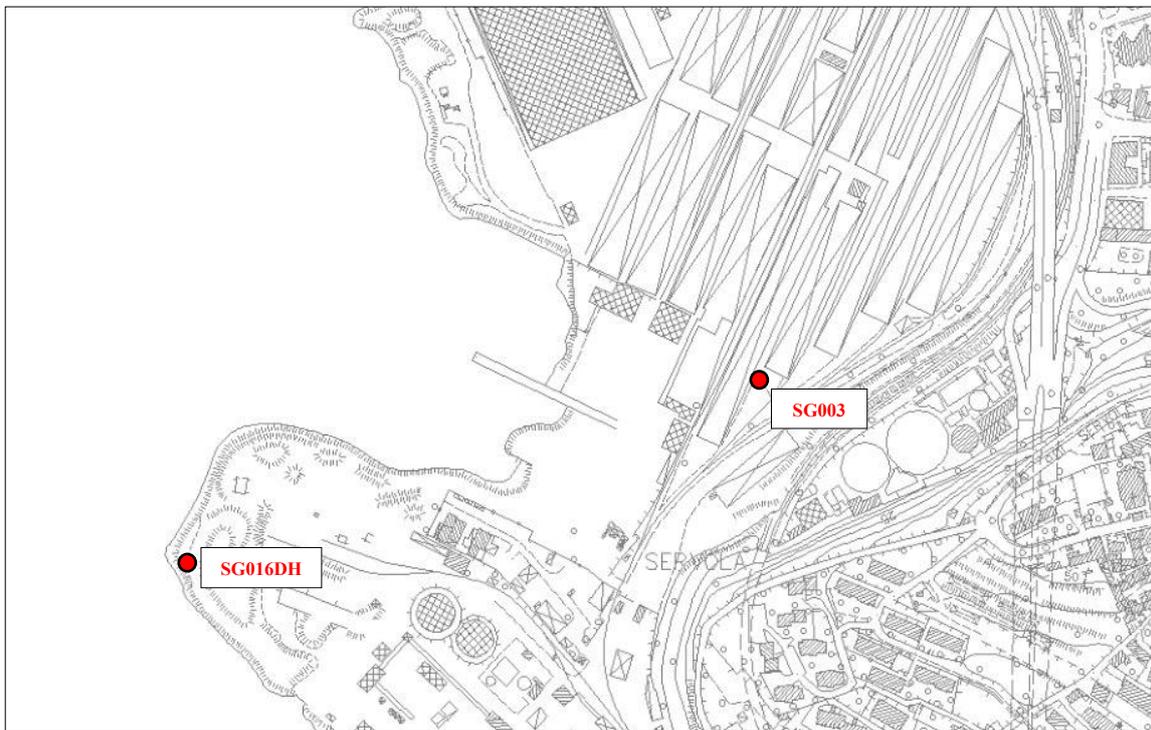
L'obiettivo della prospezione sismica Down-Hole eseguita è consistito nella definizione dei valori di velocità delle onde di taglio  $V_s$  per il *Complesso limoso-argilloso, debolmente sabbioso* caratterizzante i sedimenti marini nell'area di realizzazione del Molo VIII.

In dettaglio, non essendo stato possibile acquisire delle misure di velocità  $V_s$  dirette in corrispondenza dei sondaggi a mare svolti, sono state eseguite delle prospezioni sismiche Down-Hole in corrispondenza di n° 2 sondaggi a terra (SG003 e SG016DH), oltre ad una serie di misure di velocità delle onde  $V_s$  in laboratorio geotecnico su campioni indisturbati prelevati sia dai sondaggi a terra, sia da quelli mare; tali dati, unitamente alle conoscenze geofisiche pregresse, ha consentito di definire i valori di velocità  $V_s$  dei sedimenti presenti nell'area in oggetto.

Le prospezioni sono state svolte nei sondaggi SG003 e SG016DH, la cui ubicazione è riportata nell'immagine seguente.

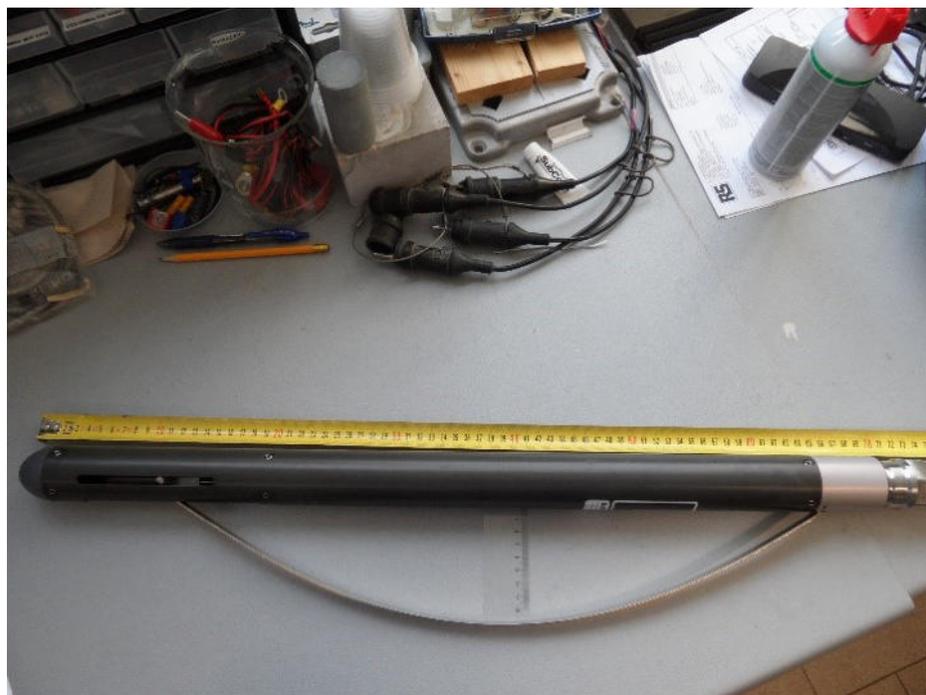


*Ubicazione sondaggi SG003 e SG016DH*



*Ubicazione sondaggi SG003 e SG016DH*

Per le eseguire le prospezioni Down-Hole in foro è stata utilizzata un sonda da pozzo con 3 geofoni (15 Hz) orientati secondo tre componenti ortogonali, sorgenti di energizzazione in onde P ed S e sismografo DMT Summit II.



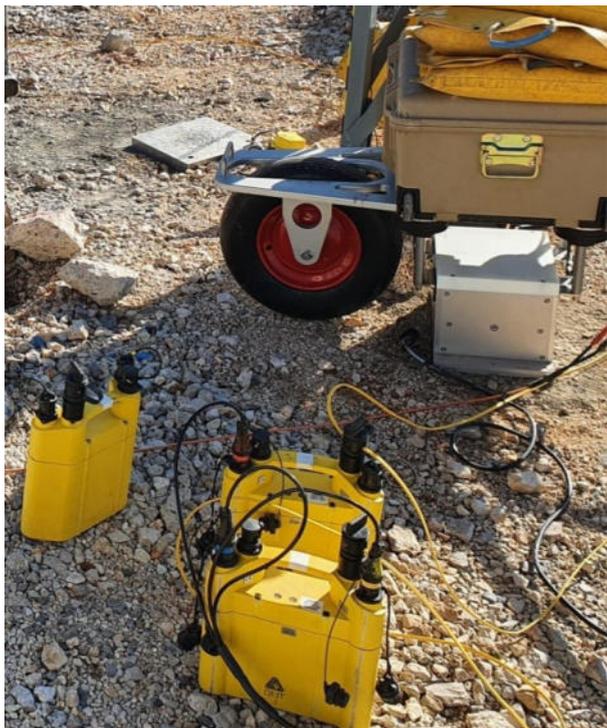
*Sonda da pozzo equipaggiata con 3 geofoni*



*Sorgenti di energizzazione vibrazionali in onde S e P*



*Massa battente di energizzazione onde P*



*Sismografo DMT Summit II*



*Inserimento della sonda in foro*

Per entrambe le prospezioni, prima di iniziare l'acquisizione, sono state eseguite serie di test per valutare l'accoppiamento delle sorgenti, la distanza della testa pozzo ed i parametri di registrazione.

### **5.1) Sondaggio SG016DH**

I parametri di acquisizione utilizzati per le misure nel sondaggio SG016DH sono di seguito riportati.

#### *Acquisizione onde S*

*Sorgente: minivibratore Elvis VII, sweep 20 – 120 Hz, 10s*

*Offset: 1.25 m*

*Sensore: geofono Geostuff 3C (15 Hz)*

*Sistema di registrazione: DMT Summit II*

*Passo di campionamento: 0.5 m in limi/argille e Flysch, 2 m nei terreni antropici di riporto*

*Campionamento temporale: 0.25 ms*

*Lunghezza registrazione: 11 s*

#### *Acquisizione onde P*

*Sorgente: minivibratore Elvis VII, sweep 20 – 160 Hz, 10s e massa battente*

*Offset: 1.15 m (minivibratore), 0.75 m (massa battente)*

*Sensore: geofono Geostuff 3C (15 Hz)*

*Sistema di registrazione: DMT Summit II*

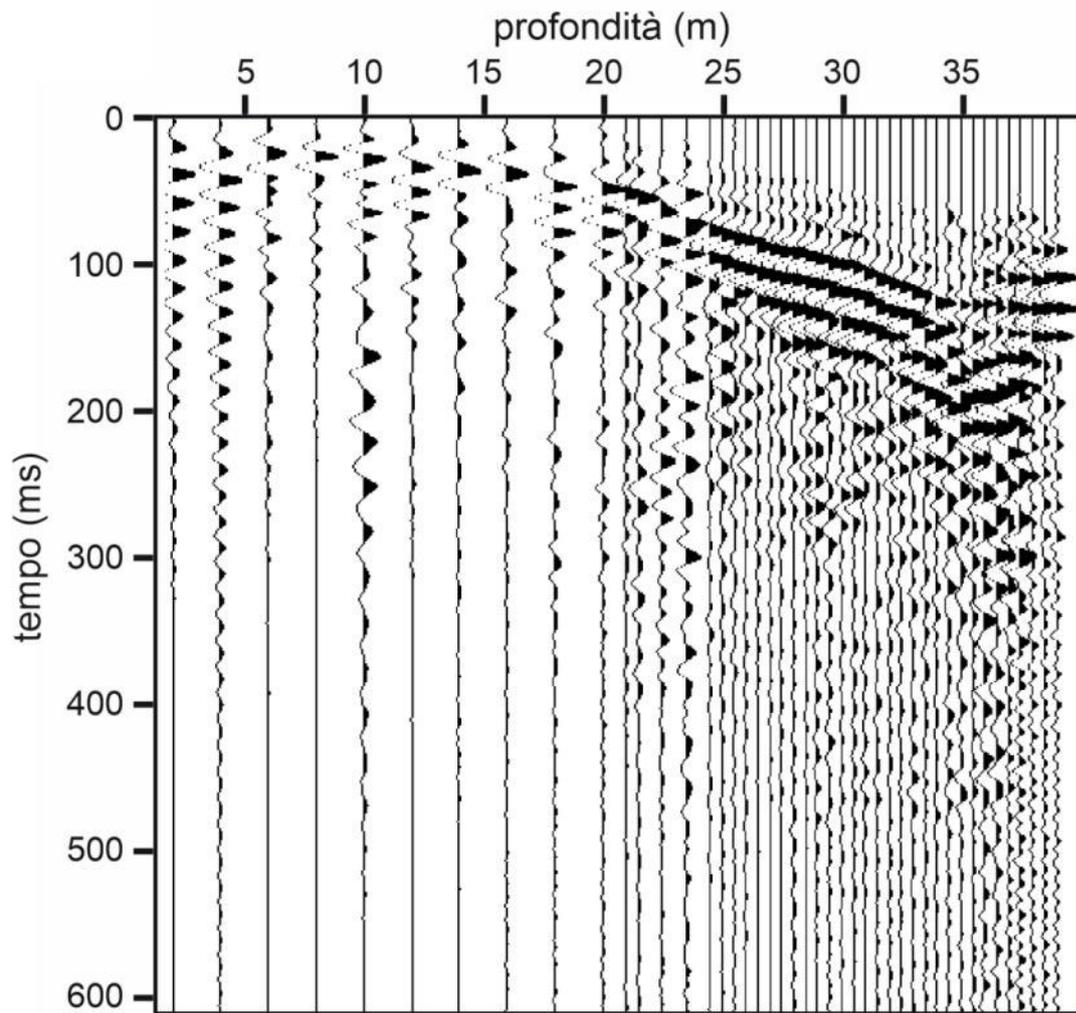
*Passo di campionamento: 0.5 m in limi/argille e Flysch, 2 m nei terreni antropici di riporto*

*Campionamento temporale: 0.25 ms*

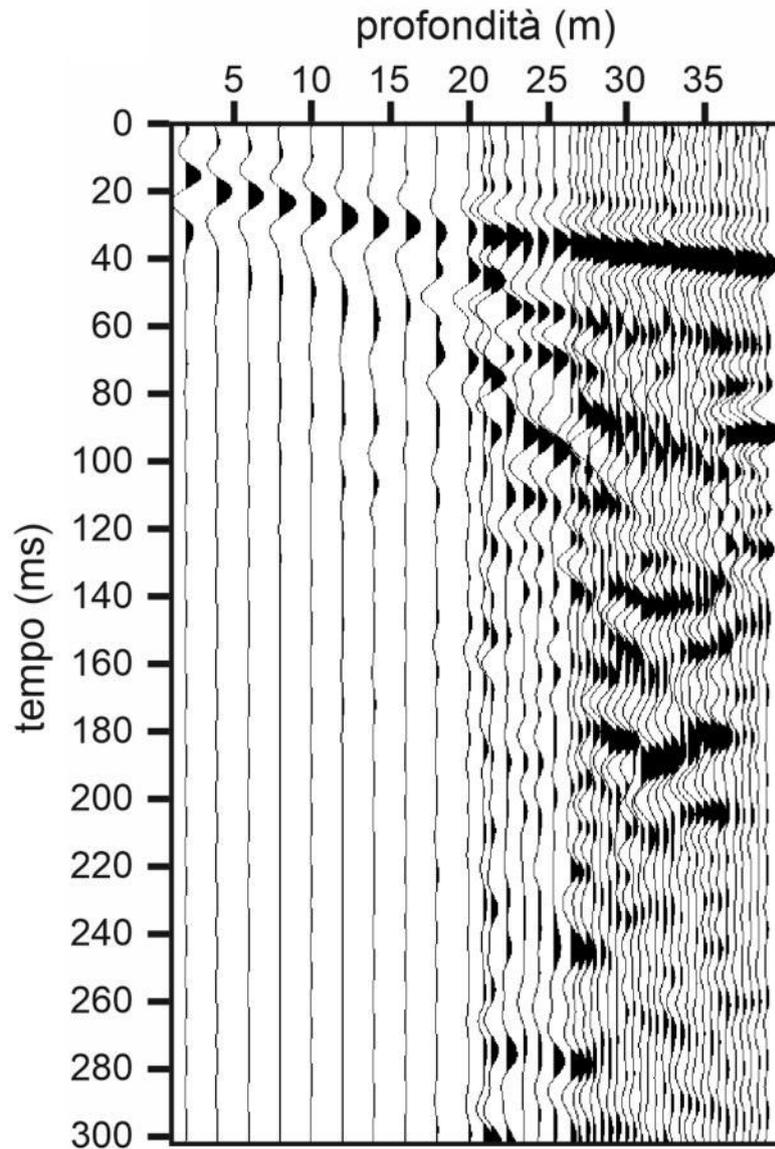
*Lunghezza registrazione: 11 s*

L'acquisizione dei dati è stata eseguita in risalita, ovvero iniziando dalla maggiore profondità. Per ciascun livello di profondità, dopo l'accoppiamento del geofono da pozzo con il tubo di rivestimento del sondaggio, sono state eseguite le energizzazioni in superficie con la sorgente di onde S (minivibratore Elvis VII S con polarità positiva e negativa) e quelle di onde P (minivibratore Elvis VII P e massa battente).

Nel caso delle sorgenti vibrazionali è stata eseguita la correlazione con il dato pilota per ottenere la traccia sismica. Ciascuna traccia sismica è stata riferita alla profondità di acquisizione rispetto la bocca foro. Sono di seguito riportati i dati acquisiti con sorgente S e P.

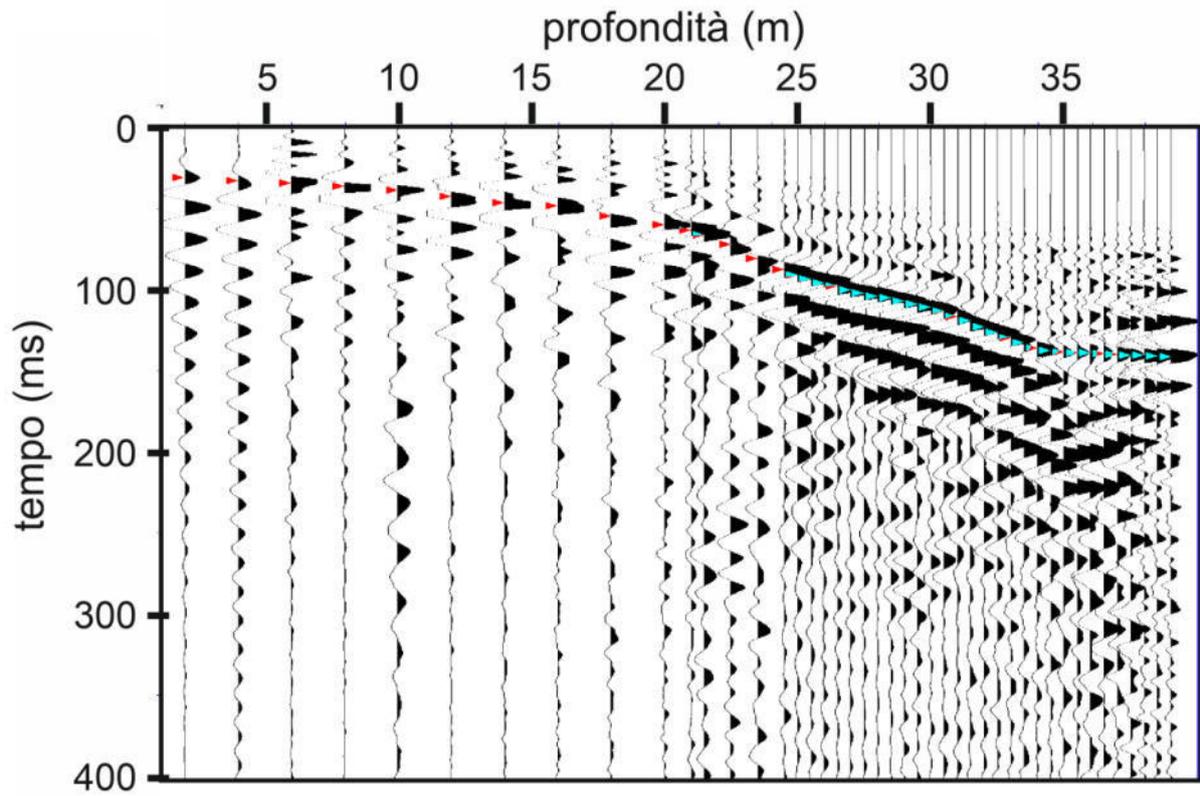


*Acquisizione onde S con sorgente vibrazionale*

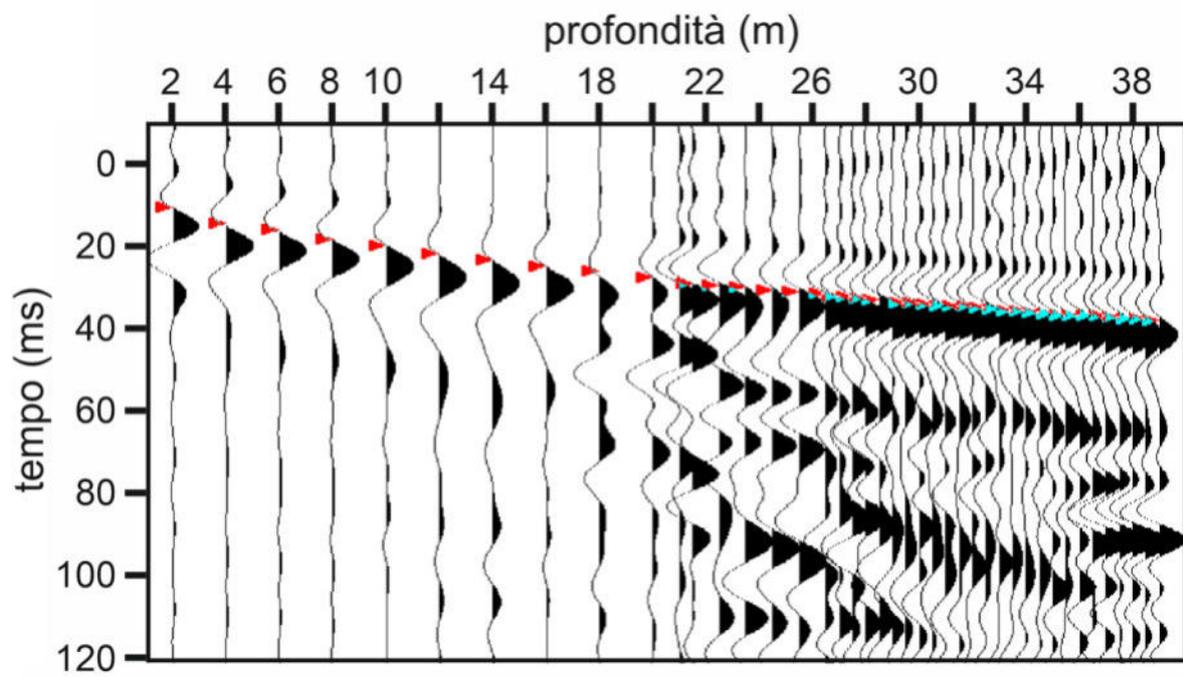


*Acquisizione onde P con sorgente impulsiva*

Entrambe le acquisizioni sono risultate di buona qualità ed hanno consentito il riconoscimento degli arrivi diretti/campo discendente, come di seguito meglio evidenziato.

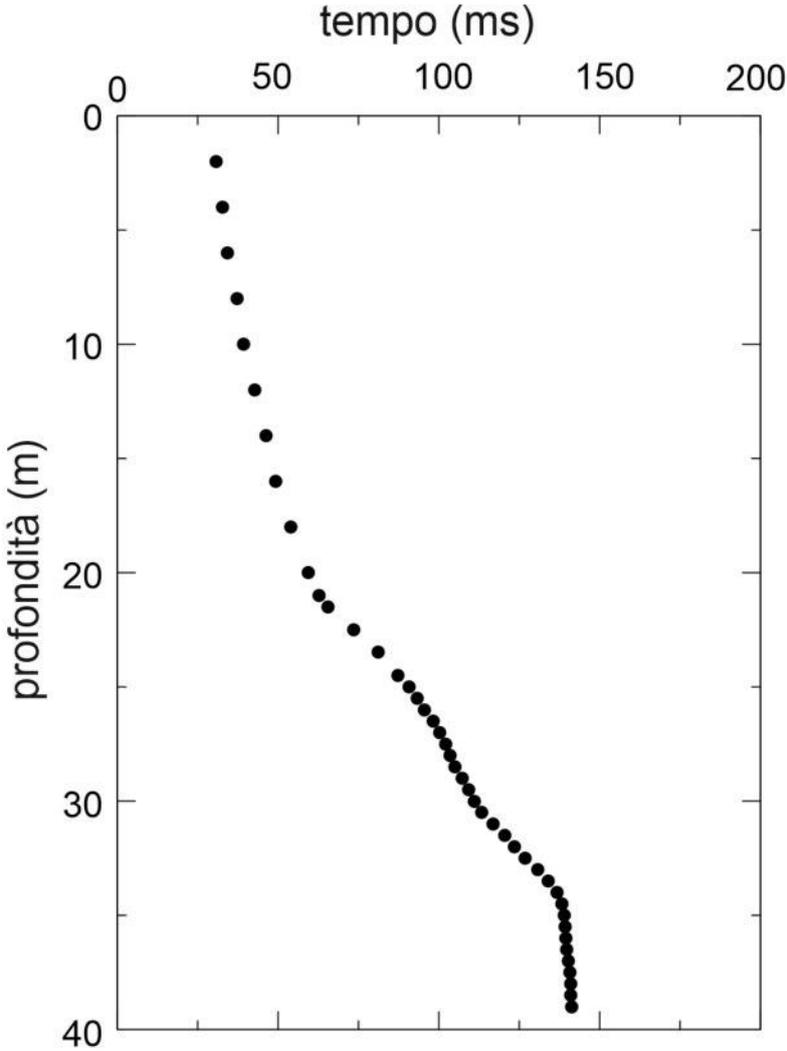


*Acquisizione onde S con riconoscimento degli arrivi diretti*

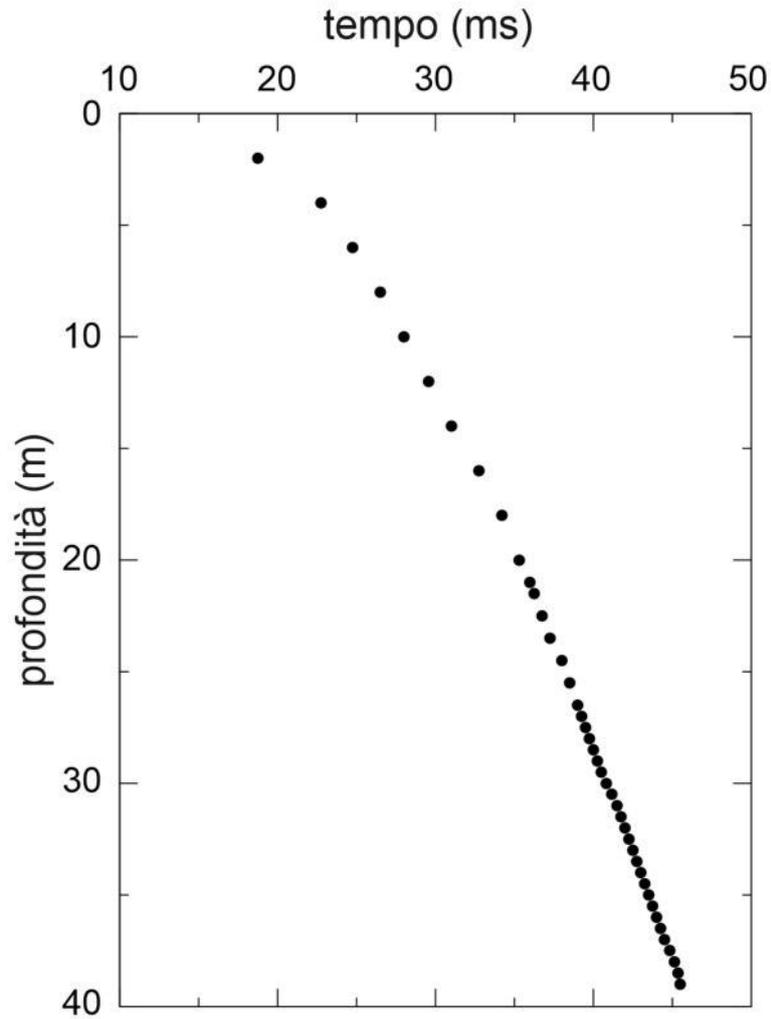


*Acquisizione onde P con riconoscimento degli arrivi diretti*

I tempi di arrivi del campo discendente, dopo la loro verticalizzazione per rimuovere l'effetto della distanza tra sorgente e bocca foro, hanno consentito il calcolo delle velocità intervallari della successione oggetto di indagine.



*Dromocrone onde S*



*Dromocrone onde P*

## 5.2) Sondaggio SG003

I parametri di acquisizione utilizzati nel sondaggio SG003 sono di seguito riportati.

*Acquisizione onde S*

*Sorgente: minivibratore Elvis VII, sweep 20 – 120 Hz, 10s*

*Offset: 1.35 m*

*Sensore: geofono Geostuff 3C (15 Hz)*

*Sistema di registrazione: DMT Summit II*

*Passo di campionamento: 0.5 m in limi/argille e Flysch, 1 m nei terreni antropici di riporto*

*Campionamento temporale: 0.25 ms*

*Lunghezza registrazione: 11 s*

*Acquisizione onde P*

*Sorgente: massa battente*

*Offset: 1.25 m*

*Sensore: geofono Geostuff 3C (15 Hz)*

*Sistema di registrazione: DMT Summit II*

*Passo di campionamento: 0.5 m in limi/argille e Flysch, 1 m nei terreni antropici di riporto*

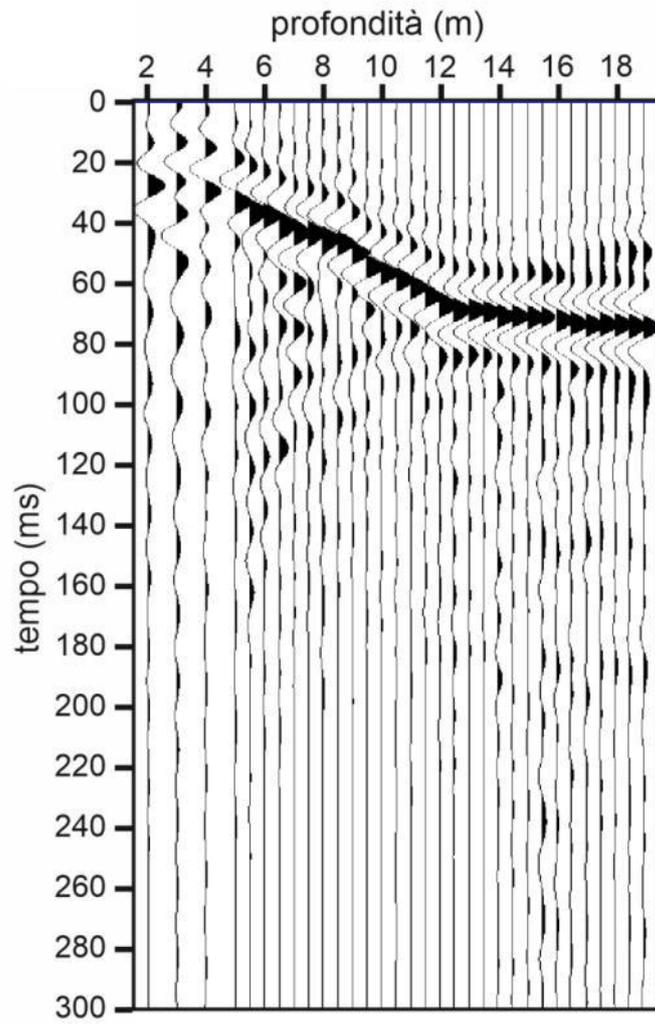
*Campionamento temporale: 0.25 ms*

*Lunghezza registrazione: 1 s*

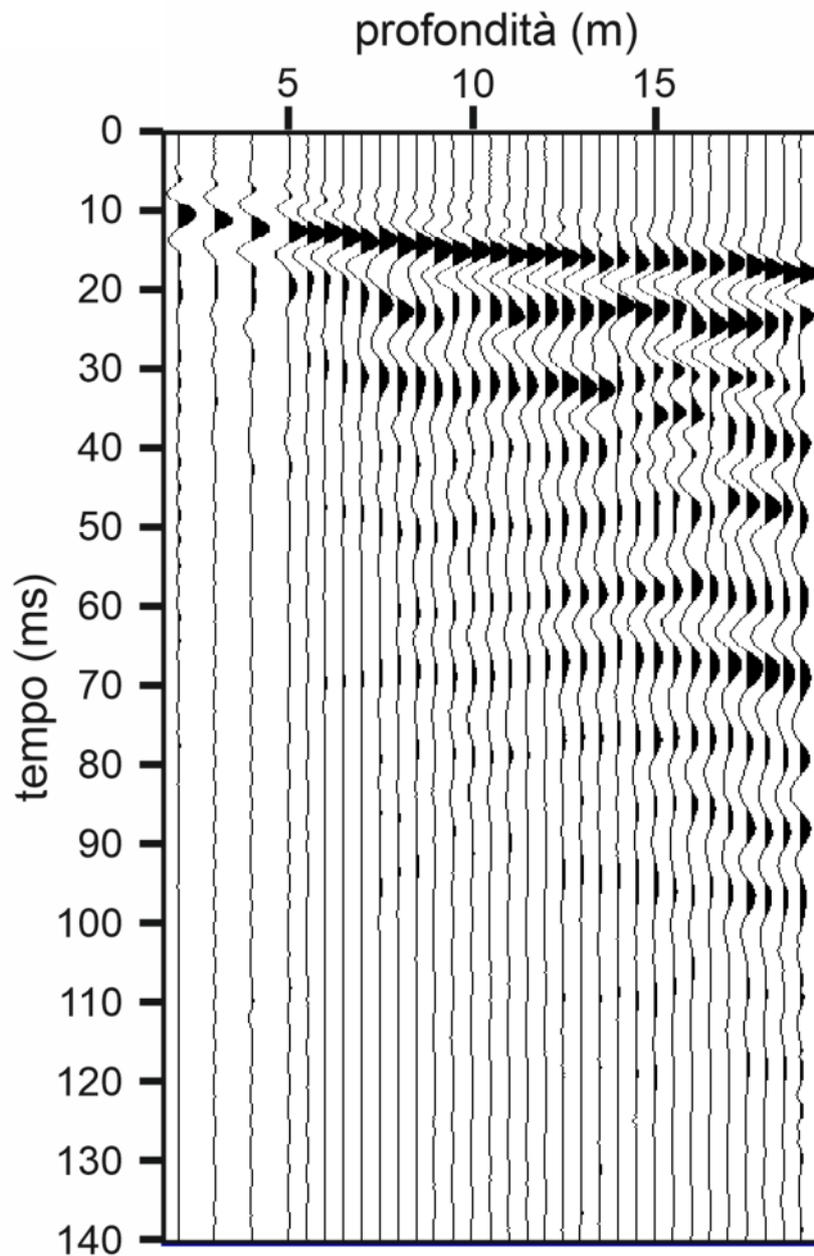


*Acquisizione sondaggio SG003*

Sono di seguito riportati i dati acquisiti con sorgente S e P.

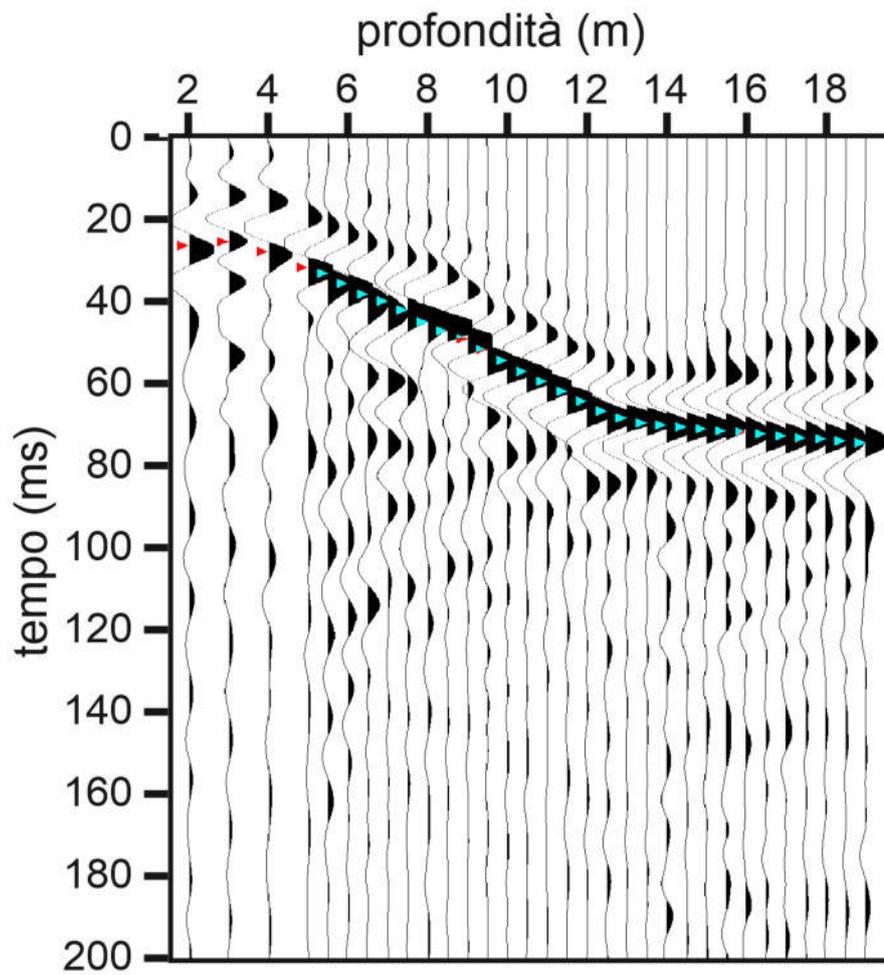


*Acquisizione onde S con sorgente vibratoria*

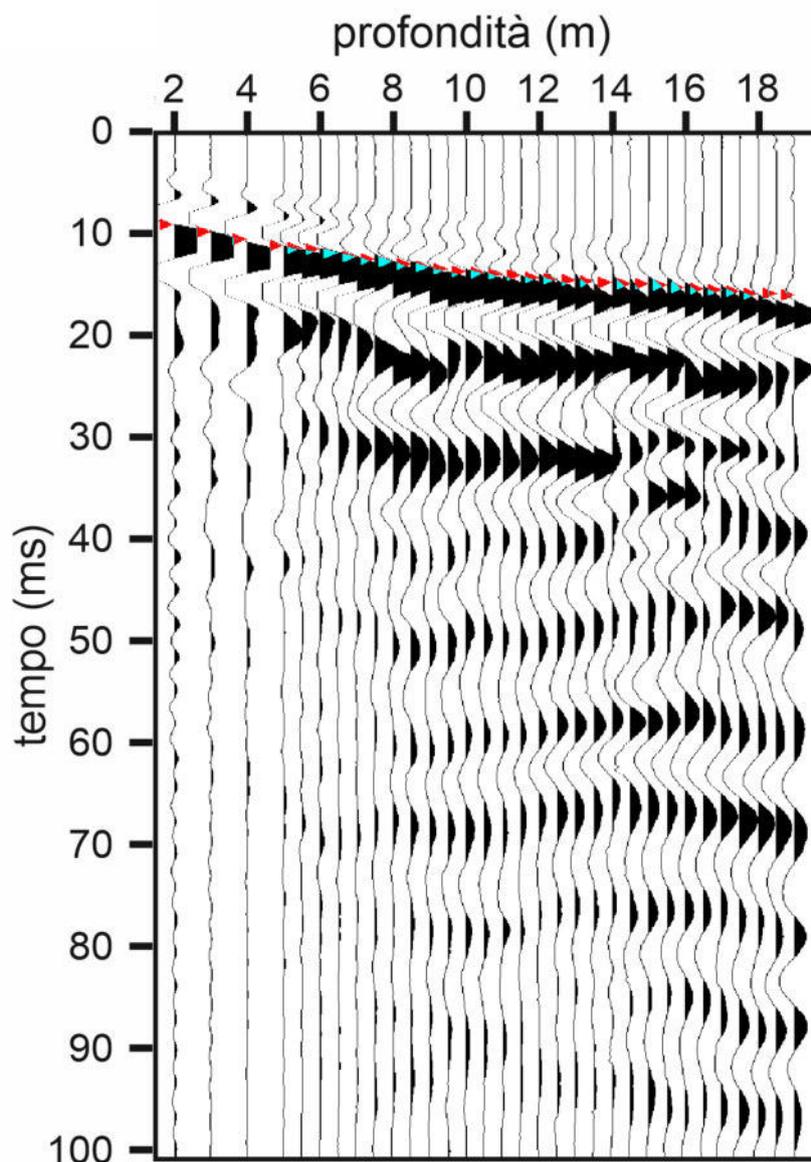


*Acquisizione onde S con sorgente impulsiva*

Entrambe le acquisizioni sono risultate di buona qualità ed hanno consentito il riconoscimento degli arrivi diretti/campo discendente, come di seguito meglio evidenziato.



*Acquisizione onde S con riconoscimento degli arrivi diretti*



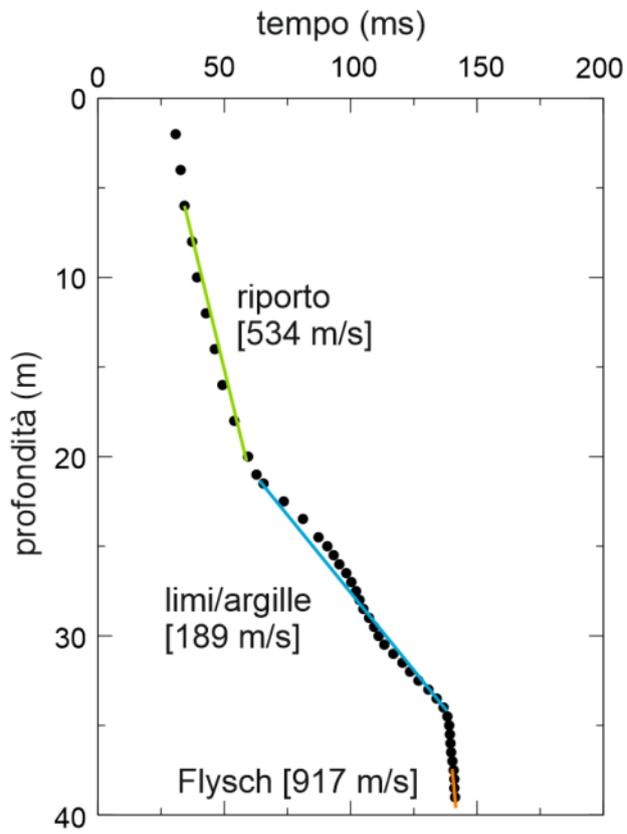
*Acquisizione onde P con riconoscimento degli arrivi diretti*

I tempi degli arrivi del campo discendente, dopo la loro verticalizzazione per rimuovere l'effetto della distanza tra sorgente e bocca foro, hanno consentito il calcolo delle velocità intervallari della successione oggetto di indagine.

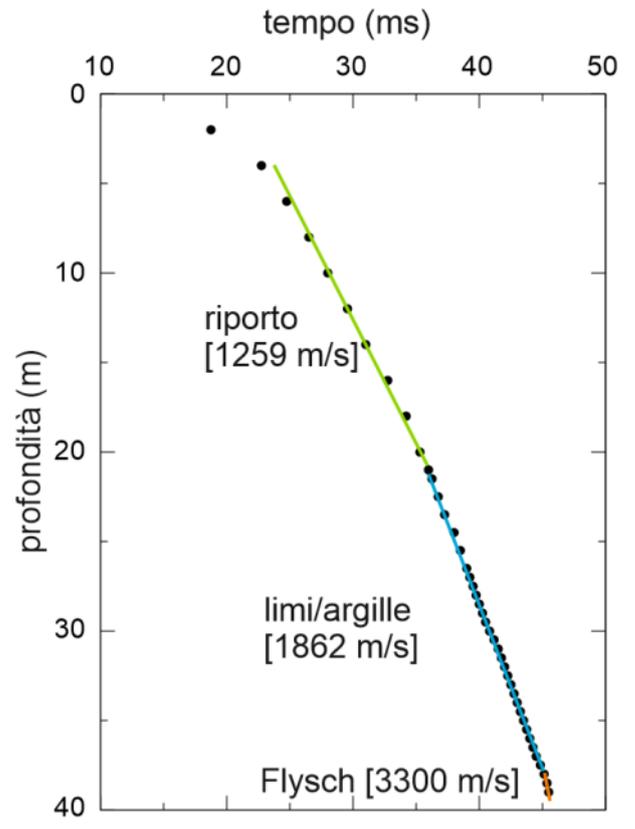
Le misure eseguite sono state finalizzate alla definizione della velocità delle onde S e, in subordine, delle onde P delle litologie limoso-argillose sovrastanti il substrato roccioso flyschoidale. Sono di seguito riportate le *velocità medie intervallari* delle onde S e P calcolate in corrispondenza dei due sondaggi per i terreni antropici di riporto, per le litologie limoso-argillose e per il Flysch.

# Sondaggio SG016DH

## S

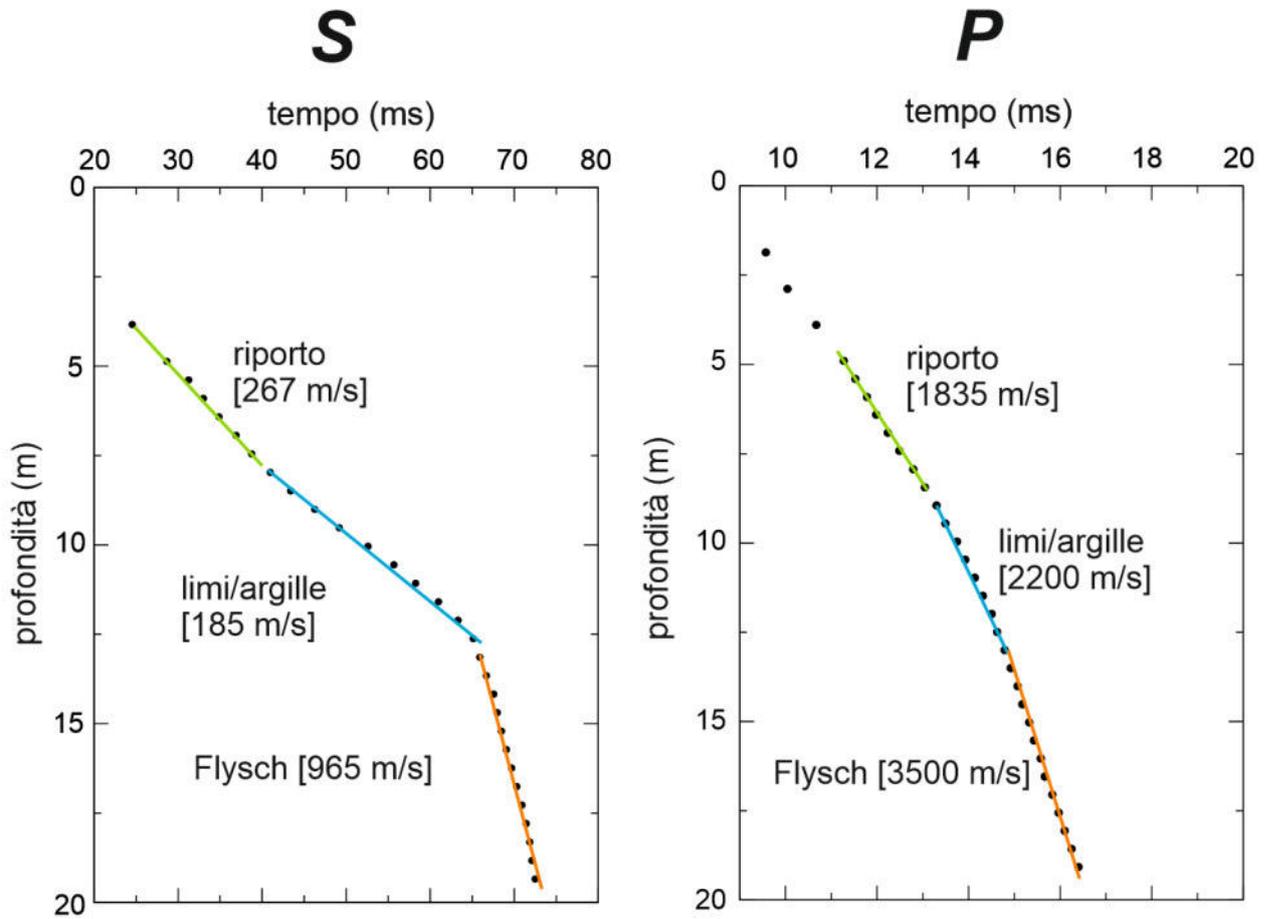


## P



*Sondaggio SG016DH – Velocità intervallari medie delle onde S e P*

# Sondaggio SG003



*Sondaggio SG003 – Velocità intervallari medie delle onde S e P*

## 5.3) Velocità $V_s$ da analisi di laboratorio geotecnico

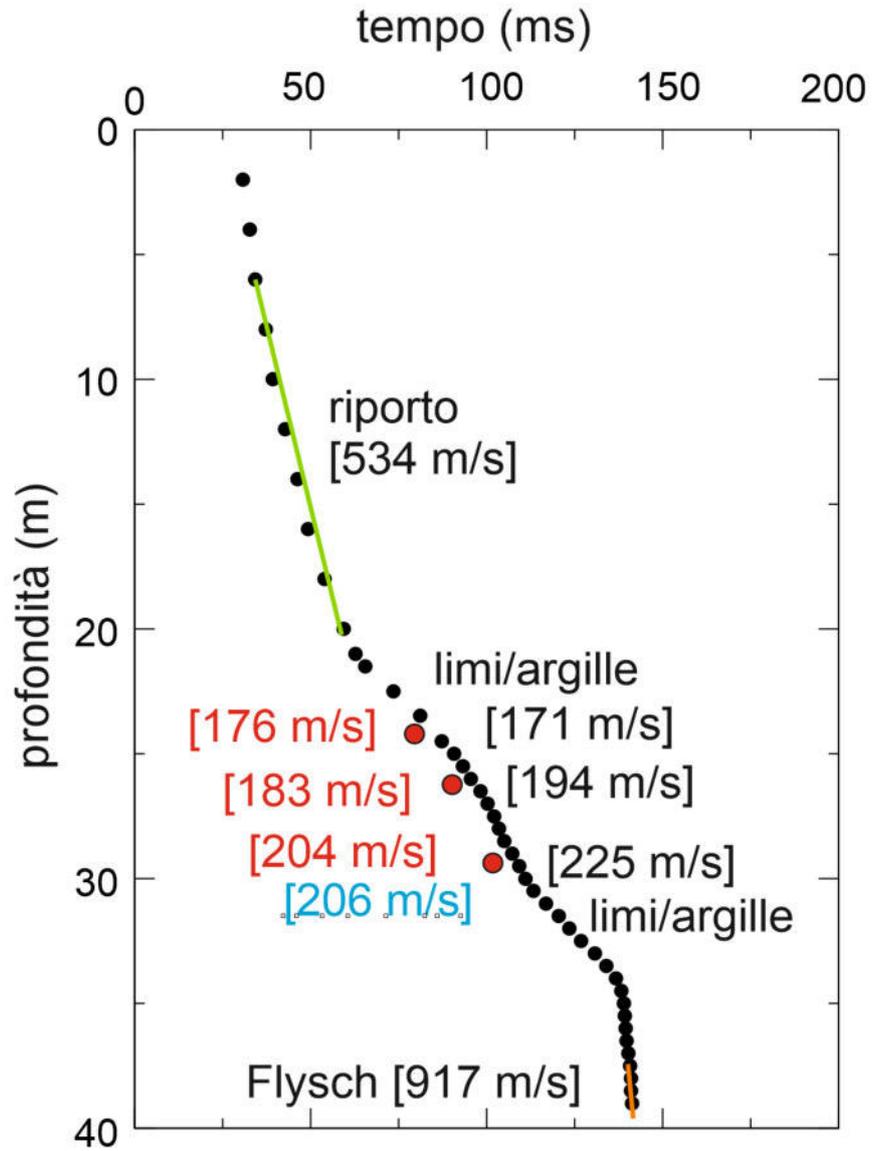
Sui n° 4 campioni indisturbati prelevati in corrispondenza di n° 2 sondaggi a mare, sono state eseguite delle misure di velocità delle onde S in cella triassiale i cui valori sono di seguito riportati.

<i>Sondaggio</i>	<i>Profondità (m da f.m.)</i>	<i><math>V_s</math> (m/s)</i>
TS21/043	- 5.0 ÷ - 5.6	148.4
TS21/043	- 20.0 ÷ - 20.6	237.2
TS21/050	- 16.5 ÷ - 17.2	235.0
TS21/050	- 30.7 ÷ - 31.4	254.9

Sui n° 3 campioni indisturbati prelevati in corrispondenza del sondaggio SG016DH ubicato a terra, sono state eseguite delle misure di velocità delle onde S in cella triassiale e in colonna risonante i cui valori sono di seguito riportati.

<i>Sondaggio</i>	<i>Profondità (m dal p.c.)</i>	<i>Vs cella triassiale (m/s)</i>	<i>Vs colonna risonante (m/s)</i>
SG016DH	- 24.3 ÷ - 25.0	175.6	/
SG016DH	- 26.0 ÷ - 26.7	183.3	/
SG016DH	- 29.0 ÷ - 29.7	204.2	206

Nella figura seguente sono riportati i valori di velocità intervallari delle onde S acquisiti in foro in corrispondenza delle quote dei campioni indisturbati prelevati dal sondaggio SG016DH.



*Sondaggio SG016DH - Velocità onde S acquisite da Down-Hole (valori in nero) e valori di velocità da analisi di laboratorio in cella triassiale (in rosso) e colonna risonante (in blu)*

## 6.0) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I dati delle indagini geognostiche, delle prospezioni geofisiche e di laboratorio geotecnico acquisiti per il sito in oggetto sono stati confrontati con quelli acquisiti nel corso delle analoghe indagini geognostiche da noi precedentemente eseguite a mare, al fine di poter correlare i valori sperimentali e di laboratorio di velocità  $V_s$  della successione a terra, con quelli di laboratorio acquisiti a mare e definire, quindi, il valore di velocità delle onde  $V_s$  di riferimento per la successione a mare.

In generale, per la definizione delle velocità delle onde sismiche rappresentative dell'area di studio è necessaria considerazione l'effetto di scala introdotto dalle misure di laboratorio, che utilizzano frequenze di misura (10 kHz) molto diverse rispetto quelle generate nelle indagini Down-Hole (100 Hz).

Inoltre, un altro aspetto non secondario è relativo alle porzioni di sedimento indagato con le due diverse metodologie; alcuni decimetri di campione indisturbato per le prove di laboratorio, metri o decine di metri per le indagini Down-Hole.

Per quanto ai sondaggi a terra eseguiti (SG003 e SG016DH), preme evidenziare come i termini più superficiali siano caratterizzati da materiali antropici di riporto eterogenei, che hanno subito successive compattazioni antropiche. Queste, a loro volta, hanno determinato dei consolidamenti maggiori rispetto le naturali caratteristiche dei sottostanti sedimenti limoso-argillosi.

In particolare, si osserva un incremento delle velocità delle onde P dei sedimenti limoso-argillosi che, specialmente nel sondaggio SG003, mostrano valori inaspettatamente elevati (2200 m/s) rispetto gli analoghi sedimenti indisturbati che, normalmente, hanno velocità comprese tra 1595 ÷ 1750 m/s.

Infatti, recenti indagini sismiche a rifrazione in onde P eseguite a mare in prossimità della testata del Molo VII, hanno evidenziato una velocità delle onde P nei sedimenti limoso-argillosi di 1595 m/s (*Masoli et al., 2020*).

Anche i materiali antropici di riporto rilevati nel sondaggio SG003 presentano valori molto più elevati (1835 m/s) rispetto quelli del sondaggio SG016DH (1259 m/s), a testimonianza di una maggiore compattazione probabilmente determinata dal maggior transito di mezzi pesanti in tale area.

Dalle prospezioni Down-Hole eseguite, le *velocità medie* delle onde S misurate nei sedimenti limoso-argillosi hanno valori compresi tra 185 e 189 m/s. Tuttavia, dalle stesse prospezioni si rileva che la successione limoso-argillosa mostra localmente delle variazioni di velocità, con valori di velocità Vs compresi nell'intervallo 140 ÷ 295 m/s.

In sintesi, i valori ottenuti con le due diverse metodologie sono tra loro paragonabili e permettono, quindi, di considerare come effettivamente rappresentative le velocità misurate in laboratorio sui campioni prelevati nei sondaggi a mare. Riassumendo, considerate:

- le misure di velocità S e P in sito eseguite mediante Down-Hole (sondaggi SG003 e SG016DH);
- i valori di velocità delle onde S ottenuti in laboratorio (cella triassiale e colonna risonante) sui tre campioni prelevati dal sondaggio a terra SG016DH;
- l'ottima corrispondenza tra le velocità ottenute con i dati sismici Down-Hole e quelle misurate in laboratorio nel sondaggio a terra SG016DH (cella triassiale e colonna risonante);
- i valori di velocità delle onde S ricavati in laboratorio (cella triassiale) dai quattro campioni indisturbati prelevati in corrispondenza di n° 2 sondaggi a mare eseguiti;
- le pregresse conoscenze geofisiche dell'area oggetto di studio

è ragionevole considerare come rappresentativi dell'area di realizzazione del Molo VIII i seguenti valori di velocità delle onde Vs e Vp.

<b><i>Litologia</i></b>	<b><i>Vs (min-max)</i></b> <i>(m/s)</i>	<b><i>Vp (min-max)</i></b> <i>(m/s)</i>
Limi-argillosi	187 (140-295)	1720 (1595-1835)
Flysch	941 [917-965]	3400 (3300 -3500)

Da questi valori di velocità è possibile calcolare il coefficiente di Poisson dinamico per le diverse litologie, di seguito riportato.

<i>Litologia</i>	<i>Vs</i> (m/s)	<i>Vp</i> (m/s)	<i>densità laboratorio</i> (Kg/m <sup>3</sup> )	<i>densità stimata da Vp</i> (Kg/m <sup>3</sup> )	<i>Coeff. Poisson</i>
Limi-argillosi	187	1720	1907	2100	0,494
Flysch	941	3400	/	2391	0,459

*Trieste, aprile 2022*

*Dott. Geol. Carlo Alberto Masoli*

*Geosyntech srl*

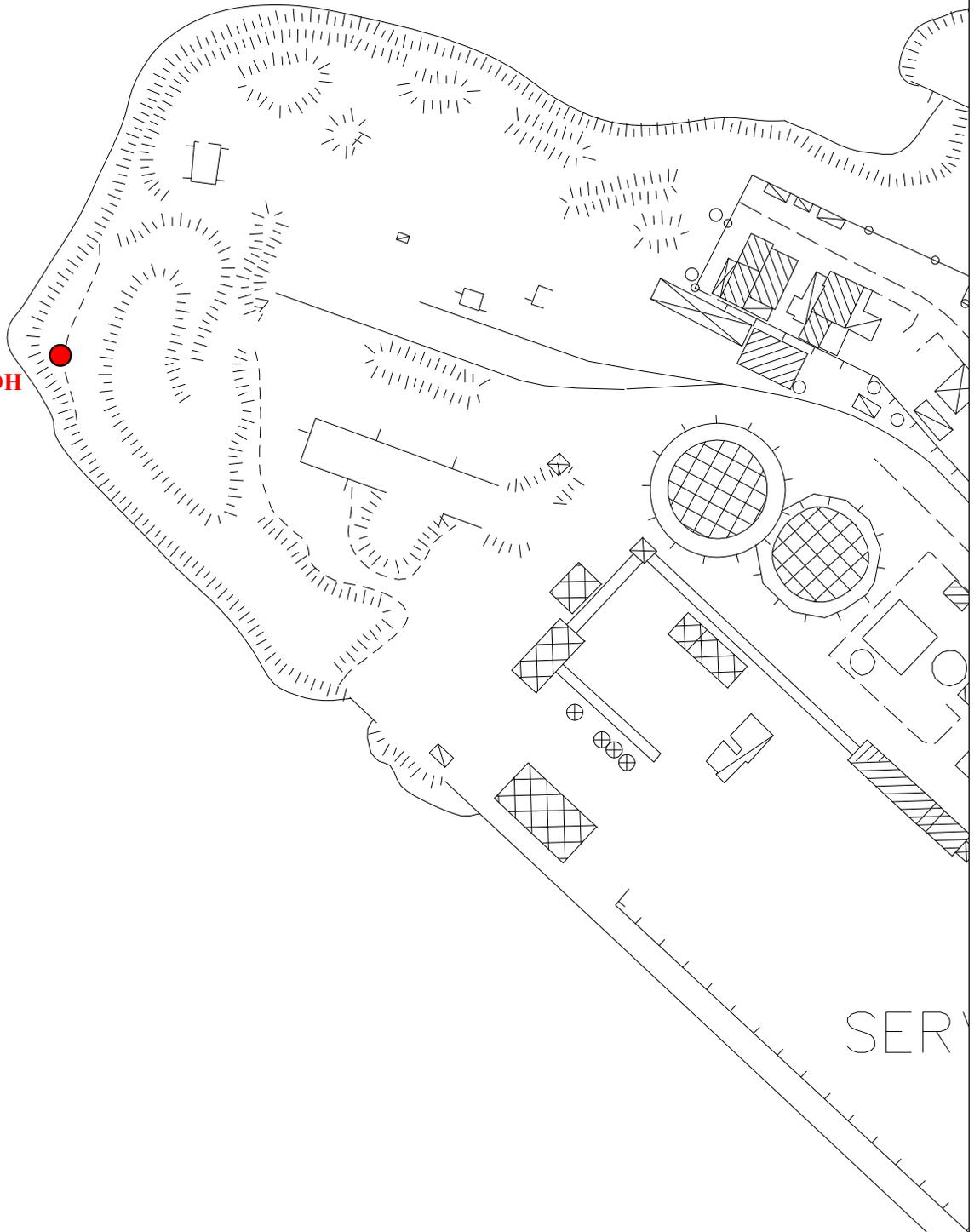


# PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DOWN-HOLE

Scala 1:2.000



**SG016DH**



SERV

● Sondaggio Down-Hole eseguito

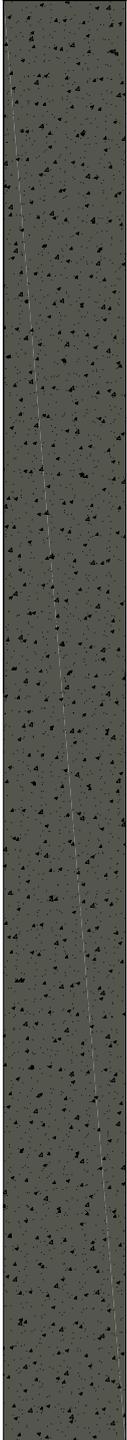
COMMITTENTE: **HHLA PLT Italy s.r.l.** - Viale Miramare, 5 - 34135 Trieste

CANTIERE: Indagini sulle aree a terra e a mare interessate dalla progettazione delle opere ferroviarie e portuali

SONDAGGIO: **SG016DH** Data inizio: 24.01.2022 Data ultimazione: 26.01.2022

Coordinate Gauss-Boaga: 5053163.12 N, 2424269.06 E Quota p.c. + 4.73 m s.l.m.m.

Responsabile: dott. geol. A. De Giusto Operatore: R. Li Pira Attrezzatura: Mustang 9-T1

DATA	Da m 0.00	A m 10.00	Profondità finale m 41.00	Profondità m. dal p.c.	Colonna stratigrafica	CAMPIONI		Prove in sito		Prova SPT			Tubo in PVC (Ø 3")	Metodo di perforazione	Utensile di perforazione	Rivestimento
	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					Tipo	Numero	Profondità m. da p.c.	Pocket pen. kg/cm <sup>2</sup>	Pocket vane kg/cm <sup>2</sup>	Tipo di punta	Numero colpi per tratto (6")				
24.01.2022	Materiali di riporto con ghiaia poligenica in matrice sabbiosa, di colore nocciola.			0.40												
	Materiali di riporto con scorie di fonderia, inerti, residui lateritici e materiali ferrosi in matrice limoso-sabbiosa nerastra.													continuo a secco	carotiere semplice Ø 101 mm	Ø 127 mm

○ prova SPT a punta aperta

● prova SPT a punta chiusa

■ campione indisturbato

□ campione rimaneggiato

COMMITTENTE: **HHLA PLT Italy s.r.l.** - Viale Miramare, 5 - 34135 Trieste

CANTIERE: Indagini sulle aree a terra e a mare interessate dalla progettazione delle opere ferroviarie e portuali

SONDAGGIO: **SG016DH** Data inizio: 24.01.2022 Data ultimazione: 26.01.2022

Coordinate Gauss-Boaga: 5053163.12 N, 2424269.06 E Quota p.c. + 4.73 m s.l.m.m.

Responsabile: dott. geol. A. De Giusto Operatore: R. Li Pira Attrezzatura: Mustang 9-T1

DATA	Da m10.00	A m 20.00	Profondità finale m 41.00	Profondità m. dal p.c.	Colonna stratigrafica	CAMPIONI		Prove in sito		Prova SPT			Tubo in PVC (Ø 3")	Metodo di perforazione	Utensile di perforazione	Rivestimento
	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					Tipo	Numero	Profondità m. da p.c.	Pocket pen. kg/cm <sup>2</sup>	Pocket vane kg/cm <sup>2</sup>	Tipo di punta	Numero colpi per tratto (6")				
24.01.2022	Materiali di riporto con scorie di fonderia, inerti, residui lateritici e materiali ferrosi in matrice limoso-sabbiosa nerastra.												continuo a secco	carotiere semplice Ø 101 mm	Ø 127 mm	

- prova SPT a punta aperta      ■ campione indisturbato
- prova SPT a punta chiusa      □ campione rimaneggiato

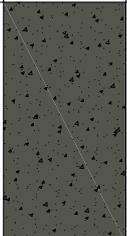
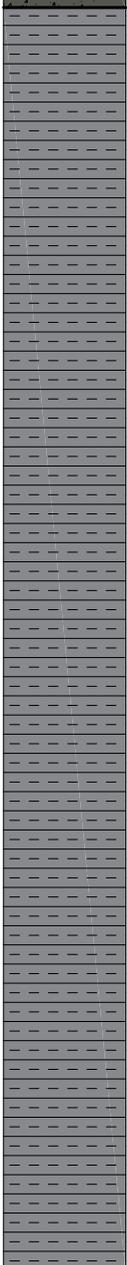
COMMITTENTE: **HHLA PLT Italy s.r.l.** - Viale Miramare, 5 - 34135 Trieste

CANTIERE: Indagini sulle aree a terra e a mare interessate dalla progettazione delle opere ferroviarie e portuali

SONDAGGIO: **SG016DH** Data inizio: 24.01.2022 Data ultimazione: 26.01.2022

Coordinate Gauss-Boaga: 5053163.12 N, 2424269.06 E Quota p.c. + 4.73 m s.l.m.m.

Responsabile: dott. geol. A. De Giusto Operatore: R. Li Pira Attrezzatura: Mustang 9-T1

DATA	Da m20.00	A m 30.00	Profondità finale m 41.00	Profondità m. dal p.c.	Colonna stratigrafica	CAMPIONI			Prove in sito		Prova SPT			Tubo in PVC (Ø 3")	Metodo di perforazione	Utensile di perforazione	Rivestimento	
	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					Tipo	Numero	Profondità m. da p.c.	Pocket pen. kg/cm <sup>2</sup>	Pocket vane kg/cm <sup>2</sup>	Tipo di punta	Numero colpi per tratto (6")	Profondità					
26.01.2022	Materiali di riporto con scorie di fonderia, inerti, residui lateritici e materiali ferrosi in matrice limoso-sabbiosa nerastra.			21.60		CII	24.30 25.00	1.00	0.96									
								1.00	0.56									
								0.75	0.48									
								0.75	0.48									
								0.75	0.48									
								0.75	0.44									
								0.50	0.20									
								0.50	0.36									
								0.50	0.24									
								0.50	0.20									
	0.50	0.16																
	Limo argilloso, di colore grigio, con rari resti conchigliari. Tra - 28.0 e - 29.0 m dal p.c. abbondanti resti conchigliari.					CII	26.00 26.70	0.50	0.16									
								0.50	0.16									
								1.00	0.28									
								1.00	0.32									
								0.50	0.24									
								0.75	0.24									
								0.50	0.24									
								0.50	0.24									
								0.75	0.24									
0.50								0.32										
0.50	0.32																	
0.75	0.32																	
0.75	0.48																	
					CII	29.00 29.70	0.50	0.32										
							0.50	0.32										

○ prova SPT a punta aperta

● prova SPT a punta chiusa

■ campione indisturbato

□ campione rimaneggiato

COMMITTENTE: **HHLA PLT Italy s.r.l.** - Viale Miramare, 5 - 34135 Trieste

CANTIERE: Indagini sulle aree a terra e a mare interessate dalla progettazione delle opere ferroviarie e portuali

SONDAGGIO: **SG016DH** Data inizio: 24.01.2022 Data ultimazione: 26.01.2022

Coordinate Gauss-Boaga:

Quota p.c.

Responsabile: dott. geol. A. De Giusto Operatore: R. Li Pira Attrezzatura: Mustang 9-T1

DATA	Da m20.00	A m 30.00	Profondità finale m 41.00	Profondità m. dal p.c.	Colonna stratigrafica	CAMPIONI			Prove in sito		Prova SPT			Tubo in PVC (Ø 3")	Metodo di perforazione	Utensile di perforazione	Rivestimento				
	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					Tipo	Numero	Profondità m. da p.c.	Pocket pen. kg/cm <sup>2</sup>	Pocket vane kg/cm <sup>2</sup>	Tipo di punta	Numero colpi per tratto (6")	Profondità								
26.01.2022	Limo argilloso, di colore grigio, con rari resti conchigliari. Tra - 28.0 e - 29.0 m dal p.c. abbondanti resti conchigliari.			30.50					0.75	0.36											
								0.75	0.40												
	Limo argilloso, debolmente sabbioso, di colore grigio, con livelli organici marroni.									0.50	0.36										
								0.50	0.24												
								0.50	0.36				0.50	0.36							
								0.50	0.36				0.75	0.40							
								0.75	0.52				0.75	0.52							
								0.75	0.52				0.75	0.68							
								1.00	0.68				1.00	0.68							
								1.50	1.12				1.50	1.12							
								1.50	1.00				1.25	0.88							
								1.25	0.88				1.25	0.80							
	Argilla limosa, debolmente sabbiosa, di colore grigio, con rari clasti di ghiaia fina.			33.60						1.50	0.92										
								1.50	1.00			1.50	0.96								
								1.75	1.08				2.00	1.68							
								2.00	1.08				2.00	1.08							
								2.00	1.12				2.00	1.12							
								1.50	1.12				1.50	1.12							
								1.00	0.64				1.00	0.64							
								36.00													
Limo sabbioso, di colore grigio, con rari clasti di ghiaia fina.																					
Flysch marnoso-arenaceo alterato, con strati marnosi, di colore giallo-ocraceo, argillificati e disarticolati con clasti arenacei. (Complesso C1)			37.00																		
Flysch marnoso-arenaceo integro, con strati marnosi da centimetrici a pluricentimetrici, di colore grigio-azzurro e strati arenacei centimetrici. (Tipo T3/T4)			38.80																		

- prova SPT a punta aperta    ■ campione indisturbato  
● prova SPT a punta chiusa    □ campione rimaneggiato

continuo a secco

carotiere semplice Ø 101 mm

Ø 127 mm

COMMITTENTE: **HHLA PLT Italy s.r.l.** - Viale Miramare, 5 - 34135 Trieste

CANTIERE: Indagini sulle aree a terra e a mare interessate dalla progettazione delle opere ferroviarie e portuali

SONDAGGIO: **SG016DH** Data inizio: 24.01.2022 Data ultimazione: 26.01.2022

Coordinate Gauss-Boaga: 5053163.12 N, 2424269.06 E Quota p.c. + 4.73 m s.l.m.m.

Responsabile: dott. geol. A. De Giusto Operatore: R. Li Pira Attrezzatura: Mustang 9-T1

DATA	Da m20.00	A m 30.00	Profondità finale m 41.00	Profondità m. dal p.c.	Colonna stratigrafica	CAMPIONI			Prove in sito		Prova SPT			Tubo in PVC	Metodo di perforazione	Utensile di perforazione	Rivestimento
	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA					Tipo	Numero	Profondità m. da p.c.	Pocket pen. kg/cm <sup>2</sup>	Pocket vane kg/cm <sup>2</sup>	Tipo di punta	Numero colpi per tratto (6")	Profondità				
26.01.2022	Flysch marnoso-arenaceo integro, con strati marnosi da centimetrici a pluricentimetrici, di colore grigio-azzurro e strati arenacei centimetrici. (Tipo T3/T4)			41.00										a secco	s. Ø 101 mm		

○ prova SPT a punta aperta

■ campione indisturbato

● prova SPT a punta chiusa

□ campione rimaneggiato

# Sondaggio SG016DH



da 0.0 m a - 5.0 m dal p.c.



da - 5.0 m a - 10.0 m dal p.c.



da - 10.0 m a - 15.0 m dal p.c.



da - 15.0 m a - 20.0 m dal p.c.



da - 20.0 m a - 25.0 m dal p.c.



da - 25.0 m a - 30.0 m dal p.c.





da - 40.0 m a - 45.0 m dal p.c.

**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**PROVE SU TERRE**

**Rif. Cap. 5 - Settore A Circ. 7618/STC del 08/09/2010**

**CERTIFICATO DI PROVA N.**

**73923**

**Lavoro N.**

**13259/22**

**Committente**

GEOSYNTECH SRL

**Cantiere**

MOLO VIII - PORTO DI TRIESTE

**Località**

TRIESTE

**Richiedente**

DR. CARLO ALBERTO MASOLI - GEOSYNTECH SRL

**Richiesta**

**MAIL**

del

**26.01.22**

**Verbale di  
accettazione n.**

**17006/1**

del

**26.01.22**

**Campione**

SG016-DH C.I.1 da 24,30 a 25,00m

**Prelievo a cura di**

GEOSYNTECH SRL

Dichiarazione :

- Il presente certificato si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prova .

- La riproduzione, anche parziale, del Certificato di prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio

Data di emissione

**31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore **Dr. A. Tentor**

Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. R. Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

pag.1/9

**ALIG**

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**CERTIFICATO N. 73923**

**Lavoro N. 13259/22**

**Verbale di Accettazione N. 17006/1**

Sigle di prova : W-umidità; GAPP-densità apparente;GS-peso spec. granuli;LA-limiti Atterberg; GSA-granulometria; AREO-areometria; ELL-espansione lat. Libera; EDO-edometria; TRIAXUU-triassiale U.U.; TRIAXCU-triassiale C.U.; TRIAXCD-triassiale C.D.;Ko-consolidazione anisotropa; TGCD-taglio diretto; K-prova di permeabilità; BE-Bender Elements.

**Descrizione del campione e programma prove**

Data fine prova: 15.02.22

Diametro : 8,4 cm

Lunghezza campione : 60 cm

Contenitore : Fustella inox

Fotografia campione	Descrizione stratigrafica	P.Penetrom kPa	P.vane kPa	Sigla prova
	LIMO ARGILLOSO GRIGIO MEDIO SCURO (N4) DA POCO CONSISTENTE A CONSISTENTE.	30		W GAPP GS  TRIAXCU
	IL CAMPIONE SI PRESENTA RAMMOLLITO NEI PRIMI 20cm.	40		EDO
	DA NON REAGENTE A POCO REAGENTE ALL'ACIDO CLORIDRICO E CON RARA PRESENZA DI RESTI CONCHIGLIARI.	40		BE
		60	10	
		40		



Data di emissione **31.03.2022**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 32/2005 e norme collegate

**Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

Mod. PS 85-02/DEVI Rev.1



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

<b>CERTIFICATO N.</b>	<b>73923</b>	<b>Lavoro N.</b>	<b>13259/22</b>	<b>Verbale di Accettazione N.</b>	<b>17006/1</b>
-----------------------	--------------	------------------	-----------------	-----------------------------------	----------------

**Determinazione dei parametri indice**Data fine prove: **02.03.22****Determinazione del contenuto d'acqua - UNI CEN ISO TS 17892-1**

<b>w<sub>m</sub></b>	Contenuto d'acqua percentuale medio	46,0	(%)
----------------------	-------------------------------------	------	-----

**Misura del peso dell'unità di volume - UNI CEN ISO TS 17892-2**

<b>γ<sub>m</sub></b>	Peso di volume apparente medio	17,16	(kN/m <sup>3</sup> )
----------------------	--------------------------------	-------	----------------------

**Misura del peso specifico dei grani - UNI CEN ISO TS 17892-3**

<b>G<sub>s</sub> medio</b>	Peso specifico dei grani medio	2,73	(-)
----------------------------	--------------------------------	------	-----

**Parametri correlati**

<b>e<sub>0</sub></b>	Indice dei vuoti	1,275	(-)
<b>n</b>	Porosità	56,0	(%)
<b>S<sub>r</sub></b>	Grado di saturazione	98,4	(%)
<b>γ<sub>d</sub></b>	Peso di volume secco	11,75	(kN/m <sup>3</sup> )

**Limiti di Atterberg - UNI CEN ISO TS 17892-12**

<b>LL</b>	Limite di liquidità	-	(%)
<b>LP</b>	Limite di plasticità	-	(%)
<b>IP</b>	Indice di plasticità	-	(%)
<b>IC</b>	Indice di consistenza	-	(-)
<b>IL</b>	Indice di liquidità	-	(-)

<b>LR</b>	Limite di ritiro	-	(%)
<b>R</b>	Coefficiente di ritiro	-	(-)

Data di emissione **31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 e.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore **Dr. A. Tentor**Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. R. Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

PS85-01/1007+ Rev.1

pag. 3/9

**ALIQ**

ASSOCIAZIONE LABORATORI D'INGEGNERIA E GEOTECNICA



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

CERTIFICATO N.

73923

Lavoro N.

13259/22

Verbale di  
Accettazione N.

17006/1

Data fine prove: 24.03.22**BENDER ELEMENTS TEST IN CELLA TRIASSIALE**

## 1) caratteristiche iniziali del provino

$D_0$	$H_0$	$w_0$	$\rho_0$	$\rho_{d0}$	$\rho_s$	$e_0$	$S_{R0}$
mm	mm	%	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	-	-
50,00	100,00	49,17	1,725	1,156	2,692	1,328	1,00

## 2) pressione di consolidazione isotropa e caratteristiche del provino a fine consolidazione

$p_c$	$u_c$	$w_{fc}$	$\rho_{fc}$	$\rho_{dfc}$	$\rho_s$	$e_{fc}$	$S_{Rfc}$
kPa	kPa	%	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	-	-
490	200	41,37	1,8	1,273	2,692	1,114	1,00

## 3) determinazione delle velocità delle onde di taglio e del modulo di taglio iniziale

$A(t)$	$A$	$f$	$\Delta t$	$\Delta s$	$V_s$	$G_0$
-	V	KHz	$\mu s$	mm	m/s	MPa
sin	$\pm 10$	10	438,1	76,92	175,6	55,5

Nota: Prova eseguita presso Laboratorio Esterno

Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 e s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

PS 85-01/1022+ Rev.1

pag. 4/9

**ALIQ**ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA

**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001 art. 59, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**CERTIFICATO N. 73923**

Lavoro N. **13259/22**

Verbale di Accettazione N. **17006/1**

**Prova edometrica a incremento di carico controllato (IL)**

**UNI CEN ISO TS 17892-5**

Data fine prove **02.03.22**

Edometro n.	<u>4</u>	Altezza iniziale provino in mm	<u>20,00</u>	(H <sub>0</sub> )
Cella edometrica n.	<u>18</u>	Diametro del provino in mm	<u>50,46</u>	(D)

**Parametri iniziali del provino**

		Contenuto in acqua W	<u>46,0</u>	%	
Peso di vol.app. secco $\gamma_{dry}$	<u>11,75</u>	kN/m <sup>3</sup>	Peso di vol.app. $\gamma$	<u>17,16</u>	kN/m <sup>3</sup>
Peso specif. granuli	<u>2,73</u>	-	Indice dei vuoti e <sub>0</sub>	<u>1,275</u>	-

Tensione verticale di consolidazione $\sigma_v$ (kPa)	Deformazione verticale del provino v %
12,5	2,41
25	4,00
50	7,01
100	10,71
200	15,30
400	20,16
800	25,07
1600	30,03
3200	34,60
800	33,16
200	30,74
50	27,94
12,5	24,84

Tempo t (min)	Intervallo di carico (kPa)									Assesamenti (mm)
	0-12,5	12,5-25	25-50	50-100	100-200	200-400	400-800	800-1600	1600-3200	
0	20,000	19,518	19,198	18,598	17,858	16,941	15,968	14,987	13,994	
0,1	20,000	19,515	19,188	18,582	17,817	16,901	15,924	14,937	13,947	
0,25	20,000	19,511	19,178	18,566	17,775	16,861	15,880	14,887	13,900	
0,5	19,996	19,509	19,166	18,550	17,769	16,828	15,851	14,856	13,871	
1	19,990	19,503	19,158	18,532	17,742	16,788	15,804	14,800	13,806	
2	19,974	19,493	19,136	18,511	17,697	16,736	15,743	14,728	13,739	
4	19,945	19,481	19,102	18,474	17,638	16,671	15,646	14,631	13,646	
8	19,908	19,459	19,063	18,407	17,550	16,561	15,526	14,504	13,506	
15	19,874	19,440	18,998	18,328	17,452	16,437	15,392	14,363	13,386	
30	19,803	19,405	18,926	18,214	17,307	16,295	15,255	14,229	13,287	
60	19,736	19,361	18,837	18,084	17,192	16,178	15,145	14,153	13,223	
120	19,653	19,300	18,745	18,000	17,088	16,084	15,101	14,102	13,181	
240	19,583	19,250	18,678	17,935	17,035	16,035	15,050	14,062	13,151	
480	19,557	19,224	18,638	17,884	16,988	16,013	15,003	14,035	13,124	
960	19,528	19,206	18,609	17,862	16,950	15,981	14,990	14,005	13,091	
1440	19,518	19,200	18,598	17,858	16,941	15,969	14,987	13,994	13,081	
	0,5	0,8	0,8	1,4	2,2	4,1	8,1	16,1	35,0	

Modulo di deformazione edometrica  $M_{ed}$  (MPa)



Data di emissione **31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D. Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore **Dr. A. Tentor** Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. R. Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2008 N. 30861

pag. 5/9

PS 85-01/1025 Rev.1



ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA



CERTIFICATO N. 73923

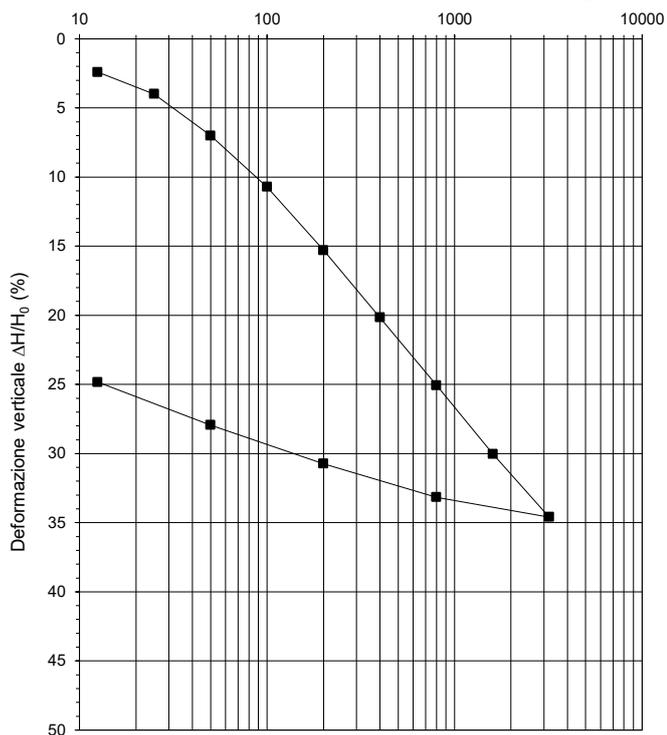
Lavoro N. 13259/22

Verbale di Accettazione N. 17006/1

Prova edometrica a incremento di carico controllato (IL)

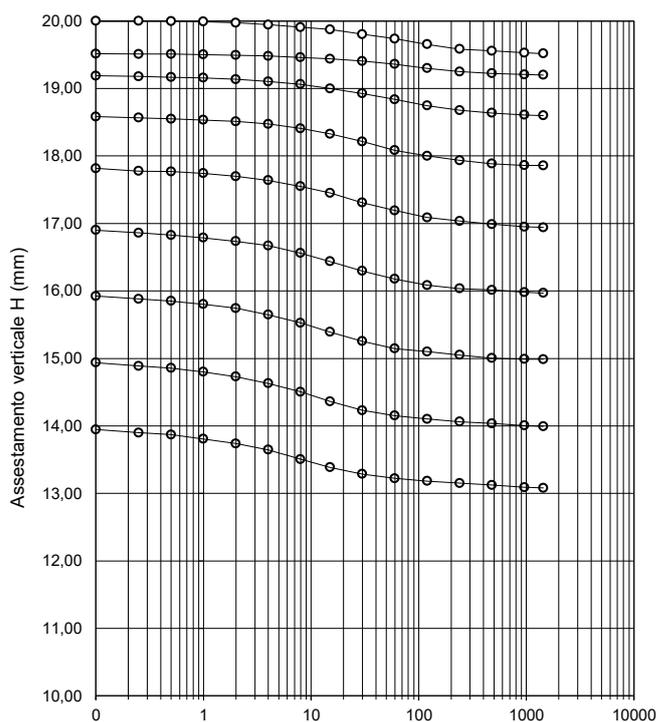
UNI CEN ISO TS 17892-5

Curva di compressibilità  $\Delta H/H_0$  in funzione di  $\log \sigma'_v$



Tensione verticale di consolidazione  $\log \sigma'_v$  in kPa

Diagramma degli assestamenti H in funzione di  $\log t$



Logaritmo del tempo t in minuti

Intervallo di carico (kPa)	Coeff. consolid.* $C_v$ ( $\text{cm}^2/\text{min}$ )	Coeff. compress. $m_v$ ( $\text{MPa}^{-1}$ )	Coeff. permeabilità K (m/sec)
0 - 12,5 kPa	0,0067	1,928	2,11E-10
12,5 - 25 kPa	0,0042	1,272	8,81E-11
25 - 50 kPa	0,0069	1,204	1,35E-10
50 - 100 kPa	0,0068	0,740	8,19E-11
100 - 200 kPa	0,0100	0,459	7,50E-11
200 - 400 kPa	0,0122	0,243	4,84E-11
400 - 800 kPa	0,0132	0,123	2,65E-11
800 - 1600 kPa	0,0166	0,062	1,68E-11
1600 - 3200 kPa	0,0179	0,029	3,34E-12

\* determinato secondo il metodo di Casagrande

Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 32/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2008 N. 30861

PS 75-01/1025 Rev.1

pag.6/9

ALIQ

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA



CERTIFICATO N.

73923

Lavoro N.

13259/22

Verbale di  
Accettazione N.

17006/1

**Prova di compressione triassiale consolidata non drenata (CIU) secondo Norma UNI CEN ISO TS 17892-9 - p.to 6.8.2**

Data fine prove 09.03.22

Caratteristiche iniziali del provino			
Provino n.	1	2	3
Diam. (mm)	38	38	38
H (mm)	76	76	76
Massa (g)	151,3	150,3	150,5
Gapp (kN/m3)	17,21	17,10	17,12
n (-)	55,9	56,2	56,1

Parametri di consolidazione e di prova			
Provino n.	1	2	3
$\Delta V$ (cm <sup>3</sup> )	9,11	11,29	7,84
t50 (min)	234	215	169
Sr (%)	>90	>90	>90
Back Pr. (kPa)	90	90	90
V (mm/min)	0,0239	0,0207	0,0198

**Grandezze misurate nel corso della prova di compressione**

Provino 1		
$\sigma_c =$	150 (kPa)	
$\Delta H$ (mm)	Carico (N)	u (kPa)
0,00	4	89
0,39	49	90
0,79	82	91
1,18	106	93
1,57	124	96
1,96	138	96
2,36	149	98
2,75	159	99
3,14	167	100
3,53	175	101
3,93	182	102
4,32	190	103
4,71	197	104
5,10	204	105
5,50	210	106
5,89	216	108
6,28	221	109
6,68	225	110
7,07	229	110
7,46	232	111
7,85	234	110
8,25	236	110
8,64	237	109
9,03	239	109
9,42	240	109
9,82	241	108
10,21	241	108
10,60	241	107
11,00	240	107
11,39	240	107
$W_{fin} =$	43,9	(%)

Provino 2		
$\sigma_c =$	300 (kPa)	
$\Delta H$ (mm)	Carico (N)	u (kPa)
0,00	0	92
0,39	66	101
0,78	110	105
1,18	141	112
1,57	165	115
1,96	183	120
2,35	197	123
2,75	209	127
3,14	219	132
3,53	229	135
3,92	238	138
4,32	247	140
4,71	256	142
5,10	264	143
5,49	272	144
5,89	280	144
6,28	287	145
6,67	294	146
7,06	300	147
7,46	307	147
7,85	311	147
8,24	317	148
8,63	321	148
9,03	327	148
9,42	331	147
9,81	335	147
10,20	339	147
10,60	340	146
10,99	341	146
11,38	342	146
$W_{fin} =$	38,0	(%)

Provino 3		
$\sigma_c =$	600 (kPa)	
$\Delta H$ (mm)	Carico (N)	u (kPa)
0,00	0	94
0,39	126	100
0,79	221	105
1,18	291	109
1,57	341	120
1,97	376	130
2,36	402	138
2,75	421	144
3,14	436	148
3,54	448	152
3,93	459	155
4,32	470	158
4,72	480	159
5,11	487	160
5,50	495	161
5,90	504	161
6,29	511	162
6,68	517	162
7,07	525	163
7,47	530	163
7,86	536	163
8,25	542	163
8,65	548	163
9,04	553	163
9,43	556	162
9,83	561	162
10,22	564	162
10,61	566	162
11,00	567	162
11,40	568	161
$W_{fin} =$	41,0	(%)

Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Floriti



CERTIFICATO N.

73923

Lavoro N.

13259/22

Verbale di  
Accettazione N.

17006/1

Prova di compressione triassiale consolidata non drenata (CIU) secondo Norma UNI CEN ISO TS 17892-9 - p.to 6.8.2

Diagramma dello sforzo tangenziale massimo

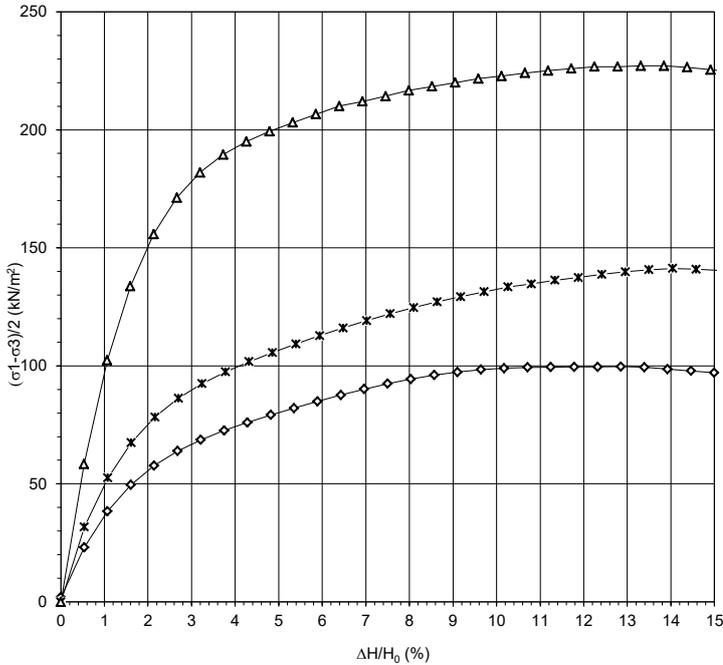


Diagramma della variazione della pressione interstiziale

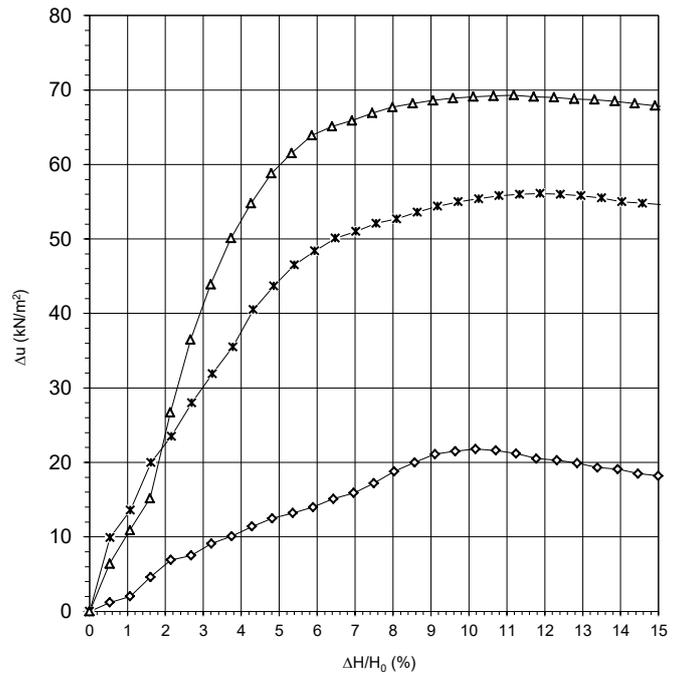
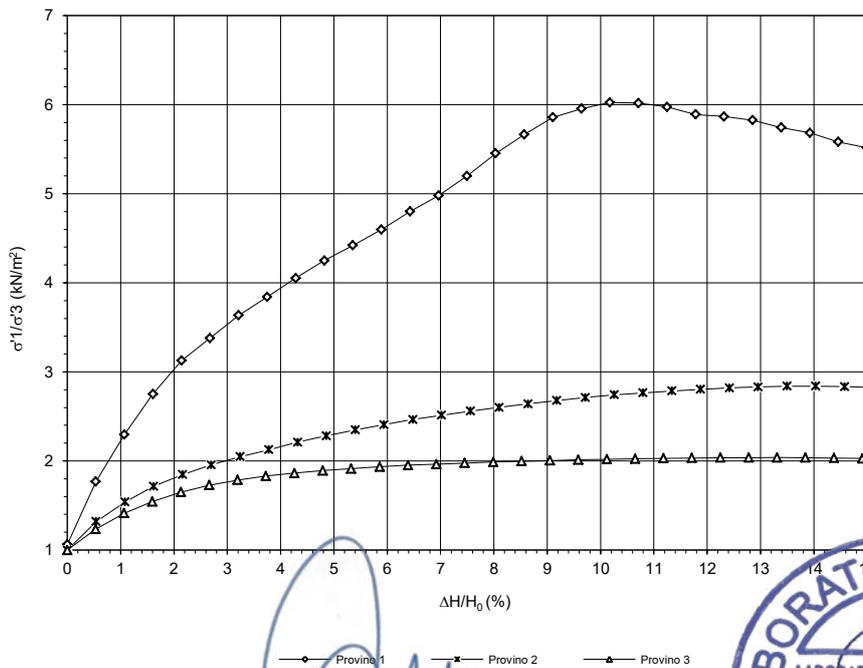


Diagramma del rapporto degli sforzi principali in funzione della deformazione assiale dei provini



Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Ger. R. Fioriti



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001 art. 59, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

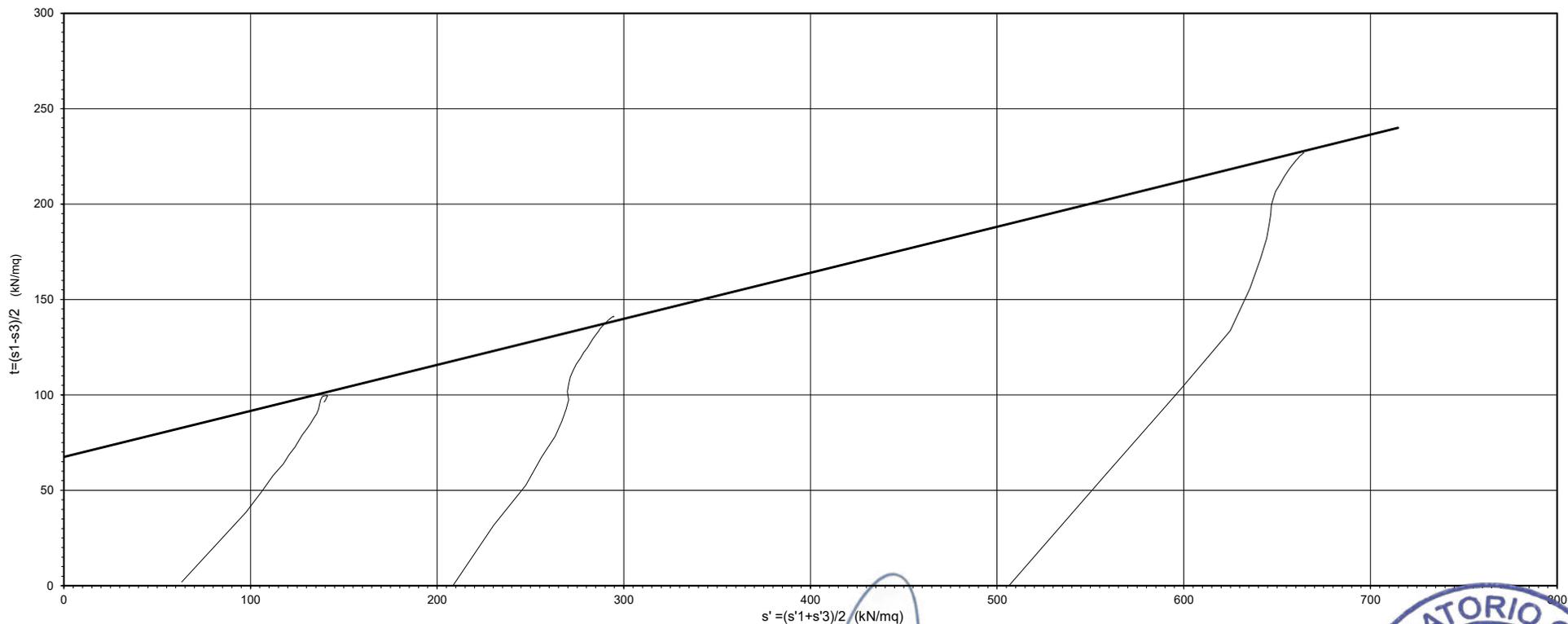
Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

ALLEGATO AL CERTIFICATO N. 73923

Lavoro N. 13259/22

Verbale di Accettazione N. 17006/1

Su richiesta del Committente vengono forniti i valori derivanti dalla regressione lineare nella prova di taglio triassiale C.I.U.



Valori ricavati dalla regressione lineare  $\alpha = 14^\circ$   $b' = 67 \text{ kN/m}^2$   $\phi' = 14^\circ$   $c' = 70 \text{ kN/m}^2$

Data di emissione 31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Certificazione ISO 9001:2000 n. 30861

pag. 9/9

ALIG

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

PS 75-01/1016 Rev.1



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**PROVE SU TERRE**

**Rif. Cap. 5 - Settore A Circ. 7618/STC del 08/09/2010**

**CERTIFICATO DI PROVA N.**

**73924**

**Lavoro N.**

**13259/22**

**Committente**

GEOSYNTECH SRL

**Cantiere**

MOLO VIII - PORTO DI TRIESTE

**Località**

TRIESTE

**Richiedente**

DR. CARLO ALBERTO MASOLI - GEOSYNTECH SRL

**Richiesta**

**MAIL**

del

**26.01.22**

**Verbale di  
accettazione n.**

**17006/2**

del

**26.01.22**

**Campione**

SG016-DH C.I.2 da 26,00 a 26,70m

**Prelievo a cura di**

GEOSYNTECH SRL

Dichiarazione :

- Il presente certificato si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prova .

- La riproduzione, anche parziale, del Certificato di prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio

Data di emissione

**31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore **Dr. A. Tentor**

Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. R. Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

pag.1/9

**ALIG**

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**CERTIFICATO N. 73924**

**Lavoro N. 13259/22**

**Verbale di Accettazione N. 17006/2**

Sigle di prova : W-umidità; GAPP-densità apparente;GS-peso spec. granuli;LA-limiti Atterberg; GSA-granulometria; AREO-areometria; ELL-espansione lat. Libera; EDO-edometria; TRIAXUU-triassiale U.U.; TRIAXCU-triassiale C.U.; TRIAXCD-triassiale C.D.;Ko-consolidazione anisotropa; TGCD-taglio diretto; K-prova di permeabilità; BE-Bender Elements.

**Descrizione del campione e programma prove**

Data fine prova: **15.02.22**

Diametro : 8,4 cm

Lunghezza campione : 60 cm

Contenitore : Fustella inox

Fotografia campione	Descrizione stratigrafica	P.Penetrom kPa	P.vane kPa	Sigla prova
		70		
		90		W GAPP GS
	LIMO ARGILLOSO GRIGIO OLIVA (5Y 3/2) MODERATAMENTE CONSISTENTE.	90		TRIAXCU EDO
	CAMPIONE DA NON REAGENTE A POCO REAGENTE ALL'ACIDO CLORIDRICO E CON PRESENZA DI RESTI CONCHIGLIARI MAGGIORMENTE CONCENTRATA VERSO IL FONDO DEL CAMPIONE.	80		BE
		70	20	
		60		

*(Handwritten signature)*



Data di emissione **31.03.2022**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 32/2005 e norme collegate

Lo Sperimentatore **Dr. A. Tentor** Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. R. Fioriti**

**Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861**

**Mod. PS 85-02/DEVI Rev.1**

pag. 2/9



ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

<b>CERTIFICATO N.</b>	<b>73924</b>	<b>Lavoro N.</b>	<b>13259/22</b>	<b>Verbale di Accettazione N.</b>	<b>17006/2</b>
-----------------------	--------------	------------------	-----------------	-----------------------------------	----------------

**Determinazione dei parametri indice**Data fine prove: **02.03.22****Determinazione del contenuto d'acqua - UNI CEN ISO TS 17892-1**

<b>w<sub>m</sub></b>	Contenuto d'acqua percentuale medio	43,5	(%)
----------------------	-------------------------------------	------	-----

**Misura del peso dell'unità di volume - UNI CEN ISO TS 17892-2**

<b>γ<sub>m</sub></b>	Peso di volume apparente medio	17,39	(kN/m <sup>3</sup> )
----------------------	--------------------------------	-------	----------------------

**Misura del peso specifico dei grani - UNI CEN ISO TS 17892-3**

<b>G<sub>s</sub> medio</b>	Peso specifico dei grani medio	2,71	(-)
----------------------------	--------------------------------	------	-----

**Parametri correlati**

<b>e<sub>0</sub></b>	Indice dei vuoti	1,190	(-)
<b>n</b>	Porosità	54,3	(%)
<b>S<sub>r</sub></b>	Grado di saturazione	98,9	(%)
<b>γ<sub>d</sub></b>	Peso di volume secco	12,12	(kN/m <sup>3</sup> )

**Limiti di Atterberg - UNI CEN ISO TS 17892-12**

<b>LL</b>	Limite di liquidità	-	(%)
<b>LP</b>	Limite di plasticità	-	(%)
<b>IP</b>	Indice di plasticità	-	(%)
<b>IC</b>	Indice di consistenza	-	(-)
<b>IL</b>	Indice di liquidità	-	(-)

<b>LR</b>	Limite di ritiro	-	(%)
<b>R</b>	Coefficiente di ritiro	-	(-)

Data di emissione **31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 81/2005 e.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore **Dr. A. Tentor**Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. R. Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

PS85-01/1007+ Rev.1

pag. 3/9

**ALIQ**

ASSOCIAZIONE LABORATORI D'INGEGNERIA E GEOTECNICA



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

CERTIFICATO N.

73924

Lavoro N.

13259/22

Verbale di  
Accettazione N.

17006/2

Data fine prove: 24.03.22**BENDER ELEMENTS TEST IN CELLA TRIASSIALE**

## 1) caratteristiche iniziali del provino

$D_0$	$H_0$	$w_0$	$\rho_0$	$\rho_{d0}$	$\rho_s$	$e_0$	$S_{R0}$
mm	mm	%	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	-	-
50,00	100,00	47,47	1,742	1,181	2,717	1,3	0,99

## 2) pressione di consolidazione isotropa e caratteristiche del provino a fine consolidazione

$p_c$	$u_c$	$w_{fc}$	$\rho_{fc}$	$\rho_{dfc}$	$\rho_s$	$e_{fc}$	$S_{Rfc}$
kPa	kPa	%	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	-	-
510	200	38,89	1,824	1,304	2,717	1,084	1,00

## 3) determinazione delle velocità delle onde di taglio e del modulo di taglio iniziale

$A(t)$	$A$	$f$	$\Delta t$	$\Delta s$	$V_s$	$G_0$
-	V	KHz	$\mu s$	mm	m/s	MPa
sin	$\pm 10$	10	419,2	76,85	183,3	61,3

Nota: Prova eseguita presso Laboratorio Esterno

Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.e.n. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

PS 85-01/1022+ Rev.1

pag. 4/9

**ALIQ**ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA

**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001 art. 59, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**CERTIFICATO N. 73924**

Lavoro N. **13259/22**

Verbale di Accettazione N. **17006/2**

**Prova edometrica a incremento di carico controllato (IL)**

**UNI CEN ISO TS 17892-5**

Data fine prove **02.03.22**

Edometro n. 5 Altezza iniziale provino in mm 20,00 (H<sub>0</sub>)  
 Cella edometrica n. 17 Diametro del provino in mm 50,46 (D)

**Parametri iniziali del provino**

Contenuto in acqua W 43,5 %  
 Peso di vol.app. secco  $\gamma_{dry}$  12,12 kN/m<sup>3</sup> Peso di vol.app.  $\gamma$  17,39 kN/m<sup>3</sup>  
 Peso specif. granuli 2,71 - Indice dei vuoti e<sub>0</sub> 1,190 -

Tensione verticale di consolidazione $\sigma_v$ (kPa)	Deformazione verticale del provino v %
12,5	0,91
25	1,37
50	2,27
100	4,25
200	8,92
400	15,83
800	22,72
1600	29,01
3200	34,41
800	32,63
200	29,63
50	25,89
12,5	22,32

Tempo t (min)	Intervallo di carico (kPa)									Assesamenti (mm)
	0-12,5	12,5-25	25-50	50-100	100-200	200-400	400-800	800-1600	1600-3200	
0	20,000	19,818	19,726	19,546	19,150	18,217	16,835	15,457	14,199	
0,1	19,960	19,813	19,718	19,529	19,111	18,180	16,783	15,398	14,149	
0,25	19,920	19,808	19,709	19,511	19,072	18,142	16,730	15,339	14,099	
0,5	19,913	19,806	19,705	19,501	19,061	18,095	16,696	15,296	14,054	
1	19,904	19,802	19,697	19,486	19,030	18,045	16,630	15,240	13,998	
2	19,895	19,797	19,687	19,466	18,975	17,973	16,554	15,161	13,930	
4	19,884	19,790	19,671	19,435	18,893	17,870	16,445	15,048	13,828	
8	19,872	19,780	19,649	19,381	18,811	17,716	16,273	14,896	13,696	
15	19,860	19,768	19,634	19,338	18,717	17,571	16,096	14,727	13,552	
30	19,847	19,755	19,610	19,291	18,596	17,375	15,902	14,550	13,418	
60	19,836	19,744	19,595	19,255	18,494	17,202	15,727	14,435	13,322	
120	19,828	19,736	19,581	19,224	18,407	17,078	15,629	14,358	13,257	
240	19,823	19,731	19,568	19,202	18,341	16,991	15,558	14,303	13,213	
480	19,821	19,729	19,558	19,181	18,281	16,917	15,489	14,248	13,172	
960	19,819	19,727	19,550	19,163	18,232	16,851	15,459	14,210	13,139	
1440	19,818	19,726	19,546	19,150	18,217	16,835	15,457	14,199	13,119	
	1,4	2,7	2,8	2,5	2,1	2,9	5,8	12,7	29,6	

Modulo di deformazione edometrica  $M_{ed}$  (MPa)



Data di emissione **31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D. Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore **Dr. A. Tentor** Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. R. Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2008 N. 30861

pag. 5/9



ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA



PS 85-01/1025 Rev.1

CERTIFICATO N. 73924

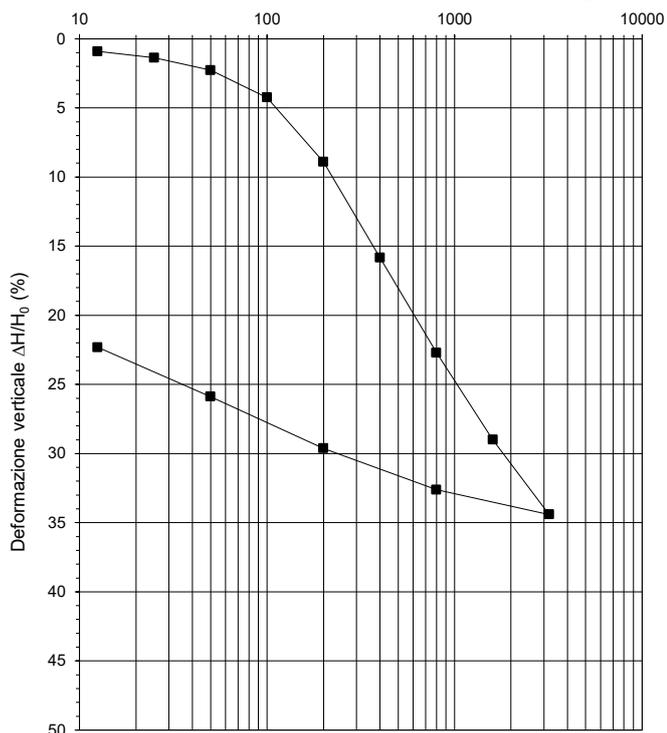
Lavoro N. 13259/22

Verbale di Accettazione N. 17006/2

Prova edometrica a incremento di carico controllato (IL)

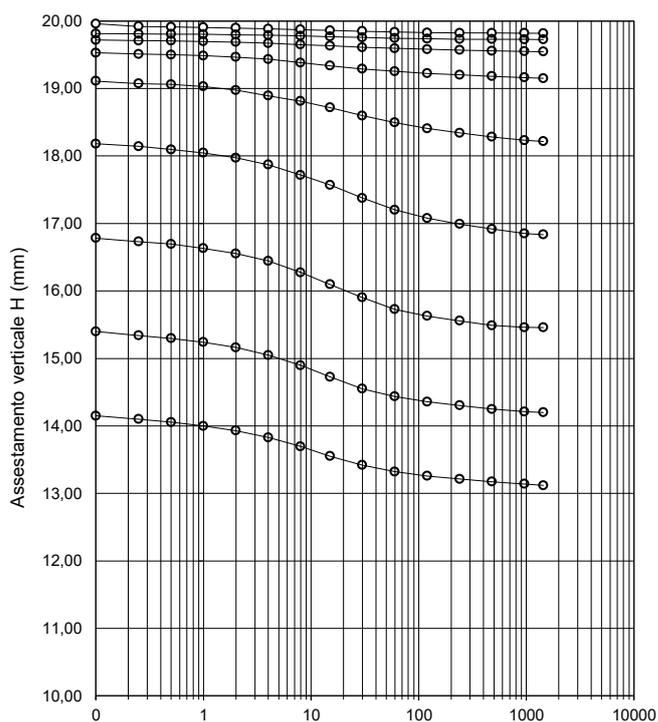
UNI CEN ISO TS 17892-5

Curva di compressibilità  $\Delta H/H_0$  in funzione di  $\log \sigma'_v$



Tensione verticale di consolidazione  $\log \sigma'_v$  in kPa

Diagramma degli assestamenti H in funzione di  $\log t$



Logaritmo del tempo t in minuti

Intervallo di carico (kPa)	Coeff. consolid.* $C_v$ ( $\text{cm}^2/\text{min}$ )	Coeff. compress. $m_v$ ( $\text{MPa}^{-1}$ )	Coeff. permeabilità K (m/sec)
0 - 12,5 kPa	0,0295	0,728	3,50E-10
12,5 - 25 kPa	0,0172	0,368	1,04E-10
25 - 50 kPa	0,0223	0,360	1,31E-10
50 - 100 kPa	0,0246	0,396	1,59E-10
100 - 200 kPa	0,0155	0,467	1,18E-10
200 - 400 kPa	0,0129	0,345	7,27E-11
400 - 800 kPa	0,0115	0,172	3,22E-11
800 - 1600 kPa	0,0136	0,079	1,74E-11
1600 - 3200 kPa	0,0135	0,034	4,95E-12

\* determinato secondo il metodo di Casagrande

Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 32/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2008 N. 30861

PS 75-01/1025 Rev.1

pag.6/9

ALIQ

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA



CERTIFICATO N. **73924**

Lavoro N. **13259/22**

Verbale di Accettazione N. **17006/2**

**Prova di compressione triassiale consolidata non drenata (CIU) secondo Norma UNI CEN ISO TS 17892-9 - p.to 6.8.2**

Data fine prove **17.03.22**

Caratteristiche iniziali del provino			
Provino n.	1	2	3
Diam. (mm)	38	38	38
H (mm)	76	76	76
Massa (g)	152,2	153,0	152,9
Gapp (kN/m3)	17,31	17,41	17,39
n (-)	54,6	54,4	54,4

Parametri di consolidazione e di prova			
Provino n.	1	2	3
$\Delta V$ (cm <sup>3</sup> )	10,83	8,94	8,08
t50 (min)	259	234	219
Sr (%)	>90	>90	>90
Back Pr. (kPa)	90	90	90
V (mm/min)	0,0204	0,0239	0,0103

**Grandezze misurate nel corso della prova di compressione**

Provino 1		
$\sigma_c =$	160 (kPa)	
$\Delta H$ (mm)	Carico (N)	u (kPa)
0,00	0	90
0,39	55	91
0,79	105	92
1,18	138	92
1,57	162	92
1,97	180	94
2,36	196	95
2,76	209	97
3,15	220	98
3,54	230	99
3,94	240	100
4,33	249	102
4,72	258	102
5,12	267	104
5,51	274	105
5,90	280	107
6,30	287	108
6,69	293	108
7,09	297	108
7,48	302	108
7,87	306	108
8,27	310	108
8,66	312	107
9,05	315	108
9,45	316	108
9,84	317	108
10,23	318	108
10,63	319	108
11,02	321	108
11,42	323	108
$W_{fin} =$	42,1	(%)

Provino 2		
$\sigma_c =$	320 (kPa)	
$\Delta H$ (mm)	Carico (N)	u (kPa)
0,00	0	84
0,39	59	93
0,79	97	103
1,18	127	109
1,57	157	119
1,96	175	128
2,36	193	137
2,75	211	145
3,14	228	151
3,53	243	158
3,93	258	165
4,32	273	171
4,71	286	177
5,10	298	180
5,50	310	184
5,89	322	187
6,28	331	191
6,68	339	193
7,07	346	196
7,46	353	199
7,85	360	201
8,25	365	204
8,64	369	206
9,03	373	208
9,42	378	210
9,82	381	212
10,21	384	213
10,60	386	215
11,00	388	216
11,39	390	217
$W_{fin} =$	38,9	(%)

Provino 3		
$\sigma_c =$	640 (kPa)	
$\Delta H$ (mm)	Carico (N)	u (kPa)
0,00	0	90
0,39	183	118
0,78	238	144
1,17	282	167
1,56	321	184
1,95	357	199
2,34	392	211
2,73	423	220
3,12	449	229
3,51	476	237
3,90	499	243
4,29	518	249
4,68	535	254
5,07	551	259
5,46	564	263
5,85	578	266
6,24	589	268
6,63	599	270
7,02	609	272
7,41	617	274
7,81	626	276
8,20	633	276
8,59	638	277
8,98	643	277
9,37	649	278
9,76	654	278
10,15	658	278
10,54	661	278
10,93	663	279
11,32	661	279
$W_{fin} =$	38,3	(%)

Data di emissione **31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Ventor Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2008 N. 30861

PS 85-01/1035 Rev.1

pag. 7/9

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA



CERTIFICATO N.

73924

Lavoro N.

13259/22

Verbale di  
Accettazione N.

17006/2

Prova di compressione triassiale consolidata non drenata (CIU) secondo Norma UNI CEN ISO TS 17892-9 - p.to 6.8.2

Diagramma dello sforzo tangenziale massimo

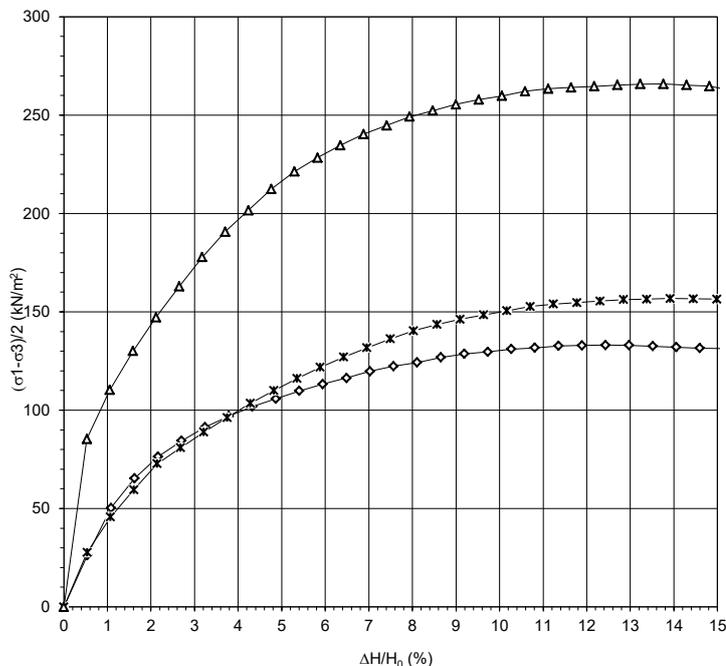


Diagramma della variazione della pressione interstiziale

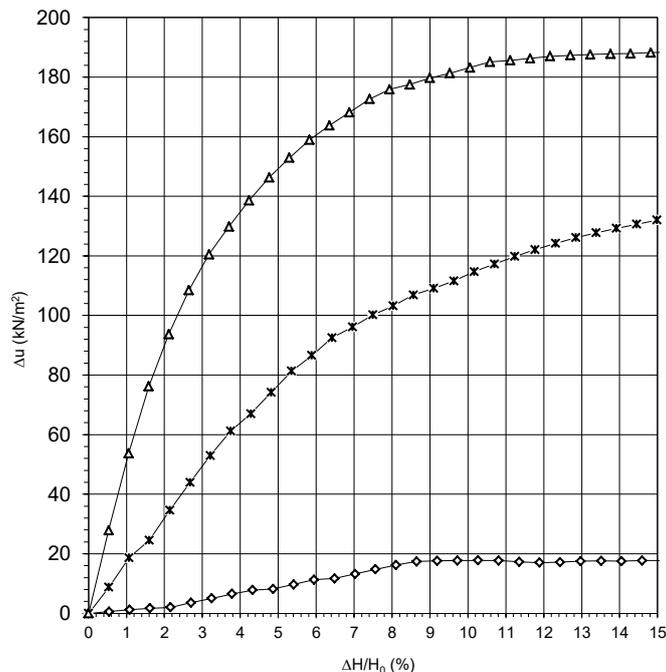
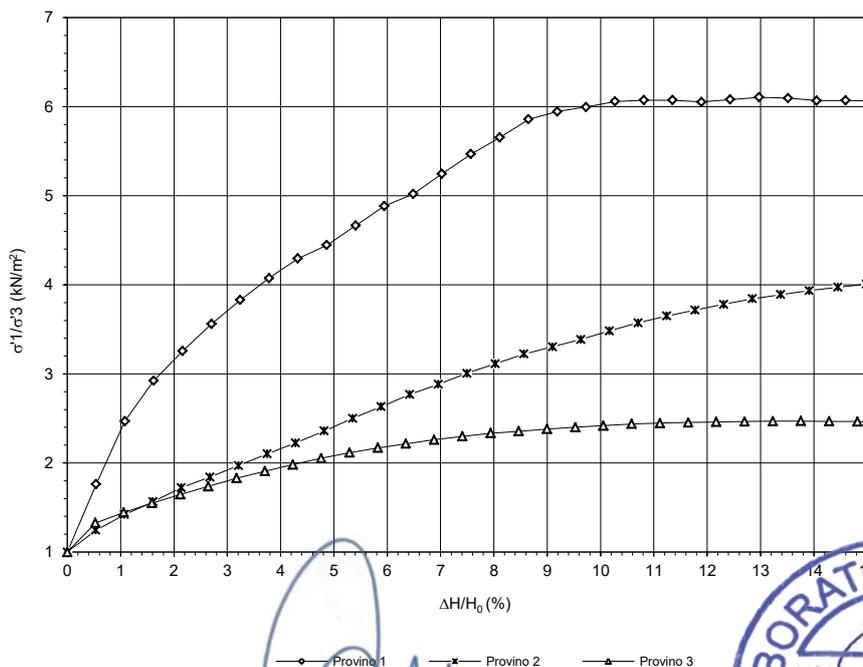


Diagramma del rapporto degli sforzi principali in funzione della deformazione assiale dei provini



Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Ger. R. Fioriti



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001 art. 59, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

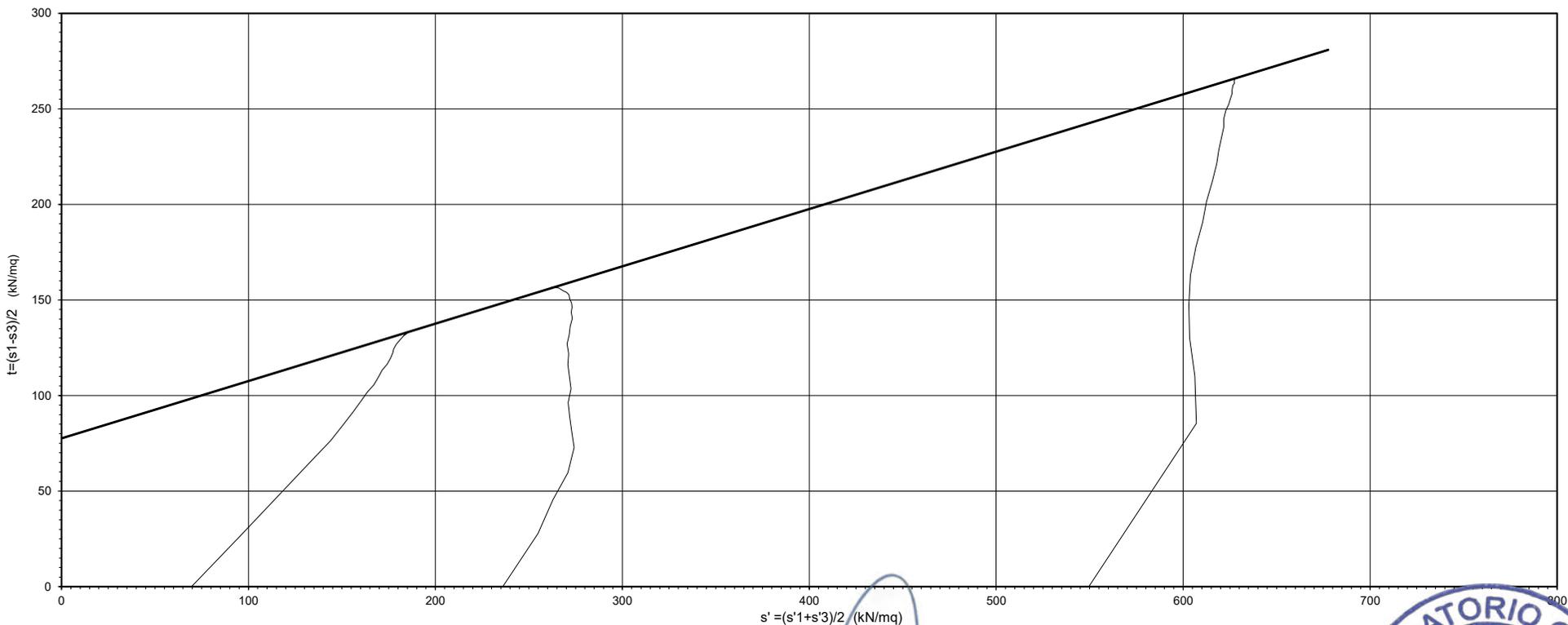
Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

ALLEGATO AL CERTIFICATO N. 73924

Lavoro N. 13259/22

Verbale di Accettazione N. 17006/2

Su richiesta del Committente vengono forniti i valori derivanti dalla regressione lineare nella prova di taglio triassiale C.I.U.



Valori ricavati dalla regressione lineare  $\alpha = 17^\circ$   $b' = 78 \text{ kN/m}^2$   $\phi' = 17^\circ$   $c' = 81 \text{ kN/m}^2$

Data di emissione 31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Certificazione ISO 9001:2000 n. 30861

pag. 9/9

ALIG

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

PS 75-01/1016 Rev.1



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**PROVE SU TERRE**

**Rif. Cap. 5 - Settore A Circ. 7618/STC del 08/09/2010**

**CERTIFICATO DI PROVA N.**

**73925**

**Lavoro N.**

**13259/22**

**Committente**

GEOSYNTECH SRL

**Cantiere**

MOLO VIII - PORTO DI TRIESTE

**Località**

TRIESTE

**Richiedente**

DR. CARLO ALBERTO MASOLI - GEOSYNTECH SRL

**Richiesta**

**MAIL**

del

**26.01.22**

**Verbale di  
accettazione n.**

**17006/3**

del

**26.01.22**

**Campione**

SG016-DH C.I.3 da 29,00 a 29,70m

**Prelievo a cura di**

GEOSYNTECH SRL

Dichiarazione :

- Il presente certificato si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prova .

- La riproduzione, anche parziale, del Certificato di prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio

Data di emissione

**31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore **Dr. A. Tentor**

Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. R. Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

pag.1/11

**ALIG**

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**CERTIFICATO N. 73925**

**Lavoro N. 13259/22**

**Verbale di Accettazione N.**

**17006/3**

Sigle di prova : W-umidità; GAPP-densità apparente;GS-peso spec. granuli;LA-limiti Atterberg; GSA-granulometria; AREO-areometria; ELL-espansione lat. Libera; EDO-edometria; TRIAXUU-triassiale U.U.; TRIAXCU-triassiale C.U.; TRIAXCD-triassiale C.D.;Ko-consolidazione anisotropa; TGCD-taglio diretto; K-prova di permeabilità; BE-Bender Elements; CR-colonna risonante.

**Descrizione del campione e programma prove**

Data fine prova: **15.02.22**

Diametro : 8,4 cm

Lunghezza campione : 64 cm

Contenitore : *Fustella inox*

Fotografia campione	Descrizione stratigrafica	P.Penetrom kPa	P.vane kPa	Sigla prova
	<p>LIMO ARGILLOSO GRIGIO OLIVA (5Y 3/2) DA MODERATAMENTE CONSISTENTE A CONSISTENTE.</p> <p>CAMPIONE NON REAGENTE ALL'ACIDO CLORIDRICO E CON RARA PRESENZA DI RESTI CONCHIGLIARI, MAGGIORMENTE CONCENTRATA VERSO IL TOP.</p>	50		W GAPP GS
		100		TRIAXCU
		100	20	EDO BE
		100		CR
		80		

*[Handwritten signature]*



Data di emissione **31.03.2022**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 32/2005 e norme collegate

**Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti**

**Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861**

**Mod. PS 85-02/DEVI Rev.1**

pag. 2/11

**ALIQ**

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

<b>CERTIFICATO N.</b>	<b>73925</b>	<b>Lavoro N.</b>	<b>13259/22</b>	<b>Verbale di Accettazione N.</b>	<b>17006/3</b>
-----------------------	--------------	------------------	-----------------	-----------------------------------	----------------

**Determinazione dei parametri indice**Data fine prove: **02.03.22****Determinazione del contenuto d'acqua - UNI CEN ISO TS 17892-1**

<b>w<sub>m</sub></b>	Contenuto d'acqua percentuale medio	40,0	(%)
----------------------	-------------------------------------	------	-----

**Misura del peso dell'unità di volume - UNI CEN ISO TS 17892-2**

<b>γ<sub>m</sub></b>	Peso di volume apparente medio	17,46	(kN/m <sup>3</sup> )
----------------------	--------------------------------	-------	----------------------

**Misura del peso specifico dei grani - UNI CEN ISO TS 17892-3**

<b>G<sub>s</sub> medio</b>	Peso specifico dei grani medio	2,66	(-)
----------------------------	--------------------------------	------	-----

**Parametri correlati**

<b>e<sub>0</sub></b>	Indice dei vuoti	1,088	(-)
<b>n</b>	Porosità	52,1	(%)
<b>S<sub>r</sub></b>	Grado di saturazione	97,5	(%)
<b>γ<sub>d</sub></b>	Peso di volume secco	12,47	(kN/m <sup>3</sup> )

**Limiti di Atterberg - UNI CEN ISO TS 17892-12**

<b>LL</b>	Limite di liquidità	-	(%)
<b>LP</b>	Limite di plasticità	-	(%)
<b>IP</b>	Indice di plasticità	-	(%)
<b>IC</b>	Indice di consistenza	-	(-)
<b>IL</b>	Indice di liquidità	-	(-)

<b>LR</b>	Limite di ritiro	-	(%)
<b>R</b>	Coefficiente di ritiro	-	(-)

Data di emissione **31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 81/2005 e.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore **Dr. A. Tentor**Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. R. Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

PS85-01/1007+ Rev.1

pag. 3/11

**ALIQ**

ASSOCIAZIONE LABORATORI D'INGEGNERIA E GEOTECNICA



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

CERTIFICATO N.

73925

Lavoro N.

13259/22

Verbale di  
Accettazione N.

17006/3

Data fine prove: 01.12.21**BENDER ELEMENTS TEST IN CELLA TRIASSIALE**

## 1) caratteristiche iniziali del provino

$D_0$	$H_0$	$w_0$	$\rho_0$	$\rho_{d0}$	$\rho_s$	$e_0$	$S_{R0}$
mm	mm	%	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	-	-
50,00	100,00	42,02	1,794	1,263	2,729	1,160	0,99

## 2) pressione di consolidazione isotropa e caratteristiche del provino a fine consolidazione

$p_c$	$u_c$	$w_{fc}$	$\rho_{fc}$	$\rho_{dfc}$	$\rho_s$	$e_{fc}$	$S_{Rfc}$
kPa	kPa	%	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	-	-
540	200	34,08	1,896	1,414	2,729	0,93	1,00

## 3) determinazione delle velocità delle onde di taglio e del modulo di taglio iniziale

$A(t)$	$A$	$f$	$\Delta t$	$\Delta s$	$V_s$	$G_0$
-	V	KHz	$\mu s$	mm	m/s	MPa
sin	$\pm 10$	10	374,2	76,43	204,2	79,1

Nota: Prova eseguita presso Laboratorio Esterno

Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 e s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

PS 85-01/1022+ Rev.1

pag. 4/11

ALIQ

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA

**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

CERTIFICATO N.

73925

Lavoro N.

13259/22

Verbale di  
Accettazione N.

17006/3

Data fine prove: 24.03.22**PROVA DI COLONNA RISONANTE****ASTM D4015**

## 1) caratteristiche iniziali del provino

D <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	w <sub>0</sub>	ρ <sub>0</sub>	ρ <sub>d0</sub>	ρ <sub>s</sub>	e <sub>0</sub>	S <sub>R0</sub>
mm	mm	%	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	-	-
50,00	100,00	41,32	1,811	1,281	2,724	1,126	1,00

## 2) pressione di consolidazione isotropa e caratteristiche del provino a fine consolidazione

p <sub>c</sub>	u <sub>c</sub>	w <sub>fc</sub>	ρ <sub>fc</sub>	e <sub>fc</sub>	D <sub>fc</sub>	H <sub>fc</sub>	S <sub>Rfc</sub>
kPa	kPa	%	Mg/m <sup>3</sup>	-	mm	mm	-
540	200	33,07	1,907	0,901	48,1	96,5	1,00

## 3) misure del modulo di taglio e dello smorzamento in funzione della deformazione

test n.	γ (%)	G (MPa)	D (%)
1	0,0002	80,96	1,96
2	0,0004	80,96	1,96
3	0,0009	80,74	2,03
4	0,0021	80,06	2,04
5	0,0049	78,93	2,13
6	0,0110	76,49	2,88
7	0,0193	69,39	3,48
8	0,0330	60,85	4,60
9	0,0524	52,14	6,11
10	0,1009	42,28	7,95

Nota: Prova eseguita presso Laboratorio Esterno

Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

PS 85-01/1022+ Rev.1

pag. 5/11

**ALIG**ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA

CERTIFICATO N.

73925

Lavoro N.

13259/22

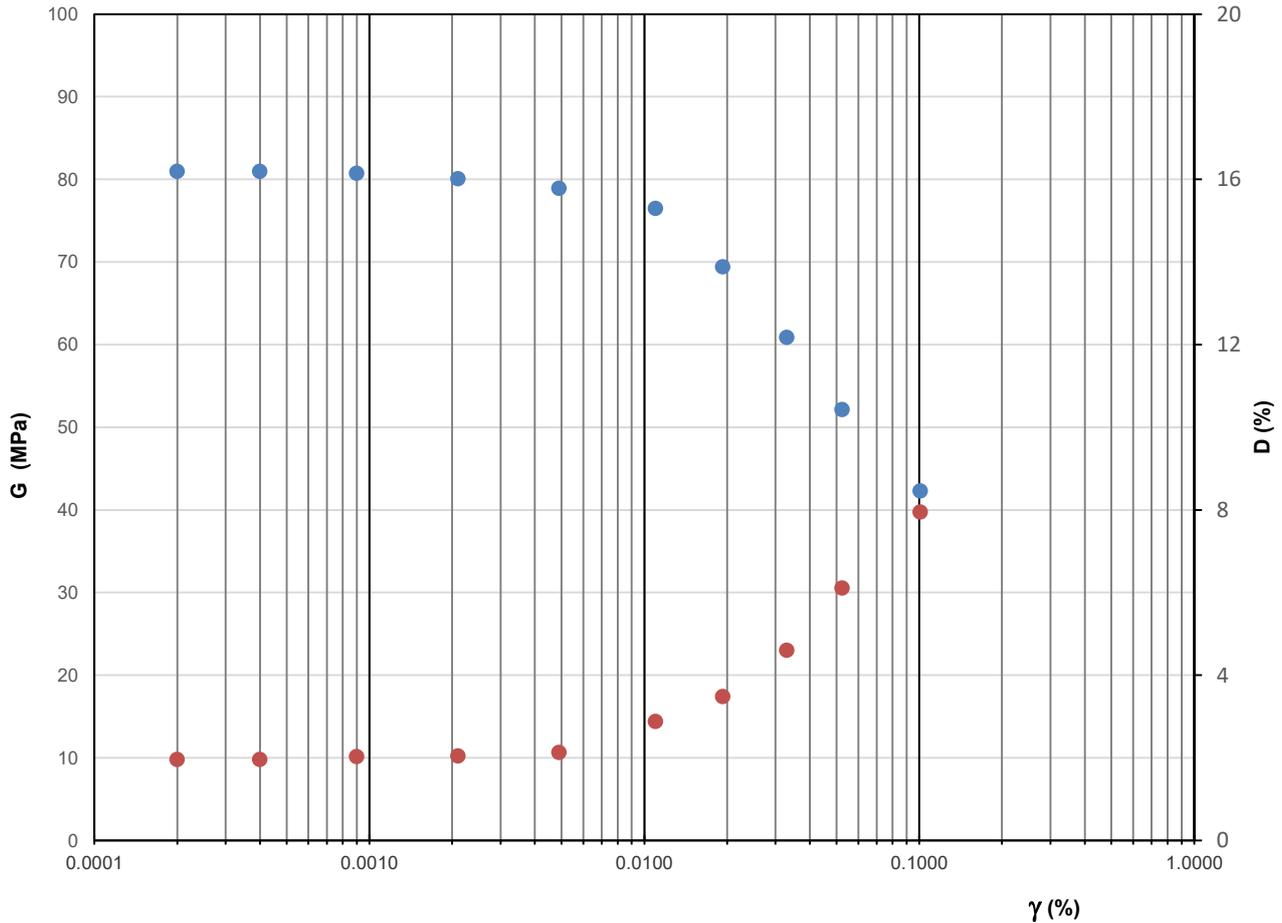
Verbale di  
Accettazione N.

17006/3

Data fine prove: 24.03.22

PROVA DI COLONNA RISONANTE

ASTM D4015



Nota: Prova eseguita presso Laboratorio Esterno

Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2015 N. 30861

PS 85-01/1022+ Rev.1

pag. 6/11

ALIG

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001 art. 59, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

**CERTIFICATO N. 73925**

Lavoro N. **13259/22**

Verbale di Accettazione N. **17006/3**

**Prova edometrica a incremento di carico controllato (IL)**

**UNI CEN ISO TS 17892-5**

Data fine prove **02.03.22**

Edometro n. 3 Altezza iniziale provino in mm 20,00 (H<sub>0</sub>)  
 Cella edometrica n. 284 Diametro del provino in mm 50,46 (D)

**Parametri iniziali del provino**

Contenuto in acqua W 43,5 %  
 Peso di vol.app. secco  $\gamma_{dry}$  12,12 kN/m<sup>3</sup> Peso di vol.app.  $\gamma$  17,39 kN/m<sup>3</sup>  
 Peso specif. granuli 2,71 - Indice dei vuoti e<sub>0</sub> 1,190 -

Tensione verticale di consolidazione $\sigma_v$ (kPa)	Deformazione verticale del provino v %
12,5	0,56
25	1,05
50	2,15
100	3,89
200	7,34
400	13,02
800	18,94
1600	24,54
3200	29,48
800	28,19
200	26,03
50	23,19
12,5	20,34

Tempo t (min)	Intervallo di carico (kPa)									Assesamenti (mm)
	0-12,5	12,5-25	25-50	50-100	100-200	200-400	400-800	800-1600	1600-3200	
0	20,000	19,887	19,789	19,569	19,222	18,532	17,392	16,212	15,093	
0,1	19,990	19,879	19,772	19,541	19,184	18,484	17,339	16,144	15,014	
0,25	19,980	19,871	19,754	19,513	19,145	18,435	17,285	16,076	14,934	
0,5	19,975	19,866	19,740	19,498	19,117	18,399	17,238	16,023	14,890	
1	19,968	19,860	19,727	19,472	19,086	18,352	17,175	15,957	14,826	
2	19,958	19,853	19,710	19,443	19,038	18,278	17,086	15,860	14,735	
4	19,946	19,844	19,686	19,409	18,971	18,179	16,963	15,725	14,630	
8	19,933	19,834	19,661	19,372	18,894	18,044	16,812	15,573	14,496	
15	19,924	19,825	19,642	19,344	18,835	17,910	16,662	15,455	14,399	
30	19,913	19,817	19,626	19,317	18,777	17,775	16,535	15,363	14,322	
60	19,905	19,810	19,615	19,297	18,720	17,679	16,448	15,288	14,276	
120	19,900	19,804	19,602	19,278	18,676	17,608	16,375	15,239	14,232	
240	19,895	19,800	19,591	19,261	18,631	17,540	16,320	15,183	14,197	
480	19,891	19,795	19,582	19,244	18,581	17,470	16,267	15,136	14,159	
960	19,888	19,791	19,572	19,229	18,546	17,420	16,230	15,104	14,121	
1440	19,887	19,789	19,569	19,222	18,532	17,397	16,212	15,093	14,104	
	2,2	2,6	2,3	2,9	2,9	3,5	6,8	14,3	32,1	

Modulo di deformazione edometrica  $M_{ed}$  (MPa)



Data di emissione **31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D. Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore **Dr. A. Tentor** Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. R. Fioriti**

Azienda Certificata ISO 9001:2008 N. 30861

pag. 7/11

PS 85-01/1025 Rev.1



ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA



CERTIFICATO N. 73925

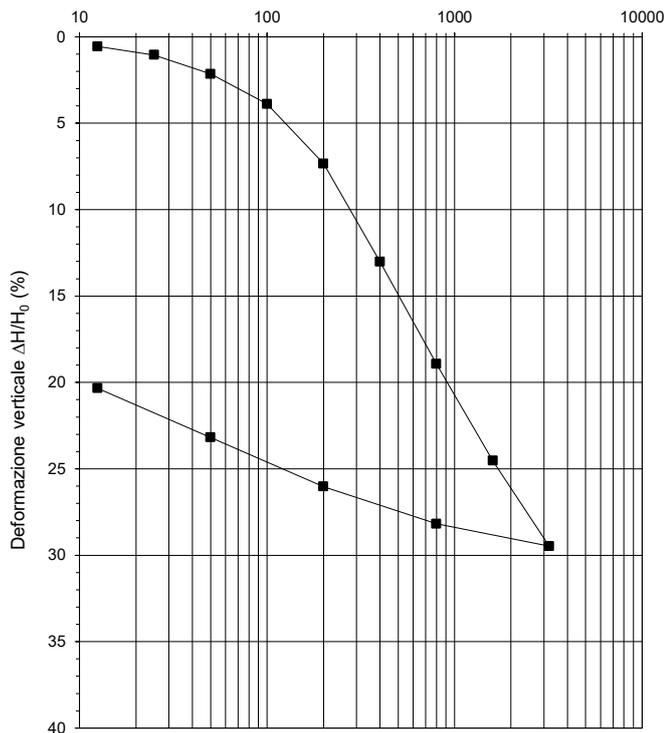
Lavoro N. 13259/22

Verbale di Accettazione N. 17006/3

Prova edometrica a incremento di carico controllato (IL)

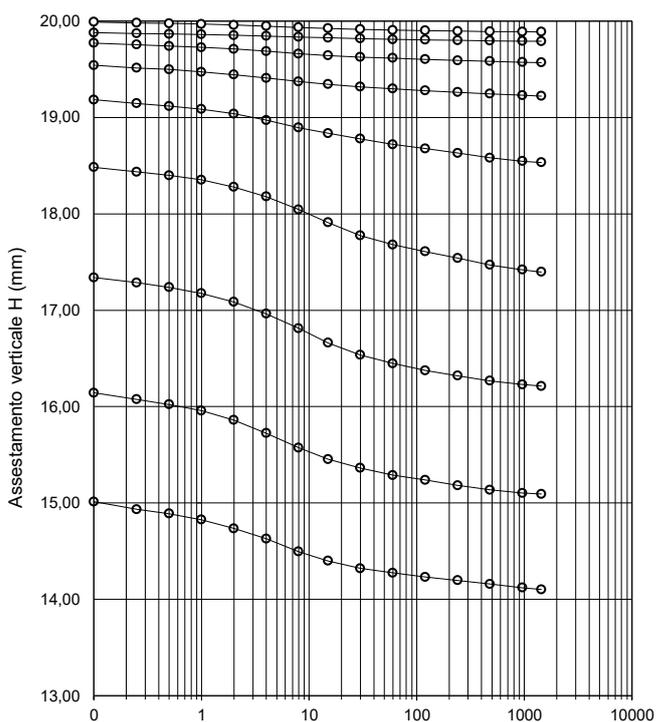
UNI CEN ISO TS 17892-5

Curva di compressibilità  $\Delta H/\Delta H_0$  in funzione di  $\log \sigma'_v$



Tensione verticale di consolidazione  $\log \sigma'_v$  in kPa

Diagramma degli assestamenti H in funzione di  $\log t$



Logaritmo del tempo t in minuti

Intervallo di carico (kPa)	Coeff. consolid.* $C_v$ ( $\text{cm}^2/\text{min}$ )	Coeff. compress. $m_v$ ( $\text{MPa}^{-1}$ )	Coeff. permeabilità K (m/sec)
0 - 12,5 kPa	0,0436	0,452	3,22E-10
12,5 - 25 kPa	0,0398	0,392	2,55E-10
25 - 50 kPa	0,0529	0,440	3,80E-10
50 - 100 kPa	0,0503	0,347	2,85E-10
100 - 200 kPa	0,0283	0,345	1,59E-10
200 - 400 kPa	0,0222	0,284	1,03E-10
400 - 800 kPa	0,0240	0,148	5,81E-11
800 - 1600 kPa	0,0278	0,070	3,18E-11
1600 - 3200 kPa	0,0336	0,031	1,70E-11

\* determinato secondo il metodo di Casagrande

Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 32/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2008 N. 30861

pag.8/11

ALIQ

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

PS 75-01/1025 Rev.1



CERTIFICATO N. **73925**

Lavoro N. **13259/22**

Verbale di Accettazione N. **17006/3**

**Prova di compressione triassiale consolidata non drenata (CIU) secondo Norma UNI CEN ISO TS 17892-9 - p.to 6.8.2**

Data fine prove **28.03.22**

Caratteristiche iniziali del provino			
Provino n.	1	2	3
Diam. (mm)	38	38	38
H (mm)	76	76	76
Massa (g)	153,2	154,6	153,9
Gapp (kN/m <sup>3</sup> )	17,43	17,59	17,51
n (-)	52,3	51,8	52,1

Parametri di consolidazione e di prova			
Provino n.	1	2	3
$\Delta V$ (cm <sup>3</sup> )	8,70	10,42	10,17
t50 (min)	192	199	223
Sr (%)	>90	>90	>90
Back Pr. (kPa)	90	90	90
V (mm/min)	0,0156	0,0265	0,0155

**Grandezze misurate nel corso della prova di compressione**

Provino 1		
$\sigma_c =$	190 (kPa)	
$\Delta H$ (mm)	Carico (N)	u (kPa)
0,00	0	89
0,39	70	90
0,78	110	91
1,17	136	91
1,56	158	92
1,96	177	93
2,35	195	94
2,74	213	95
3,13	231	96
3,52	248	97
3,91	265	98
4,30	281	100
4,69	296	101
5,08	311	102
5,47	324	103
5,87	335	104
6,26	346	104
6,65	356	105
7,04	365	106
7,43	373	106
7,82	381	107
8,21	387	108
8,60	393	108
8,99	398	109
9,38	403	109
9,78	407	109
10,17	409	109
10,56	410	110
10,95	411	110
11,34	410	110
$W_{fin} =$	38,1	(%)

Provino 2		
$\sigma_c =$	380 (kPa)	
$\Delta H$ (mm)	Carico (N)	u (kPa)
0,00	0	94
0,39	82	99
0,78	118	106
1,18	150	112
1,57	178	120
1,96	202	126
2,35	226	136
2,75	246	146
3,14	269	153
3,53	288	158
3,92	307	162
4,32	326	167
4,71	343	170
5,10	358	176
5,49	371	180
5,89	383	184
6,28	396	188
6,67	407	191
7,06	418	194
7,46	426	197
7,85	435	200
8,24	442	202
8,63	450	204
9,03	458	206
9,42	465	207
9,81	471	208
10,20	476	209
10,60	482	209
10,99	487	210
11,38	491	210
$W_{fin} =$	36,7	(%)

Provino 3		
$\sigma_c =$	760 (kPa)	
$\Delta H$ (mm)	Carico (N)	u (kPa)
0,00	0	90
0,39	214	118
0,78	312	144
1,17	370	167
1,56	416	184
1,95	454	199
2,34	490	211
2,73	520	220
3,12	547	229
3,51	577	237
3,90	605	243
4,29	630	249
4,68	652	254
5,07	669	259
5,46	685	263
5,85	699	266
6,24	710	268
6,63	720	270
7,02	726	272
7,41	732	274
7,81	736	276
8,20	740	276
8,59	745	277
8,98	747	277
9,37	750	278
9,76	750	278
10,15	752	278
10,54	755	278
10,93	759	279
11,32	762	279
$W_{fin} =$	38,3	(%)

Data di emissione **31.03.22**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Ventor Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2008 N. 30861

PS 85-01/1035 Rev.1

pag. 9/11

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA



CERTIFICATO N.

73925

Lavoro N.

13259/22

Verbale di  
Accettazione N.

17006/3

Prova di compressione triassiale consolidata non drenata (CIU) secondo Norma UNI CEN ISO TS 17892-9 - p.to 6.8.2

Diagramma dello sforzo tangenziale massimo

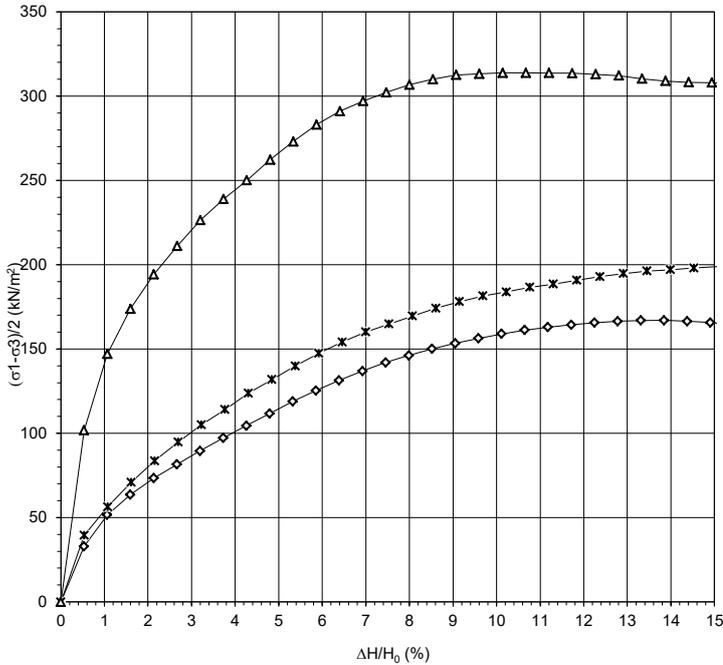


Diagramma della variazione della pressione interstiziale

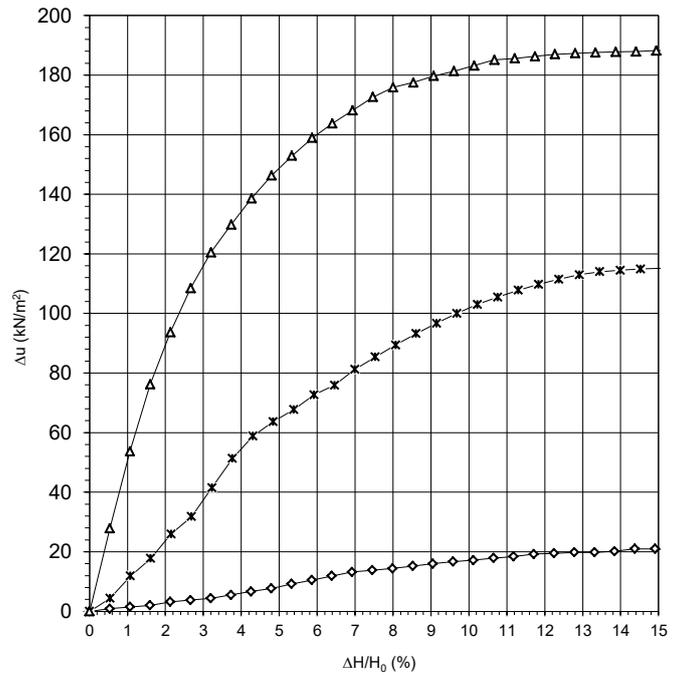
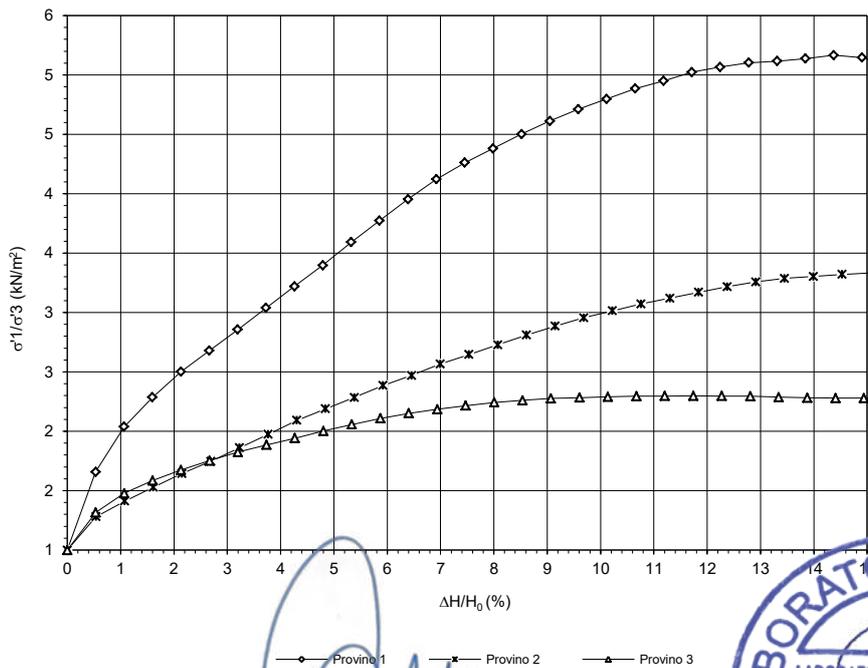


Diagramma del rapporto degli sforzi principali in funzione della deformazione assiale dei provini



Data di emissione

31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor

Il Direttore del Laboratorio Dr. Ger. R. Fioriti

Azienda Certificata ISO 9001:2008 N. 30861

PS 85-01/1035 Rev.1

pag. 10/11

ALIG

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI  
INGEGNERIA E GEOTECNICA



**L.G.T. Laboratorio Geotecnico Srl**

Via Pasteur, 2 - 33050 Ruda (Udine) – tel. 0431 30151 email info@ellegiti.it PEC lgt@legalmail.it

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380/2001 art. 59, co. 2, lettera c-bis) ad eseguire e certificare le prove ed i controlli su strutture e costruzioni esistenti

Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su materiali da costruzioni

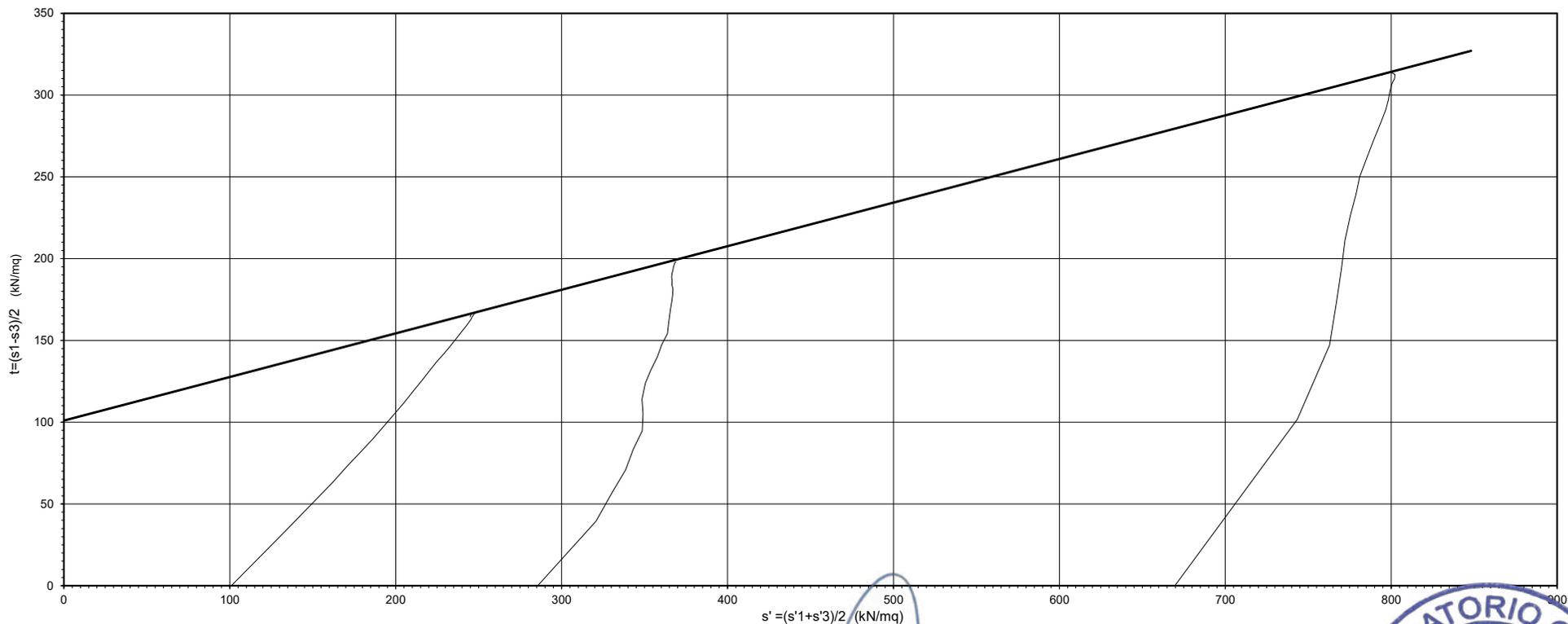
Autorizzato ai sensi dell'Art. 59 del DPR 380 del 06/06/2001 ad eseguire e certificare prove su terre e rocce

ALLEGATO AL CERTIFICATO N. 73925

Lavoro N. 13259/22

Verbale di Accettazione N. 17006/3

Su richiesta del Committente vengono forniti i valori derivanti dalla regressione lineare nella prova di taglio triassiale C.I.U.



Valori ricavati dalla regressione lineare  $\alpha = 15^\circ$   $b' = 101 \text{ kN/m}^2$   $\phi' = 15^\circ$   $c' = 105 \text{ kN/m}^2$

Data di emissione 31.03.22

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i. e norme collegate

Lo Sperimentatore Dr. A. Tentor Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. R. Fioriti

Certificazione ISO 9001:2000 n. 30861

pag. 11/11

ALIG

ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

PS 75-01/1016 Rev.1



**HHLA****PLT Italy**

HHLA PLT Italy s.r.l. via Miramare 5, 34145 Trieste

**ANALISI STORICO-DOCUMENTALE PER LA VALUTAZIONE DEL  
RISCHIO BELLICO RESIDUO DELL'OPERA**  
(Ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

AREA: Comune di Trieste – areale Ferriera di Servola

• ANALISI STORICO-DOCUMENTALE

V.INC.A. srls

TITOLO ELABORATO: <b>RELAZIONE TECNICA</b>				DATA: 12.11.2021
CODIFICA ELABORATO				
<b>STR</b>	<b>0522</b>	<b>RTC</b>	<b>001</b>	<b>0</b>
EMITTENTE	NR. COMMESSA	TIPO ELABORATO	NR. PROGRESSIVO	REV.

SERVIZIO TECNICO:

**CONSORZIO S.T.E.R.N.**

via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano (BZ)

e-mail: info@consorzio stern.it PEC: consorzio stern@pec.it

p.IVA: 02945340210 numero REA: 218776

**V.INC.A. srls / vGmbH**

Via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano (BZ)

**GEOSIDE GEOFISICA srl**

Contrà Borgo Sole 19, 35013 Cittadella (PD)

**BIOTTO srl**

Via Cavour, 121/B - 30010 Camponogara (VE)

**ECOGAIA srl**

Via Cantù, 2B - 35010 Cadoneghe (PD)

**ARCHEODRONE snc**

Via della Croce Rossa 42 - 35129 Padova (PD)

REV. N.	DATA	DESCRIZIONE	RED.	APPR.	TIMBRE E FIRMA:
00	12.11.2021	PRIMA EMISSIONE	RRM/LF	RRM	

## 1 INDICE

1	INDICE .....	2
2	GENERALITA' .....	3
3	FINALITA' .....	3
4	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	4
	4.1 Legge N. 177/2012 .....	5
	4.2 D.M. nr.82 del 11 maggio 2015 (Regolamento attuativo messa in sicurezza) .....	5
5	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	7
6	INQUADRAMENTO STORICO .....	10
	6.1 CENNI STORICI .....	10
	6.1.1 CITTÀ DI TRIESTE .....	10
	6.1.2 PORTO DI TRIESTE .....	16
	6.2 ATTIVITA' BELLICA DOCUMENTATA.....	19
	6.2.1 PRIMA GUERRA MONDIALE .....	19
	6.2.2 SECONDA GUERRA MONDIALE .....	22
	6.3 ATTIVITA' AEREA SECONDA GUERRA MONDIALE .....	31
	6.4 ARCHIVIO RINVENIMENTI MINISTERO DELLA DIFESA.....	55
7	INQUADRAMENTO DOCUMENTALE .....	56
8	CONCLUSIONI.....	62

## 2 GENERALITA'

Il **Consorzio S.T.E.R.N.** è stato incaricato dalla Committenza – HHLA PLT Italy s.r.l. - di eseguire un'attività di supporto tecnico amministrativo alla valutazione del rischio bellico residuo, prevista ad onere e cura del Coordinatore della Sicurezza in fase di progettazione, al fine di consentire allo stesso la definizione del livello di rischio applicabile all'intervento progettuale, ai sensi del T.U.S. 81/2008 come emendato dalla legge 177/2012, presente per l'area interessata dai lavori di ampliamento della piattaforma logistica, sita nel comune di Trieste, nella zona portuale.

L'attività di supporto alla valutazione di rischio bellico residuo consta, nel presente caso, di un'analisi storico-documentale del territorio in esame. Eventuali contestualizzazioni del rischio mediante indagini strumentali possono essere incaricate successivamente, in funzione delle risultanze della parte storica.

Titolare delle competenze professionali per la valutazione del rischio interferente è la società **V.INC.A. srls**, consorziata al citato consorzio, nella persona dello scrivente ing. Roberto Ricci Maccarini.

L'obiettivo della valutazione è quello di fornire, alla figura normativamente preposta alla valutazione del rischio bellico residuo, un supporto tecnico, secondo la specifica tecnica di seguito descritta. La valutazione consegue contestualmente le risultanze della parte storico documentale, ed eventualmente quelle – integrative – della parte strumentale.

Per la parte storica ci si avvale di elementi reperibili in letteratura, ma soprattutto dagli archivi ufficiali, sia del Ministero della Difesa italiano, sia della RAF e della USAAF, che conservano dati e immagini dei bombardamenti.

Per la parte documentale ci si avvale del confronto fra stato di progetto e stato di fatto, di dati reperibili o desumibili dalla morfologia del terreno, dall'antropizzazione del sito e dalla geologia dell'area.

## 3 FINALITA'

La presente specifica tecnica si pone l'obiettivo di eseguire una corretta valutazione preliminare del rischio bellico residuale ascrivibile all'area di progetto, al fine di permettere l'esecuzione dei lavori previsti in sicurezza e di determinare la necessità o meno di procedere in fase successiva con un intervento di messa in sicurezza convenzionale, definito da normativa tecnica vigente.

La compenetrazione tra i dati documentali [analisi storiografica], lo stato di fatto sovrapposto allo stato di progetto [analisi stato di fatto] ed i dati empirici raccolti su campo [analisi strumentale] permetterà la definizione di massima del grado di rischio bellico residuo dell'area progettuale.

L'analisi storiografica è eseguita mediante raccolta dati ed informazioni storiche prodotte da archivi ufficiali, escludendo informazioni non preventivamente censite, relative per esempio a memorialistica soggettiva (diari, scritti postumi) prodotta da singoli combattenti non suffragate da bibliografia ufficiale.

L'analisi documentale deve essere eseguita mediante la raccolta, integrazione, armonizzazione e valutazione complessiva dei dati messi a disposizione dalla committente, in relazione ai diversificati interventi di antropizzazione che hanno interessato o modificato il piano campagna esistente del sito oggetto di monitoraggio di campo, nel corso del periodo post-bellico.

L'eventuale analisi strumentale, da eseguirsi con metodi non invasivi, ricorrendo alle tecnologie disponibili dalla geofisica, consente di indagare l'effettiva presenza di masse metalliche riconducibili al target cercato, al fine di contestualizzare il rischio.

La successiva definizione di ulteriori eventuali interventi di antropizzazione in area progettuale resta unicamente ad arbitrio ed insindacabile giudizio del RUP [Responsabile Unico del Procedimento] e del CSP (Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione) figura legislativamente direttamente preposta, ai sensi della Legge n. 177, emanata in data 1° ottobre 2012, oggetto di successivo decreto di attuazione interministeriale (D.M. 82/2015).

## 4 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Le fonti del diritto in materia di valutazione del rischio bellico residuo sono le seguenti:

- Testo Unico Sicurezza [D. Lgs 81/2008];
- Legge N. 177 del 01 ottobre 2012;
- D.M. nr. 82 del 11 maggio 2015;
- Parere Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali in data 29 dicembre 2015;
- Linee guida per la VRB del C.N.I. del 26.05.2017 (aggiornamento luglio 2018).

L'obbligo legislativo associato a una responsabilità diretta vige a carico dell'ente proprietario o concessionario di un'area di pubblico godimento e consiste nella corretta ed esaustiva valutazione del rischio bellico residuale. La scelta progettuale finale sulla tipologia di attività o procedura definita, con la relativa assunzione di responsabilità, spetta unicamente alle figure responsabili preposte in nome e per conto dell'ente proprietario o concessionario delle aree oggetto di successiva antropizzazione [CSP / CSE].

#### 4.1 Legge N. 177/2012

In data 1° ottobre 2012 è stata approvata la Legge nr. 177 dal titolo “*Modifiche ed integrazioni del D.Lgs 81/2008 in materia di ordigni residuati bellici*” rinvenibili sul territorio nazionale. Il testo integrale è disponibile su G.U. nr. 244 del 18/10/2012. In sintesi il testo prevede le seguenti modifiche:

- a) Obbligo diretto a carico del C. S. P. (Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione) di eseguire la valutazione preliminare del rischio bellico residuale di un’area progettuale;
- b) Previsione del C. S. P., in caso di rischio residuo, di una messa in sicurezza convenzionale;
- c) Esclusiva competenza del Ministero Difesa in materia di procedure di messa in sicurezza;
- d) Predisposizione a cura del Ministero della Difesa di un sistema di qualificazione per imprese specializzate in bonifica bellica (in sostituzione dell’ex Albo A. F. A., soppresso in precedenza) dalla data della pubblicazione del decreto del Ministro della Difesa, di cui al comma due.

#### 4.2 D.M. nr.82 del 11 maggio 2015 (Regolamento attuativo messa in sicurezza)

In data 26 giugno 2015 è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale nr. 146 il decreto attuativo interministeriale (Decreto Ministero della Difesa, Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, nr. 82), emanato in data 11 maggio 2015, che produce i seguenti effetti giuridici:

- a) Conferisce piena efficacia giuridica alla Legge n 177/2012 (emendamento TUS – DLGS 81/2008) in materia di valutazione rischio bellico:
- b) Riorganizza integralmente il settore della messa in sicurezza (bonifica bellica preventiva e sistematica).

La piena efficacia di diritto attribuita alla Legge n 177/2012, modifiche ed integrazioni al T.U.S. in materia di Valutazione Rischio Bellico (V.R.B.) comporta a carico delle figure normative preposte (RUP/CSP) l’obbligo di procedere in sede preliminare così:

- ✓ *Valutare i rischi derivanti da possibile rinvenimento di ordigni bellici inesplosi nei cantieri temporanei o mobili (art 28 mod), interessati da attività di scavo, Art. 89 - com 1-a»;*
- ✓ *Prevedere, in presenza di rischio residuo non accettabile, la successiva attività di messa in sicurezza convenzionale (art 91 – comma 2).*
- ✓ *Inserire nel P.S.C. evidenza (specifico riferimento) alla valutazione dei rischi derivanti dal possibile rinvenimento di ordigni (art 100 comma 1).*
- ✓ *Verificare il possesso requisiti impresa certificata - accreditata, in nuovo albo da istituire presso il Ministero Difesa (art 104 – comma 4 bis).*
- ✓ *Inserire in elenco lavori che espongono i lavoratori a rischio di esplosione derivante dall’inesco accidentale di ordigno inesplosivo rinvenuto nelle attività di scavo (allegato I.)*

- ✓ *Inserire in fase analisi rischi aggiuntivi al rischio di esplosione derivante dall'innesco accidentale di un ordigno bellico inesplosivo rinvenuto nelle attività di scavo (allegato XII).*
- ✓ *In caso di livello di rischio inaccettabile, inserire ai sensi dell'art 25 del DLgs 81/2008 un costo per la messa in sicurezza convenzionale (bonifica bellica), negli oneri sicurezza non soggetti a ribasso (interpretazione giuridica prevalente).*

La valutazione del rischio bellico fornirà al Coordinatore della Sicurezza dell'opera gli strumenti necessari per definire il livello di rischio, secondo due tipologie standard:

- a) Livello di rischio accettabile per l'area oggetto di monitoraggio, nell'ipotesi in cui il rilievo geofisico non documenti la presenza di anomalie di cui a massa tipo a potenziale rischio bellico residuo; in tal caso non necessita un iter procedurale di messa in sicurezza convenzionale;
- b) Livello di rischio non accettabile, nell'ipotesi in cui il rilievo geofisico documenti la presenza di anomalie di campo magnetico di cui a massa tipo ascrivibile a rischio bellico residuo.

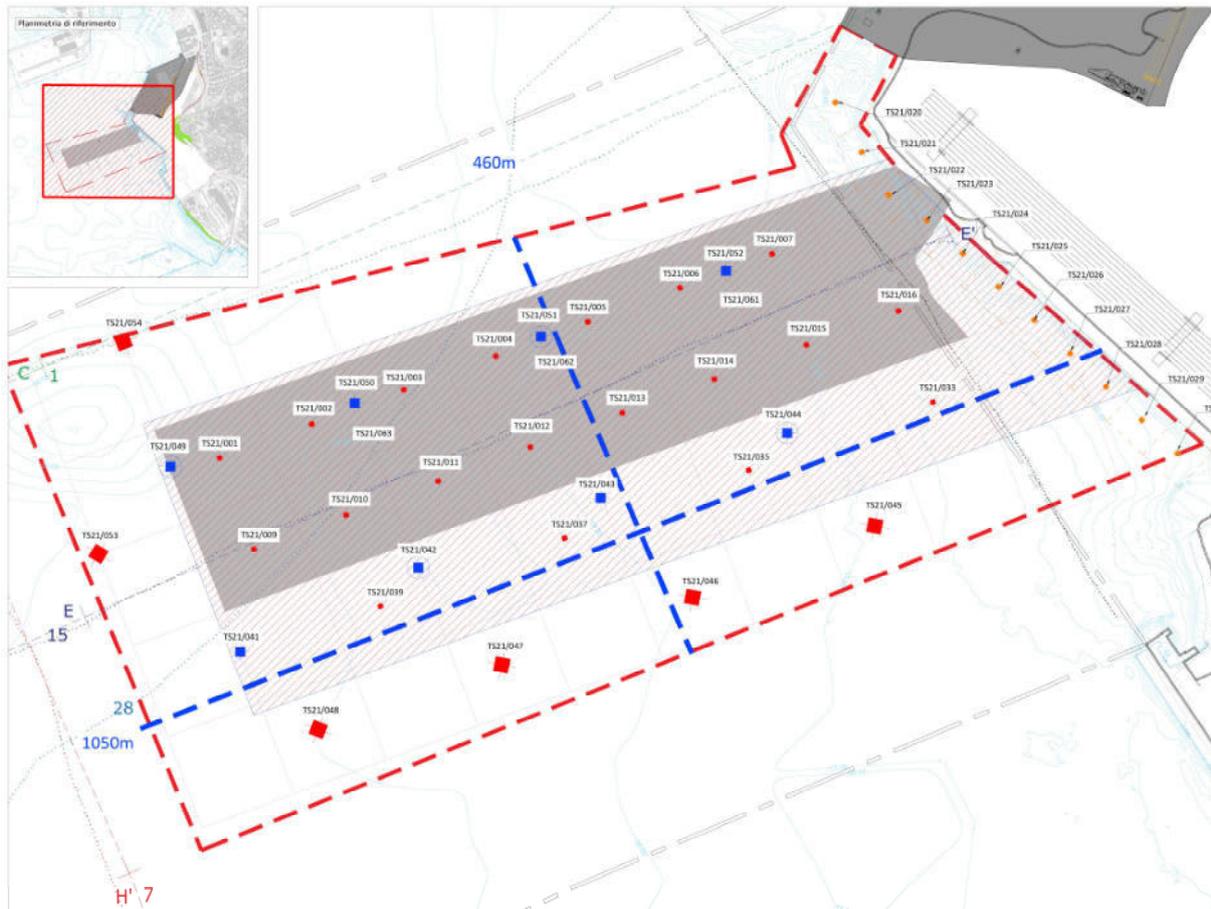
L'eventuale successiva messa in sicurezza convenzionale (BOB - *bonifica da ordigni bellici*), disciplinata ai sensi del D.Lgs 66/2010 e s.m.i. (D.Lgs 20/2012 – D.M. 82/2015), sarà eseguita secondo il "parere vincolante" dell'ente preposto, emanato a seguito attivazione di idoneo iter procedurale presso l'organo tecnico ministeriale competente (Ministero Difesa – 5° Reparto Infrastrutture – Ufficio BCM Padova).

## 5 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

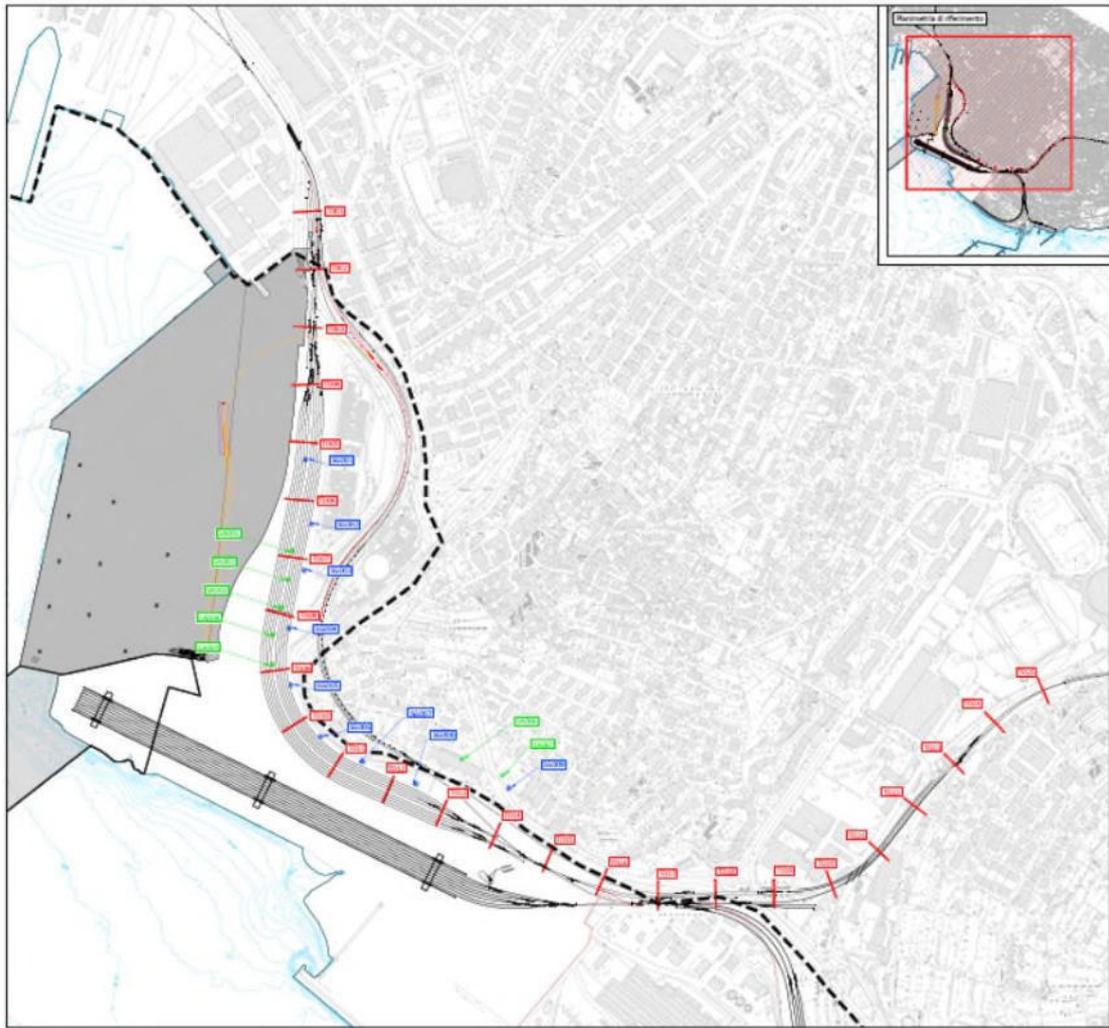
L'area d'interesse si trova nel comune di Trieste, sull'areale della Ferriera di Servola, nel porto di Trieste.



*Immagine 01 - Inquadramento zona*



*Immagine 02 - Inquadramento zona e area di intervento a mare (stralcio progetto)*



*Immagine 03 - Inquadramento zona e area di intervento a terra (stralcio progetto)*

## 6 INQUADRAMENTO STORICO

### 6.1 CENNI STORICI

#### 6.1.1 CITTÀ DI TRIESTE

Trieste è un comune italiano di circa 200 000 abitanti, affacciato sull'omonimo golfo nella parte più settentrionale dell'Alto Adriatico, a qualche chilometro dal confine con la Slovenia. E' il capoluogo della regione italiana a statuto speciale Friuli-Venezia Giulia.

Sin dal II millennio a.C. il territorio della provincia di Trieste fu sede di importanti insediamenti protostorici: i castellieri, villaggi arroccati sulle alture e protetti da fortificazioni in pietra, i cui abitanti appartenevano a popolazioni di probabile origine illirica e di stirpe indoeuropea. Fra il X e il IX secolo a.C. la popolazione autoctona entrò in contatto con un'altra etnia indoeuropea, i (Venetici, Heneti o Eneti), da cui venne notevolmente influenzata sotto il profilo culturale.

Con le conquiste militari dell'Illiria da parte dei Romani, i cui episodi più salienti furono la guerra contro la pirateria degli Istri del 221 a.C., la fondazione di Aquileia nel 181 a.C. e la guerra istrica del 178-177 a.C., ebbe inizio un processo di romanizzazione ed assimilazione delle popolazioni preesistenti.

Tergeste fu colonizzata alla metà del I secolo a.C. in epoca cesariana (Regio X Venetia et Histria), ed è probabile che la fortezza principale fosse situata sulle pendici del colle di San Giusto. I Tergestini sono menzionati nel De bello Gallico di Giulio Cesare, a proposito di una precedente invasione forse di Giapidi: "Chiamò T. Labieno e mandò la legione quindicesima (che aveva svernato con lui) nella Gallia Cisalpina, a tutela delle colonie dei cittadini romani, per evitare che incorressero, per incursioni di barbari, in qualche danno simile a quello che nell'estate precedente era toccato ai Tergestini che, inaspettatamente, avevano subito irruzioni e rapine". (CAES. Gall. 8.24).

Tergestum fu citata poi da Strabone, geografo attivo in età augustea, che la definì come phrourion (avamposto militare) con funzioni di difesa e di snodo commerciale.

Tergeste si sviluppò e prosperò in epoca imperiale, imponendosi come uno dei porti più importanti dell'alto Adriatico sulla via Popilia-Annia. Il nucleo abitativo nel 33 a.C. venne cinto da alte mura (ancora visibile la porta meridionale, il cosiddetto Arco di Riccardo) da Ottaviano Augusto (murum turesque fecit) e venne arricchito da importanti costruzioni quali il Foro ed il Teatro.

Dopo la caduta dell'Impero Romano d'Occidente, la città passò sotto il controllo dell'impero bizantino fino al 788, quando venne occupata dai franchi. Nel 1098 risultava già diocesi vescovile con il nome latino di Tergestum. Nel XII secolo divenne un Libero Comune e dopo secoli di battaglie contro la rivale Venezia, Trieste si pose sotto la protezione (1382) del duca d'Austria conservando però una notevole autonomia fino al XVII secolo.

Nel 1719 divenne porto franco ed in quanto unico sbocco sul mare Adriatico dell'Impero Austriaco,



*Immagine 04 – Stampa storica – Vista di Trieste nel 1756*

Trieste fu oggetto di investimenti e si sviluppò diventando, nel 1867, capoluogo della regione del Litorale Adriatico dell'impero (l'"Adriatisches Küstenland"). Nonostante il suo stato privilegiato di unico porto commerciale della Cisleithania e primo porto dell'Austria-Ungheria, Trieste conservò sempre in primo piano, nei secoli, i legami culturali con l'Italia; infatti, anche se la lingua ufficiale della burocrazia era il tedesco, l'italiano era la lingua del commercio e della cultura. Nel XVIII secolo il dialetto triestino (dialetto di tipo veneto) sostituì il tergestino, l'antico dialetto locale di tipo retoromanzo. Il triestino, parlato anche da scrittori e filosofi, continua ad essere tuttora l'idioma più

usato in ambito familiare e in molti contesti sociali di natura informale e talvolta anche formale, affiancandosi, in una situazione di diglossia, all'italiano, lingua amministrativa e principale veicolo di comunicazione nei rapporti di carattere pubblico.

Trieste fu, con Trento, oggetto e al tempo stesso centro di irredentismo, movimento che, negli ultimi decenni del XIX secolo e agli inizi del XX aspirava ad un'annessione della città all'Italia. Ad alimentare l'irredentismo triestino erano soprattutto le classi borghesi in ascesa (ivi compresa la facoltosa colonia ebraica), le cui potenzialità ed aspirazioni politiche non trovavano pieno soddisfacimento all'interno dell'Impero austro-ungarico. Quest'ultimo veniva visto da molti come un naturale protettore del gruppo etnico slavo (verbali del consiglio dei ministri imperiali asburgici del 1866, dopo la perdita di Venezia, per ridurre dove possibile l'influenza dell'elemento italiano, in favore di quello germanico o slavo quando questi fossero presenti) che viveva sia in città che in quelle zone multietniche che costituivano il suo immediato retroterra (che iniziò ad essere definito in quegli anni con il termine di Venezia Giulia).

L'imperatore Francesco Giuseppe ordinò infatti una politica di "germanizzazione" e "slavizzazione" che andava contro gli Italiani che vivevano nel suo impero. Il sovrano ordinò: "si operi nel Tirolo del Sud, in Dalmazia e sul Litorale per la germanizzazione e la slavizzazione [Germanisierung oder Slawisierung] di detti territori [...], con energia e senza scrupolo alcuno": così recitava il verbale del Consiglio della Corona del 12 novembre 1866. Il termine "Litorale" era impiegato nell'amministrazione asburgica per indicare la Venezia Giulia, quindi anche Trieste. Fra le molte misure di germanizzazione e slavizzazione promosse dal governo e dall'amministrazione asburgica vi furono delle espulsioni di massa imposte dal governatore triestino, principe Hohenlohe, che provocarono la fuoriuscita forzata di circa 35.000 italiani da Trieste fra il 1903 ed il 1913. Nel 1913, dopo un altro decreto del principe Hohenlohe che prevedeva espulsioni d'Italiani, i nazionalisti slavi suoi sostenitori tennero un pubblico comizio contro l'Italia, per poi svolgere una manifestazione al grido di "Viva Hohenlohe! Abbasso l'Italia! Gli Italiani al mare!", tentando poi di assalire lo stesso Consolato italiano.

Si ebbero inoltre altre iniziative repressive o discriminatorie nei confronti degli italiani, fra cui anche episodi di violenza e vittime. A Trieste tra il 10 e il 12 luglio 1868, si ebbero violenze sugli Italiani da parte di soldati asburgici arruolati fra gli sloveni locali, che provocarono diversi morti e un gran numero di feriti fra gli italiani. Una delle vittime, Rodolfo Parisi, fu massacrato con 26 colpi di baionetta. L'impero cercò inoltre di diffondere il più possibile scuole tedesche (esistevano scuole medie tedesche anche a Trieste, come in molte altre località limitrofe) od in alternativa slovene e croate, tagliando i fondi alle scuole italiane od anche proibendone la costruzione, proprio per cancellare la cultura italiana, così come avveniva negli stessi anni in Dalmazia. Gli stessi libri di testo furono sottoposti a rigide forme di censura, con esiti paradossali, come l'imposizione di studiare la letteratura italiana su testi tradotti dal tedesco o la proibizione di studiare la stessa storia di Trieste, perché ritenuta "troppo italiana". L'autonomia triestina venne ad essere

drasticamente ridotta dal "centralismo viennese" che "aveva attentato" sin dal 1861 "ai resti della vita autonomistica, specialmente a Trieste". Infatti, era volontà del governo austriaco di "indebolire i poteri e la forza politica ed economica del comune di Trieste controllato dai nazionali-liberali Italiani, ritenendolo giustamente il cuore del liberalismo nazionale in Austria e delle tendenze irredentiste". Questo prevedeva anche la recisione degli "stretti rapporti politici, culturali e sociali fra i liberali triestini e l'Italia". Poiché all'interno della comunità ebraica triestina erano diffuse idee irredentiste e filotaliane, le autorità imperiali cercarono anche di diffondere l'antisemitismo in funzione antirredentista ed antitaliana.

In realtà agli inizi del Novecento il gruppo etnico sloveno era in piena ascesa demografica, sociale ed economica, e, secondo il discusso censimento del 1910, costituiva circa la quarta parte dell'intera popolazione triestina. Ciò spiega come l'irredentismo assunse spesso, nella città giuliana, dei caratteri marcatamente anti-slavi che vennero perfettamente incarnati dalla figura di Ruggero Timeus. La convivenza fra i vari gruppi etnici che aveva da secoli contraddistinto la realtà sociale di Trieste (e di Gorizia) subì, pertanto, un generale deterioramento fin dagli anni che precedettero la Prima guerra mondiale.

Nel 1918 il Regio esercito entrò a Trieste acclamato dalla maggioranza della popolazione, che era di sentimenti italiani. La sicura imminente annessione della città e della Venezia Giulia all'Italia fu però accompagnata da un ulteriore inasprimento dei rapporti tra il gruppo etnico italiano e quello sloveno, traducendosi talvolta anche in scontri armati. A tale proposito furono emblematici, il giorno 13 aprile 1920, i disordini scoppiati a Trieste in seguito di un attentato contro l'esercito italiano di stanza a Spalato, che aveva causato due vittime fra i militari. Durante i disordini, contraddistinti da un marcato carattere anti-slavo, un gruppo di squadristi triestini presidiò l'Hotel Balkan, ove aveva sede il Narodni dom (Casa Nazionale), centro culturale degli sloveni e delle altre nazionalità slave locali, che fu dato alle fiamme. «Il rogo...mostra con le fiamme, che ben si possono scorgere da diversi punti della città, la forza del fascismo in attesa».

Con la firma del Trattato di Rapallo del novembre 1920, Trieste passò definitivamente all'Italia, inglobando, nel proprio territorio provinciale, zone dell'ex Contea di Gorizia e Gradisca, dell'Istria e della Carniola.

Il periodo tra la prima e la Seconda guerra mondiale fu segnato da numerose difficoltà per Trieste. L'economia della città fu colpita infatti dalla perdita del suo secolare entroterra economico; ne soffrì soprattutto l'attività portuale e commerciale, ma anche il settore finanziario. Trieste perse la sua tradizionale autonomia comunale e cambiò anche la propria configurazione linguistica e culturale; quasi la totalità della comunità germanofona lasciò infatti la città dopo l'annessione all'Italia; con l'avvento del fascismo l'uso pubblico delle lingue slovena e tedesca fu proibito e vennero chiuse le scuole, i circoli culturali e la stampa della comunità slovena. Moltissimi sloveni così emigrarono nel vicino Regno di Jugoslavia. Un fenomeno analogo si era avuto, poco prima, ma in senso inverso, con la fuga dei dalmati italiani dalle loro ataviche terre, dinnanzi alle persecuzioni attuate dai

serbocroati, una volta che la Dalmazia era stata annessa al regno di Jugoslavia. Dalla fine degli anni '20, cominciò l'attività sovversiva dell'organizzazione antifascista e irredentista sloveno-croata TIGR, con alcuni attentati dinamitardi anche nel centro cittadino.

Nonostante i problemi economici e il teso clima politico, la popolazione della città crebbe negli anni '20 del Novecento, grazie soprattutto all'immigrazione da altre zone dell'Italia. La prima metà degli anni trenta furono invece anni di ristagno demografico, con una leggera flessione della popolazione dell'ordine di circa l'1% su base quinquennale (nel 1936 si contarono infatti quasi duemila abitanti in meno che nel 1931). Nello stesso periodo, e successivamente, fino allo scoppio della Seconda guerra mondiale, furono portate avanti alcune importanti opere urbanistiche; tra gli edifici più rilevanti vanno ricordati il palazzo dell'Università e il Faro della vittoria. Con l'introduzione delle leggi razziali fasciste del 1938, la vita culturale ed economica della città subì un ulteriore degrado dovuto all'esclusione della comunità ebraica dalla vita pubblica.

Nel periodo che va dall'armistizio (8 settembre 1943) all'immediato dopoguerra, Trieste fu al centro di una serie di vicende che hanno segnato profondamente la storia del capoluogo giuliano e della regione circostante e suscitano tuttora accesi dibattiti. Nel settembre del 1943 la Germania nazista occupò senza alcuna resistenza la città che venne a costituire, insieme a tutta la Venezia Giulia una zona di operazioni di guerra, l'OZAK (Operationszone Adriatisches Küstenland), alle dirette dipendenze del Gauleiter di Carinzia Friedrich Rainer. Egli tollerò in città la ricostituzione di una sede del PFR, diretta dal federale Bruno Sambo, la presenza di un'esigua forza di militari italiani al comando del generale della GNR Giovanni Esposito e l'insediamento di un reparto della Guardia di Finanza. Si riservò però la nomina del podestà, nella persona di Cesare Pagnini, e del prefetto della provincia di Trieste, Bruno Coceani, entrambi ben accetti ai fascisti locali, alle autorità della RSI e allo stesso Mussolini, che conosceva personalmente Coceani. Durante l'occupazione nazista la Risiera di San Sabba - oggi Monumento Nazionale e museo - venne destinata a campo di prigionia e di smistamento per i deportati in Germania e Polonia e per detenuti politici, partigiani italiani e slavi. La presenza del forno crematorio nella Risiera testimonia che non fu utilizzata solo come luogo di smistamento e di detenzione di prigionieri, ma anche come campo di sterminio. Si tratta dell'unico campo di concentramento nazista presente in territorio italiano. In seguito, nei primi anni '50 la Risiera fu usata come campo profughi per gli esuli istriani, fiumani e dalmati in fuga dai territori passati alla sovranità jugoslava.

L'insurrezione dei partigiani italiani e jugoslavi a Trieste fu contraddistinta da uno svolgimento anomalo. Il 30 aprile 1945 il Comitato di Liberazione Nazionale del quale era presidente don Edoardo Marzari, composto da tutte le forze politiche antifasciste con l'eccezione dei comunisti, proclamò l'insurrezione generale; al tempo stesso le brigate dei partigiani jugoslavi con l'appoggio del PCI attaccarono dall'altipiano. Gli scontri si registrarono principalmente nelle zone di Opicina (sull'altipiano carsico), del Porto Vecchio, del castello di San Giusto e dentro il Palazzo di Giustizia, in città. Tutto il resto della città fu liberato. Il comando tedesco si arrese solo il 2 maggio alle

avanguardie neozelandesi, che precedettero di un giorno l'arrivo del generale Freyberg. Le brigate partigiane jugoslave di Tito erano già giunte a Trieste il 1° maggio e i suoi dirigenti convocarono in breve tempo un'assemblea cittadina composta da cittadini jugoslavi e da due italiani. Questa assemblea proclamò la liberazione di Trieste, così presentando i partigiani di Tito come i veri liberatori della città agli occhi degli alleati spingendo i partigiani non comunisti del CLN a rientrare nella clandestinità.

Gli jugoslavi esposero sui palazzi la bandiera jugoslava, il Tricolore italiano con la stella rossa al centro e le bandiere rosse con la falce e martello. Le brigate jugoslave, giunte a Trieste a marce forzate per precedere gli anglo-americani nella liberazione della Venezia Giulia, non contenevano nessuna unità partigiana italiana inserita nell'Esercito jugoslavo, mandate invece a operare altrove, benché molti triestini (italiani e sloveni) vi fossero compresi. Gli alleati (nello specifico la Seconda divisione neozelandese, che fu la prima ad arrivare in città), riconobbero che la liberazione era stata compiuta dai partigiani di Tito e in cambio chiesero e ottennero la gestione diretta del porto e delle vie di comunicazione con l'Austria (infatti, non essendo ancora a conoscenza del suicidio di Hitler, gli angloamericani stavano preparando il passo ad un'invasione dell'Austria e quindi della Germania). L'esercito jugoslavo assunse i pieni poteri. Nominò un Commissario Politico, Franc Štoka, membro del partito comunista. Il 4 maggio vennero emanati dall'autorità jugoslava a Trieste, il Comando Città di Trieste (Komanda Mesta Trst) gli ordini 1, 2, 3 e 4 che proclamano lo stato di guerra, impongono il coprifuoco (a combattimenti terminati) e uniformano il fuso orario triestino a quello jugoslavo. Limitarono la circolazione dei veicoli e prelevarono dalle proprie case numerosi cittadini, sospettati di nutrire scarse simpatie nei confronti della ideologia che guidava le brigate jugoslave. Fra questi non vi furono solo fascisti o collaborazionisti, ma anche combattenti della Guerra di Liberazione.

L'otto maggio proclamarono Trieste città autonoma in seno alla Repubblica Federativa di Jugoslavia. Sugli edifici pubblici fecero sventolare la bandiera Jugoslava affiancata dal Tricolore italiano con la stella rossa al centro. La città visse momenti difficili, di gran timore, con le persone dibattute tra idee profondamente diverse: l'annessione alla Jugoslavia o il ritorno all'Italia. In questo clima si verificarono confische, requisizioni e arresti sommari. Vi furono anche casi di vendette personali, in una popolazione esasperata dagli eventi bellici e dalle contrapposizioni del periodo fascista. Invano i triestini sollecitarono l'intervento degli Alleati. Il comando alleato e quello jugoslavo raggiunsero infine un accordo provvisorio sull'occupazione di Trieste. Il 9 giugno 1945 a Belgrado, Josip Broz Tito, verificato che Stalin non era disposto a sostenerlo, concluse l'accordo con il generale Alexander che portò le truppe jugoslave a ritirarsi dietro la linea Morgan. Gli alleati assunsero allora il controllo della Città e del suo hinterland.

Le rivendicazioni jugoslave e italiane nonché l'importanza del porto di Trieste per gli Alleati furono la spinta nel 1947, sotto l'egida dell'ONU, alla istituzione del "Territorio libero di Trieste" (TLT). Per l'impossibilità di nominare un Governatore scelto in accordo tra angloamericani e sovietici, il TLT

rimase diviso in due zone d'occupazione militare: la Zona A amministrata dagli Angloamericani e la Zona B amministrata dagli jugoslavi.

Tale situazione si protrasse fino al 1954 quando il problema venne risolto confermando la spartizione del territorio libero di Trieste secondo le due zone già assegnate: anzi, furono incorporati alla Jugoslavia alcuni villaggi della zona A (Albaro Vescovà, San Servolo, Crevatini, Elleri, Plavie, Ancarano e Valle Oltra) appartenenti al comune di Muggia, che vide in tal modo dimezzato il proprio territorio. La frontiera fra la zona assegnata all'amministrazione italiana e quella occupata dalla Jugoslavia venne così a passare sui rilievi che sovrastavano la periferia meridionale della cittadina istriana.

Tale situazione provvisoria fu resa definitiva nel 1975, col Trattato di Osimo stipulato tra l'Italia e la Jugoslavia, nel quale si dichiarava il definitivo ritorno della città all'Italia. Nel 1962 Trieste divenne capoluogo della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia.

Nel 2004, assieme ad altri Paesi, la Slovenia entra a far parte dell'Unione Europea e solo 3 anni più tardi la vicina Repubblica aderisce ai trattati di Schengen, facendo perdere quindi a Trieste la sua decennale posizione di città di confine.



*Immagine 05 – Trieste*

### 6.1.2 PORTO DI TRIESTE

Il Porto di Trieste, nell'immaginario collettivo, è legato alla fama internazionale raggiunta nel primo decennio del XIX secolo in qualità di primo Porto dell'impero Austro-Ungarico, quando giunse ad essere il 7° Porto del mondo ed il 2° Porto del Mediterraneo dopo Marsiglia, per movimentazione di merci.

Questa favorevole circostanza trovò origine agli inizi del XVIII secolo in seguito all'emanazione della "Patente di Porto Franco" da parte dell'imperatore Carlo VI d'Austria. Da allora e fino ad oggi il regime di Porto franco è rimasto prerogativa e caratteristica peculiare del Porto di Trieste. Nella seconda metà del XIX secolo lo scalo triestino, grazie al collegamento ferroviario con Vienna, assunse una prevalente funzione di transito, che spinse le autorità asburgiche a dare il via al primo grande piano di ampliamento delle strutture portuali: tra il 1868 e il 1883, su progetto di Paul Talabot, venne quindi realizzato il complesso oggi noto come Porto Vecchio. Come risposta al fiorire dei traffici con il Medio ed Estremo Oriente, favorito dall'apertura nel 1869 del canale di Suez, si rese presto necessaria un'ulteriore espansione degli impianti del Porto. Avviato agli albori del '900, questo progetto venne completato in gran parte solo negli anni '20 e '30 del XIX secolo dopo il ritorno di Trieste all'Italia: nacque così il Porto Nuovo. Superate le distruzioni della Seconda guerra mondiale, che ne aveva dimezzato la capacità operativa, il Porto riemerse nel suo sviluppo adattandosi alle mutate condizioni geopolitiche. Un salto di qualità nel volume dei traffici venne compiuto alla fine degli anni '60, con l'apertura dell'oleodotto transalpino, e agli inizi degli anni '70, con il completamento del terminal contenitori. In seguito, il Porto si arricchì di nuove infrastrutture funzionali alle esigenze della moderna logistica, quali il terminal multifunzionale nel Porto Vecchio e il terminal per navi Ro-Ro/ferry di Riva Traiana. L'inizio del nuovo secolo registrò, anno dopo anno, un forte sviluppo dei servizi ferroviari intermodali, da una parte, e dei traffici passeggeri e del turismo legato al mare (diporto e crociere) dall'altra. Questo profilo complesso, fatto di sedimentazione storica, competenze tecniche e risorse materiali, rappresenta il punto di forza su cui oggi il Porto di Trieste può contare per recuperare pienamente il suo ruolo tradizionale di centralità nello spazio economico europeo e mediterraneo. Situato nel cuore dell'Europa, nel punto d'incontro fra le rotte marittime e i corridoi europei, Adriatico-Baltico e Mediterraneo, il Porto di Trieste è un hub internazionale di snodo per i flussi dell'interscambio terra-mare che interessano il dinamico mercato del Centro ed Est Europa. L'intensificarsi degli scambi commerciali e del traffico marittimo tra il Far East e l'Europa, nonché l'allargamento ad Est dell'Unione Europea hanno rilanciato la centralità dell'Alto Adriatico e hanno aperto a Trieste rinnovate possibilità di crescita e sviluppo. In questo quadro Trieste gioca un ruolo decisivo su due distinte catene logistiche: i collegamenti marittimi intercontinentali a lungo raggio e le relazioni a corto-medio raggio intra-mediterranee. L'incontro tra gli assi strategici TEN-T delle "Autostrade del mare del Mediterraneo Orientale" ed i corridoi europei Adriatico-Baltico e Mediterraneo determina la crescita dell'intermodalità e lo sviluppo di soluzioni innovative nel campo della logistica e dei trasporti. Trieste è capolinea di collegamenti oceanici regolari e diretti con Cina, Estremo Oriente, Singapore, Malesia, con scali anche in numerosi porti del bacino mediterraneo (Albania, Slovenia, Croazia, Grecia, Turchia, Egitto, Libano, Israele, ecc.) effettuati dalle principali Compagnie di navigazione mondiali. Oltre 160 treni al mese collegano Trieste con le aree produttive ed industriali del Nord-Est italiano e del Centro Europa, con diverse destinazioni, quali Germania, Austria, Repubblica Ceca, Ungheria, Svizzera e Lussemburgo, servendo un hinterland economico in

crescente sviluppo ed estremamente articolato. Per raggiungere i mercati di riferimento nel Centro-Est Europa sono stati sviluppati servizi intermodali ad alta specializzazione con treni diretti organizzati dalla Società Alpe Adria S.p.a., operatore neutrale multi-cliente, che offre pacchetti “all-in” con resa e frequenza garantite.

Il Porto di Trieste dispone di una rete ferroviaria interna (70 km di binari) integrata con la rete nazionale e internazionale, che permette a tutte le banchine di essere servite da binari con possibilità di smistamento e/o composizione dei treni direttamente nei vari terminali; l'efficienza della rete viaria è garantita, invece, da un raccordo diretto e da una strada sopraelevata (interni al Porto) che si immettono nel sistema stradale esterno, in collegamento diretto con la rete autostradale. Fondali profondi fino a 18 metri, eccellente accessibilità nautica, ottimi raccordi ferroviari e stradali, vicinanza ai mercati di sbocco, fanno del Porto di Trieste uno scalo efficiente e competitivo. Trieste, crocevia naturale tra Oriente e Occidente, si propone quale porta d'accesso preferenziale dell'Europa verso i mercati del Far East. In questo senso il Porto di Trieste può offrire un risparmio di cinque giorni di navigazione sulle rotte tra Europa ed Asia orientale, rispetto agli scali del Nord Europa. Per una linea di navi portacontainer da 6.000 TEU ciò si traduce in un risparmio economico sui costi di nolo e di carburante di oltre 25 milioni di dollari all'anno.

La Commissione Europea ha inserito il progetto per la realizzazione di un corridoio che colleghi la zona adriatica con quella baltica all'interno delle priorità strategiche dell'intera Unione Europea. Il Corridoio Adriatico-Baltico attraverserà 19 regioni in 5 Paesi membri (Polonia, Repubblica Ceca, Slovacchia, Austria e Italia) e conetterà più di 40 milioni di abitanti in Europa collegando i due porti di Danzica e Gdynia, terminali Nord del Corridoio, allo scalo di Trieste, innescando così nuove crescite economiche in tutto il territorio attraversato dalla direttrice. Il Corridoio Adriatico-Baltico è un progetto chiave per il rilancio dei traffici tra i porti del Baltico e quelli dell'Adriatico perché agevolerà lo smistamento delle merci in arrivo dalla Cina attraverso il Canale di Suez verso tutto il Centro Europa. Per Trieste, terminal logistico privilegiato, rappresenterà un'opportunità di grande crescita grazie ad una lunga e importante via di comunicazione che collegherà Trieste con il Nord Europa. Una parte della merce trasportata potrà essere lavorata durante il transito avviandosi così un flusso “pilotato” di materiale a cui assicurare un substrato di aziende che possano provvedere alla trasformazione delle stesse. La Regione Friuli-Venezia Giulia, di cui Trieste è capoluogo, è oggi una delle poche aree dell'Unione Europea ad essere interessate da due grandi direttrici ferroviarie europee. Il Corridoio Mediterraneo è un progetto per il trasporto ferroviario di merci che si snoda, per circa 3000 Km, attraverso cinque paesi dell'Unione Europea: Spagna, Francia, Italia, Slovenia e Ungheria. In particolare, il Corridoio ha origine dal sud della Spagna, percorre la Francia meridionale e attraversa il nord dell'Italia lungo il tracciato ad alta velocità ed a alta capacità (AV/AC) Torino-Trieste per poi sfociare in Slovenia e proseguire verso l'Ungheria attestandosi al confine con l'Ucraina. Il tracciato è il risultato del prolungamento a sud del progetto prioritario europeo 6 (asse ferroviario Lione-frontiera Ucraina). Questa nuova linea (AV/AC) permetterà all'Italia di accedere alla Francia ed alla Slovenia e nel tracciato italiano sarà

raccordata con altri corridoi europei. In particolare, consentirà di raccordare Trieste con il Corridoio Adriatico-Baltico.

L'ambito specifico oggetto di analisi si colloca all'interno del porto di Trieste, e rappresenta più imponente infrastruttura portuale in fase di costruzione in questi anni in Italia e diverrà il secondo terminal per estensione del porto di Trieste, dietro soltanto al Molo Settimo.



*Immagine 06 – Trieste il porto*

## 6.2 ATTIVITA' BELLICA DOCUMENTATA

### 6.2.1 PRIMA GUERRA MONDIALE

La collocazione geografica di Trieste, sulla costa settentrionale dell'Adriatico, e lo sviluppo del suo commercio marittimo, programmato e sostenuto dalla monarchia asburgica, ha determinato il suo status di grande centro urbano e industriale che, all'inizio del Novecento, era tra i maggiori del vasto impero centroeuropeo. Nell'estate del 1914 la città fu partecipe dell'evento che condusse alla guerra, in quanto l'arciduca Francesco Ferdinando partì dal porto di Trieste, la mattina del 24 giugno 1914, con la corazzata «Viribus Unitis», per raggiungere la foce del fiume Neretva e poi dirigersi a Sarajevo; con la stessa nave, dopo l'attentato fatale nel capoluogo bosniaco, le salme dell'arciduca e della moglie furono trasportate a Trieste, lungo le cui strade si svolse – il 2 luglio – un imponente corteo funebre fino alla stazione meridionale, da dove i due feretri vennero condotti a Vienna.

L'inizio delle ostilità a fine luglio coinvolse tutti i territori della monarchia asburgica, in primo luogo con la restrizione dei diritti civili: l'inviolabilità del proprio domicilio venne sospesa, fu vietata l'attività delle associazioni e vennero limitati i movimenti dei cittadini,

La crisi economica più grave fu determinata dal blocco dei traffici marittimi; molti piroscafi in navigazione furono costretti a trovare rifugio in porti ancora neutrali, mentre altri vennero catturati fin dai primi mesi di guerra, provocando la riduzione dei commerci internazionali e in parte dei rifornimenti alimentari di Trieste e del Litorale.

Nel 1918 il Regio esercito entrò a Trieste acclamato dalla maggioranza della popolazione, che era di sentimenti italiani. La sicura imminente annessione della città e della Venezia Giulia all'Italia fu però accompagnata da un ulteriore inasprimento dei rapporti tra il gruppo etnico italiano e quello sloveno, traducendosi talvolta anche in scontri armati.

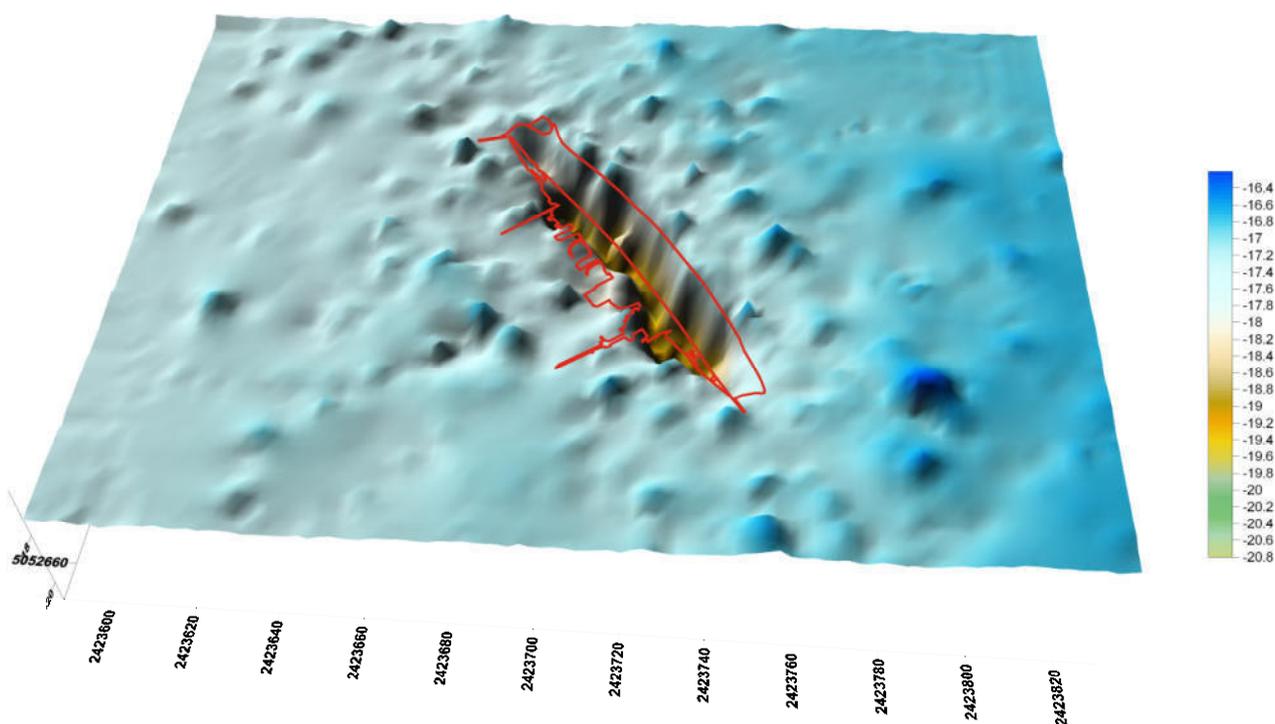
**Di particolare interesse è la storia della Corazzata Wien:** nave da battaglia della classe Monarch della Marina militare dell'impero austro-ungarico, la corazzata Wien venne affondata dalla Mas di Luigi Rizzo la notte fra il 10 e l'11 dicembre 1917 mentre si trovava alla fonda nella baia di Muggia, a Trieste. Varata nel 1895 e classificata come unità da difesa costiera, nell'agosto del 1917 assieme alla gemella Budapest era stata assegnata a Trieste. Il 6 novembre aveva attaccato la batteria costiera italiana di Cortellazzo, alle foci del Piave, azione che convinse i comandi italiani a neutralizzare definitivamente sia il Wien che il Budapest. Il compito venne affidato all'allora sottotenente di vascello Luigi Rizzo che la sera del 10 dicembre partì al comando di due motoscafi Mas, il Mas 9 e il Mas 13, per attaccare le due navi austriache ancorate nel Vallone di Muggia. I Mas partirono da Venezia al traino di due torpediniere fino al centro del golfo di Trieste, poi in piena notte proseguirono con i motori elettrici raggiungendo la diga nord della baia. Superata la diga ed elusa la sorveglianza armata, dopo due ore di sforzi per tagliare e superare anche i cavi d'acciaio delle ostruzioni i Mas oltrepassarono il varco e attaccarono nell'oscurità le navi alla fonda. Il Mas 9 di Rizzo lanciò due siluri contro il Wien e altrettanto fece il Mas 13 contro il Budapest: il primo colpì il bersaglio ma il secondo lo mancò. La corazzata Wien affondò in soli cinque minuti portando con sé 33 uomini d'equipaggio, mentre i naufraghi sopravvissuti raggiunsero la riva a nuoto. I due Mas riuscirono a sfuggire alla reazione della difesa costiera austriaca e a rientrare alla base. Per l'azione Rizzo fu insignito della Medaglia d'Oro al Valor Militare. Molti fra i marinai imbarcati sul Wien erano triestini, allora sudditi dell'Impero austro-ungarico.

Nel 1925 vennero recuperati come pezzi di ricordo lo sperone di prua e il pezzo della poppa riportante il nome della corazzata. Il primo venne regalato a D'Annunzio per il suo Vittoriale, mentre il secondo è oggi conservato al Museo storico navale di Venezia.

Inoltre, vennero recuperati altri pezzi come la fiancata colpita dai siluri ed alcuni frammenti murati poi nella diga foranea di Muggia che prese poi il nome di Rizzo.

La demolizione del relitto proseguì fino agli anni '50 quando, tra il 1953 e il 1955, fu utilizzato anche l'esplosivo per il recupero.

Oggi la SMS Wien giace ancora là dove è stata affondata. I suoi resti sono stati ritrovati nel 2008 a meno di mezzo miglio di distanza dalla Ferriera di Servola e a circa 20 metri di profondità. Recentemente sono state eseguite indagini subacquee condotte dalla ditta Caressa Stefano di Grado, in collaborazione con la C.P. e i VVF smz di Trieste, che hanno rilevato la presenza dell'opera viva dello scafo totalmente immersa nel fango del fondale: le bonifiche effettuate nel secolo scorso hanno interessato solo l'opera morta e le sovrastrutture, che, emergendo dal fondo, potevano costituire un pericolo per la navigazione.



*Immagine 07 – Individuazione della corazzata WIEN (mediante Sub-bottom profiler)*



*Immagine 08 – Scorcio del relitto (ispezione subacquea 2008)*

## 6.2.2 SECONDA GUERRA MONDIALE

A differenza del Carso isontino, caratterizzato dalla presenza di fortificazioni della Grande Guerra del 1915-18, a Trieste la stragrande maggioranza dei bunker presenti sul territorio sono retaggi della Seconda guerra mondiale. Invasa tragicamente dai tedeschi che la inserirono nell'Adriatische Küstenland (Litorale Adriatico), fu difesa con opere sotterranee per prevenire un attacco da parte degli Alleati. Tra questi bunker, oltre alla Kleine Berlin, merita ricordare per importanza strategica le Batterie Costiere di Miramare o il Bunker di Via dell'Eremo. Molto numerose, inoltre le gallerie antiaeree scavate per la difesa della popolazione civile già all'inizio del conflitto mondiale, sparse a macchia d'olio su tutto il territorio urbano. Un aspetto, questo, che ben rende l'idea dell'importanza e della frequenza dei bombardamenti aerei nella zona in questione durante la Seconda guerra mondiale.

Nel settembre del 1943 la Germania nazista occupò senza alcuna resistenza la città che venne a costituire, insieme a tutta la Venezia Giulia una zona di operazioni di guerra, l'OZAK (Operations zone Adriatisches Küstenland), alle dirette dipendenze del Gauleiter di Carinzia Friedrich Rainer. Egli tollerò in città la ricostituzione di una sede del PFR, diretta dal federale Bruno Sambo, la presenza di un'esigua forza di militari italiani al comando del generale della GNR Giovanni Esposito e l'insediamento di un reparto della Guardia di Finanza. Durante l'occupazione nazista la

Risiera di San Sabba - oggi Monumento Nazionale e museo - venne destinata a campo di prigionia e di smistamento per i deportati in Germania e Polonia e per detenuti politici, partigiani italiani e slavi. La presenza del forno crematorio nella Risiera testimonia che non fu utilizzata solo come luogo di smistamento e di detenzione di prigionieri, ma anche come campo di sterminio. Si tratta dell'unico campo di concentramento nazista presente in territorio italiano. In seguito, nei primi anni '50 la Risiera fu usata come campo profughi per gli esuli istriani, fiumani e dalmati in fuga dai territori passati alla sovranità jugoslava. L'insurrezione dei partigiani italiani e jugoslavi a Trieste fu contraddistinta da uno svolgimento anomalo. Il 30 aprile 1945 il Comitato di Liberazione Nazionale del quale era presidente don Edoardo Marzari, composto da tutte le forze politiche antifasciste con l'eccezione dei comunisti, proclamò l'insurrezione generale; al tempo stesso le brigate dei partigiani jugoslavi con l'appoggio del PCI attaccarono dall'altipiano. Gli scontri si registrarono principalmente nelle zone di Opicina (sull'altipiano carsico), del Porto Vecchio, del castello di San Giusto e dentro il Palazzo di Giustizia, in città. Tutto il resto della città fu liberato. Il comando tedesco si arrese solo il 2 maggio alle avanguardie neozelandesi, che precedettero di un giorno l'arrivo del generale Freyberg.

Le difese nella zona di Trieste erano state soprattutto improntate dai tedeschi, dopo l'8 settembre 1943, ad affrontare un ipotetico sbarco alleato. Per costruire queste fortificazioni passate sotto il nome di "Vallo Adriatico", vennero utilizzate 9.000 persone del luogo, reclutate più o meno "volontariamente", ma stipendiate.

Sempre a proposito del minamento di porti e infrastrutture, a dimostrare come il pericolo fosse reale, basterà ricordare che tra il 17 e il 20 aprile 1945 i tedeschi minano tutti gli impianti portuali di Fiume e li fanno saltare prima di lasciare la città il 2 maggio successivo, il 22 aprile 1945 i tedeschi in ritirata fanno saltare con brillamento di mine il porto di Umago, i giorni 1 e 2 maggio 1945 a Fiume nella notte i tedeschi fanno saltare la polveriera e i depositi di munizioni della galleria di Centocelle - Val San Michele (una deflagrazione terrificante squassa le gallerie blindate e scaraventa sulle case pietrame e terra tra vampate di fuoco). Se questo non è avvenuto per Trieste lo si deve a Mon.Santin, che era intervenuto presso i tedeschi. Anche Capodistria si salva, grazie a un marinaio viennese, tale Mensche, che diserta e disinnesca le mine predisposte per far saltare il porto (30 aprile 1945).

Moltissime batterie contraeree si trovavano sulle alture intorno a Muggia, da Chiampore a Zindis. Il vecchio Forte Olmiera fortificato e anche attorno al Cantiere San Rocco vi erano delle fortificazioni in caverna, probabili ricoveri militari antiaerei.

Altre batterie antiaeree si trovavano su Montebello, Kluc e Cattinara. Numerose le batterie contraeree anche in Carsoe sul crinale carsico, tutto attorno alla città. Queste erano su piazzole di cemento, ancora oggi visibili, ed avevano un calibro abbastanza grande.

Attorno alle centrali elettriche ed alle stazioni ferroviarie si trovavano pezzi contraerei Mauser mod. 36 da 37 mm., solitamente montati su treni blindati, e gli ottimi 88 mm. Vi erano anche numerosi

posti di vedetta, i Posti Vedetta Batterie (PVB) con aerofono, binocoli e telefono, e i Posti Vedetta (PV) con solo binocolo e telefono. Tutti questi posti dopo l'8 settembre 1943 erano passati sotto controllo tedesco della "FLAK", con personale italiano in divisa tedesca e nell'ultimo periodo di guerra anche con personale della Guardia Civica. Avevano a disposizione cannoni antiaerei italiani e tedeschi, come pure obici (antisbarco). Vi erano anche 6 batterie di obici italiane (30 obici in tutto), autonome, con personale della RSI. Di questi, 2 erano di tipo 149/19 mod.41 con gittata di 14,6 km e potevano avere in qualche modo funzione antiaerea, fino a 3.000-3.500 metri di altezza, con proiettili a tempo. Queste postazioni italiane non erano però dotate di rifugi antiaerei.

Le poderose postazioni delle batterie "Lindemann" di Miramare, tuttora esistenti, erano invece solo in funzione antisbarco, tanto che qualcuno ha dubitato che fossero mai state provviste di cannoni.

#### **Posizionamento delle varie batterie contraeree:**

- all'altezza di Punta Grossa, sopra San Nicolò
- tra San Bartolomeo e Lazzaretto, sopra la strada
- vicino a Punta Sottile
- vicino a P.Ronco
- a Muggia Vecchia
- sopra Muggia
- vicino a Santa Barbara
- sotto Santa Barbara, sopra la strada costiera che porta a Muggia
- vicino a Rabuiese (potrebbe essere Monte d'Oro)
- tra Rio Ospio e Aquilinia
- a Caresana
- sul Monte San Pantaleone
- vicino a Log
- un po' più a Nord di quella di Log
- vicino a Longera
- a metà strada tra Longera e Chiadino
- a Servola
- sul Monte Spaccato
- sul crinale sopra Guardiella
- sul Monte Calvo
- tra Conconello e Opicina

- sotto l'Obelisco (l'indicazione non è chiara)
- sopra la Napoleonica, circa a metà
- tra Opicina e Borgo Grotta Gigante, vicino alla ferrovia
- sopra Miramare (l'indicazione non è chiara)
- a Contovello
- a Prosecco, vicino alla ferrovia
- sul crinale, tra il Monte San Paolo e il Monte San Primo (altezza di Gabrovizza)
- a Santa Croce
- tra Santa Croce, Gabrovizza e Bristie
- sul crinale poco prima di Aurisina
- ad Aurisina
- vicino a Borgo San Mauro
- vicino a Slivia
- tra Slivia e Visogliano
- sul Monte San Leonardo
- vicino al Colle Piccolo (Samatorza)
- sul Colle dell'Agnello (sopra Sgonico)
- sul Monte Lanaro

## **Rifugi e gallerie antiaeree**

### Galleria Sandrinelli

Situata tra la via Pellico e la piazza del Sansovino, non ha bisogno di presentazioni, essendo oggi aperta al traffico. Venne costruita nel 1905-1907 su progetto dell'ing. Edoardo Grulis e comunica con la Galleria di via Pondares e con la Galleria di via del Teatro Romano (gallerie oggi chiuse al pubblico).

### Galleria di San Vito

Chiamata da qualcuno anche San Marco.

Situata tra la via Bernini e la via d'Alviano, anche questa è oggi aperta al traffico. Venne costruita nel 1912 e comunicava con la Galleria di viale d'Annunzio. Oggi questo collegamento è chiuso dal rivestimento metallico che copre le pareti della galleria.

### Galleria di Montebello

Situata tra la piazza dei Foraggi e la via Salata (via dell'Istria) è la terza galleria oggi aperta al traffico. Conosciuta in passato anche come Rifugio Littorio o Ricovero Luigi Razza, venne costruita

in parte dall'Impresa Farsura e aperta al traffico nel 1949. Venerdì 11 febbraio 1944 le autorità locali presenziano all'apertura del cunicolo di avanzamento della galleria: la galleria sarà, a lavori ultimati, lunga 720 metri, larga 12,4 e alta 7,75; un piccolo convoglio su rotaia fa percorrere alle autorità l'intero tragitto. Il 22 marzo 1944, durante i lavori, moriva Marino Pergentino, 17 anni di Farrad'Alpago (BE), dipendente della ditta Farsura, schiacciato tra due vagoncini.

#### Galleria di via Pondares

Collegata alla Galleria Sandrinelli, venne costruita dall'Impresa Colombo.

#### Galleria di via Teatro Romano

Era conosciuta anche come Galleria Corso Littorio.

Collegata alla Galleria Sandrinelli, comunica anche con il Rifugio presso il Teatro Romano.

#### Rifugio presso il Teatro Romano

Era destinato agli impiegati del Comune.

#### Galleria di Viale d'Annunzio

Lunghezza 420 metri

Con l'ingresso principale in viale d'Annunzio (largo Sonnino) è collegata con la Galleria San Vito, ma l'entrata da questa galleria è oggi chiusa dal rivestimento metallico che copre la Galleria San Vito. La Galleria di Viale d'Annunzio ha un pozzo di aereazione in piazza Puecher, non collegato al rifugio della stessa piazza

#### Galleria di Muggia

Ancor oggi utilizzata per il transito di veicoli provenienti da Lazzaretto

#### Rifugio di piazza Puecher

Lunghezza 37 metri.

Situato nell'omonima piazza di San Giacomo.

#### Galleria ferroviaria di Gretta

Situata alle spalle del campo di calcio Rossoni, in viale Regina Elena N.79 (ora viale Miramare), aveva un secondo ingresso (oggi murato) nel campo di pattinaggio del Dopolavoro Ferroviario.

#### Galleria di Gretta-Roiano

Lunghezza 660 metri

Capace di circa 4.000 persone, aveva un'entrata in via Valmartinaga e un'altra al N.79 dell'ex viale Regina Elena, presso il campo di calcio Rossoni. Un ramo laterale, con uscita in viale Miramare 51, utilizza forse una vecchia santabarbaradel Lazzaretto di Santa Teresa. Chiamata anche Galleria ricovero FF.SS. Avrebbe dovuto probabilmente esser collegata con quella di via Tibullo.

#### Galleria di Pendice Scoglietto

Lunghezza 327 metri

Oggi è un magazzino privato.

#### Galleria dell'Università

Lunghezza 240 metri

Situata sotto l'edificio principale centrale dell'Università, aveva un ingresso in via del Prato e l'altro in via AlfonsoValerio.

#### Rifugio "Kleine Berlin"

Lunghezza 1100 metri

Situato in via Fabio Severo, è oggi visitabile (visite guidate organizzate dal Club Alpinistico Triestino).

Era destinato in parte al personale di Poste e Ferrovie, venne costruito prima della guerra ma mai completato. Si tratta di un sistema di gallerie antiaeree ad uso civile collegato ad un rifugio militare costruito dai tedeschi (con una galleria di accesso diretto dal Tribunale). Questo rifugio aveva anche un accesso verticale con scala a chiocciola dalla scomparsa villa di Angelo Ara.

### **Principali rifugi in centro città e zone adiacenti**

#### Galleria di piazza Carlo Alberto

Lunghezza 425 metri

Con ingresso in via Guido Reni ed un secondo ingresso oggi ostruito, ha presa d'aria in piazza Carlo Alberto. Oggi è sededello Speleovivarium.

#### Galleria dei Campi Elisi

Lunghezza 190 metri

Destinata ai lavoratori della Fabbrica Macchine e dei Cantieri. Avrebbe dovuto probabilmente collegarsi con la Galleria di Villa Necker.

#### Galleria via Mameli-via Rossetti

Non abbiamo per ora altre notizie su questa galleria.

#### Rifugio di via dell'Eremo

Lunghezza 360 metri

Aveva tre ingressi ed era collegata con un rifugio militare.

#### Galleria di Scala Monticello

Lunghezza 283 metri

Ingresso nella laterale di via Giulia, di fronte la zona ex Dreher.

#### Galleria via Cologna/Scala Margherita

Non abbiamo per ora altre notizie su questa galleria.

---

### Galleria di viale XX Settembre

Lunghezza 239 metri

Con ingresso in piazza Volontari Giuliani. Avrebbe probabilmente dovuto avere un altro ingresso in via Ireneo della Croce.

### Galleria Rione Littorio

Lunghezza 460 metri

Aveva tre ingressi. Uno presso il giardino pubblico di Ponziana, in via Battera, e uno presso la via Orlandini. Il terzo ingresso è collegato con scale al soprastante ospedale infantile Burlo Garofalo. I bambini venivano divisi per tipo di malattia. Condotta di aereazione nel giardino del Burlo.

### Galleria di via Bonaparte

Conosciuta anche come Galleria di Villa Necker. Ingresso in via Bonaparte. Lunghezza misurata 205 metri, ma poi continua dietro una porta chiusa probabilmente collegata alla Villa Necker (Presidio Militare). Avrebbe probabilmente dovuto esser collegata alla Galleria dei Campi Elisi.

### Rifugio di Villa Ara

Lunghezza 332 metri

La villa Camillo Ara si trova in via Monte Cengio (sopra via Fabio Severo) ed era sede di un comando tedesco, quindi qui si tratta di un rifugio militare. Oggi la villa ospita un doposcuola dei Padri Gesuiti.

Ricoveri esistenti, oltre a quelli già citati, nella zona di Scorcola-Roiano-Barcola-Gretta.

### Rifugio di via Virgilio

Lunghezza 126 metri

A Scorcola, era di uso militare e possiede due ingressi vicini. Probabilmente avrebbe dovuto esser collegato al Rifugiodi via Scorcola.

### Rifugio di via di Scorcola

Lunghezza 210 metri

A Scorcola, era di uso militare e probabilmente avrebbe dovuto collegarsi al Rifugio di via Virgilio

### Galleria Roiano/Tibullo

Lunghezza 1140 metri

Tra Roiano e Scorcola. Si tratta di due gallerie di uso civile unite da un cunicolo di raccordo di circa 1 km, ora occupatoda una tubazione dell'acquedotto. Un ingresso si trova in piazza tra i Rivi a l'altro in via Tibullo

### Galleria di Campo Belvedere

Lunghezza 364 metri

Situata a Roiano, dietro ad alcuni edifici sul lato a monte e nascosta da essi.

### Galleria di Barcola

Lunghezza 288 metri

Con ingresso principale dietro la chiesa di Barcola, oggi serve da autorimessa.

### Rifugio presso il ponte ferroviario di via Bonomea

Lunghezza 33 metri

Sul Monte Radio.

## **Rifugi e gallerie nelle zone di Servola e San Sabba**

### Galleria di Servola

Lunghezza 700 metri

Attraversa da parte a parte il colle di Servola.

### Rifugi della Ferriera

Sono stati individuati almeno due rifugi all'interno della Ferriera di Servola. Uno è lungo 120 metri mentre l'altro è ostruito dopo i primi 25 metri.

### Rifugio di Monte San Pantaleone

Lunghezza 295 metri

A San Sabba, possedeva due entrate inferiori e un accesso superiore. Era destinato al porto petroli.

Oltre a questi rifugi, ce n'erano diversi altri, di minore importanza o di uso prettamente militare o privati:

### Rifugio di via del Monte

Sotto San Giusto, con una lunghezza di 36 metri, risulta ostruito e potrebbe continuare verso San Giusto.

### Rifugio di via Romagna

Lungo 33 metri, sorge nella zona che un tempo apparteneva alla Villa Weiss, sede del Comando della Marina Mercantile.

### Gallerie di Villa Giulia

Nella parte superiore del Parco di Villa Giulia, proprio sotto la strada per Opicina si trovava una batteria antiaerea e questo rifugio (lungo 37 metri) era adibito ai serventi e avrebbe dovuto esser collegato ad una vicina galleria, lunga 9 metri, il cui ingresso dista 20 metri.

### Rifugio di Monte Fiascone

In zona Cologna, è lungo 17 metri.

### Batterie costiere di Miramare

Le gallerie di Miramare, lunghe 453 metri e realizzate durante la seconda guerra, potrebbero esser considerate tra i rifugi militari, anche se non mi sembra che gli alleati abbiano mai considerato come obiettivo quella zona, probabilmente per rispetto al Castello.

#### Rifugi presso l'Obelisco

Ci sono almeno tre rifugi e una cavernetta presso l'Obelisco di Opicina. Il più grande, di uso militare, è lungo 340 metri. Ma merita menzione quello posto proprio sotto l'Obelisco, lungo 120 metri, fatto erigere dal Corpo Mercantile di Trieste nel 1830 in onore della venuta dell'Imperatore Francesco I, per l'inaugurazione della nuova strada Commerciale. Sembra che una parte di questo rifugio venisse utilizzata per il ricovero delle motrici della Trieste-Opicina durante i bombardamenti.

#### Galleria nella Dolina di Banne

Lunga 50 metri, probabilmente conteneva una riserva idrica per delle vicine batterie antiaeree.

#### Rifugio presso la Stazione di Opicina Campagna

Lungo 86 metri.

#### Rifugio Austriaco di Miramare

Lungo 16 metri è situato subito dopo l'ostello (dopo il bivio) ed era di uso militare.

#### Rifugio/magazzino presso il Monte Belvedere

Presso Banne, di uso militare, è lungo 61 metri.

#### Casamatta presso Villa Geiringer

Sulla vetta di Scorcola, nel Parco di Villa Geiringer si trovava una cannoniera e un sistema di fortificazione collegato. E' stato fatto esplodere alla fine della guerra.

#### Cavernette presso il Campo Sportivo di Cologna

Destinate a delle batterie antiaeree che si trovavano sopra al campo.

#### Rifugio di Villa Banfield

In Gretta, lungo 23 metri, era di uso familiare.

#### Galleria della Batteria di San Bortolo

Situato a Barcola.

#### Rifugio dell'Orto Lapidario

Era lungo solo 10 metri.

#### Rifugio di via Sottomonte

Ancora più piccolo, essendo lungo solo 5 metri. Forse a protezione di qualche impianto

#### Rifugio di Lazzaretto

Situato nel posteggio del condominio di Strada per Lazzaretto N.1, era lungo circa 40 metri.

#### Galleria a Monfalcone

Situata in Salita Granatieri.

#### Rifugio di Aquilinia

Situato in via della Raffineria, aveva tre accessi, uno dei quali nella raffineria. Lungo circa 112 metri, conteneva alcune cisterne.

### **6.3 ATTIVITA' AEREA SECONDA GUERRA MONDIALE**

#### **Anno 1944 - fino al 9 giugno**

Da notare che nelle cifre fornite da fonti alleate, il numero degli aerei è quello complessivo partito dalle basi. Poi questi aerei si dividevano sui vari obiettivi, sulle varie rotte. Talvolta parte della formazione si staccava dal grosso per raggiungere un determinato bersaglio. Il carico di una formazione poteva poi essere sganciato su diversi obiettivi, ma anche tutto su uno solo, dopo di ché la formazione ritornava alla base.

I tipi di aerei alleati citati sono:

- B-17- Boeing Flying Fortress (Fortezze Volanti)
- B-24- Consolidated Liberator
- P-38- Lockheed Lightning
- P-47- Republic Thunderbolt
- P-51 - North American Mustang

#### 7 gennaio 1944

Fiume Fonti italiane: Primo bombardamento su Fiume.

#### 9 gennaio 1944

Pola Fonti italiane: Dalle ore 11 :20 alle 11 :45 un centinaio di bombardieri sganciano, a tre riprese, su Pola centinaia di bombe che colpiscono gli edifici di largo Oberdan, del Clivo Giron, delle vie Benussi, Barbacani, Garibaldi, Mazzini, Abbazia, Tradonico, Muzio, Tartini, Antonia, Zare, Monte Cappelletta, Monte Paradiso e Monte Cane. Si contano 77 morti (tra i quali Don Graziano Zascin) e 82 feriti.

21 gennaio 1944 - Fiume Fonti italiane: Bombardamento su Fiume.

24 gennaio 1944 Fiume Fonti italiane: Bombardamento su Fiume.

30 Gennaio 1944, Domenica Maniago, Udine, Villaorba:

Aerodromi 450th Bombardment Group, 15° AF

Fonti alleate: In Italiay, B-17 colpiscono gli aerodromi e i campi di atterraggio a Villaorba, Maniago e Lavariano; B-24 bombardano l'aerodromo di Udine e la stazione radar di Fier (? in Albania?). P-38 scortano i B-17 nelle missioni su Villaorba e Maniago e P-38 e alcuni Spitfires della RAF scortano i B-24 nella missione sopra Udine. P-47 effettuano una penetrazione nell'area di Villaorba. I B-24 e i caccia dichiarano di aver abbattuto più di 60 aerei nemici 60 e di averne distrutti a terra un gran numero. 450th Bombardment Group: 32 B-24 sganciano 38 ton. di bombe sull'aerodromo di Udine. L'obiettivo viene centrato. Colpi sono stati osservati sull'edificio dell'amministrazione, sulle caserme, sugli hangar e sulle piste di decollo. FLAK di intensità da pesante a moderata e precisa. Aerei nemici: tra 10 e 12 ME-109, FW-190 e MA-202, ma nessun velivolo alleato è stato colpito. Un ME-109 e un MA-202 probabilmente distrutti. 5 B-24 sono stati danneggiati dai flak (contraerea), uno in modo grave. Quattro membri dell'equipaggio feriti, uno gravemente.

31 Gennaio 1944 Aviano e Udine: aerodromi

Trieste: Raffineria

15° AF -Fonti alleate: B-24 e B-17 bombardano gli aerodromi di Aviano e Udine, scortati dall'82° FG; P-38 e P-47 fanno da scorta. B-17, con scorta di P-38, colpiscono l'aerodromo di Klagenfurt; vengono dichiarati 16 aerei abbattuti.

450th Bombardment Group: 27 B-24 sganciano 79 ton. di bombe sull'aerodromo di Aviano.

L'aerodromo e le installazioni vengono centrati. FLAK di intensità pesante, da media a moderata e precisa. Attacchi da 5 o 6 aerei nemici, singolarmente e controluce. Va dato merito all'82° FG per aver tenuto il numero di attacchi al minimo. Viene dichiarata dai piloti dei caccia la distruzione 2 ME-109 e il danneggiamento di 1 ME-109. B velivoli subiscono danni dai flak, nessuno dai caccia nemici.

Fonti italiane: E' stato il primo bombardamento su Trieste. Alle ore 20 (altre fonti indicano le 22) avviene la prima incursione preceduta da razzi illuminanti. Viene colpita la raffineria dell'Aquila, Aquilinia, Scofie, Zaule, e la zona delle Noghère. C'è un morto a San Dorligo della Valle (un casellante delle ferrovie).

17 febbraio 1944 Trieste: cantiere

Fonti italiane: Bombardamento su Trieste. Danneggiato gravemente il Cantiere San Marco.

Restano dei dubbi su questo bombardamento, perché poche fonti (forse solo una) ne parlano.

Potrebbe essere un errore con quello di stessa data del 1945.

---

### 25 Febbraio 1944, Venerdì

Fiume: Scalo merci e porto

Pola: Porto 454° Bomb Group- 15° AF

Missione N.5 Fonti alleate: Continuano gli attacchi coordinati con la Eighth Air Force su obiettivi europei. B-17 con scorta di caccia bombardano la fabbrica di aerei di Regensburg; l'opposizione di caccia nemici è pesante. Altri B-17 colpiscono il deposito aereo a Klagenfurt, in Austria, ed l'area portuale di Pola. B-24 attaccano lo scalo merci e il porto di Fiume e colpiscono la ferrovia austriaca a Zell-am-See e l'aerodromo di Graz e la zona portuale di Zara. Più di 30 velivoli americani sono dispersi; essi dichiarano l'abbattimento di più di 90 caccia.

Fonti italiane: In prima pagina del Piccolo del 28 o 29 febbraio, si parla di abbattimenti di aerei alleati sulle Alpi Giulie, un aereo caduto presso Gorizia e 114 piloti nord-americani dispersi sui monti con 30 gradi sottozero. I Messerschmitt tedeschi hanno intercettato i bombardieri americani diretti verso la Germania meridionale sulla costa Dalmata. Il primo aereo americano è stato abbattuto verso le 11.40 nelle vicinanze di Gorizia. Altri 6 velivoli sulle caravanche e sulle Alpi Giulie. Altri tre durante il volo di ritorno, di cui uno, costretto ad un atterraggio in mare, è affondato quasi subito. Alcuni membri degli equipaggi sono stati fatti prigionieri. Da fonti alleate veniamo a sapere che la strategia favorita dei piloti tedeschi era di intercettare i ritardatari (aerei rimasti da soli a causa di difficoltà di qualsiasi specie) e spesso l'aereo veniva abbattuto. In caso di ammaraggio il B-24 si trovava in netta difficoltà, poiché gli sportelli delle bombe di tipo a rullo (roll type) venivano di solito strappati facilmente quando colpiti dall'acqua e l'aereo affondava molto rapidamente.

### 18 Marzo 1944, Sabato

Udine: deposito aeronautico

Maniago, Villaorba: Campo d'atterraggio

Gorizia: Deposito aeronautico

454° Bomb Group -15° AF

Missione N.11 Fonti alleate: In Italia, più di 950 B-17 e B-24 bombardano obiettivi aeronautici.

I B-17 colpiscono il campo di atterraggio di Villaorba e il deposito di aeronautica di Udine; i B-24 bombardano i campi di atterraggio di Maniago e di Lavariano e il deposito di aeronautica di Gorizia; 126 P-38 e P-47 completano la distruzione nella zona di Udine-Maniago e attaccano a bassa quota velivoli all'aerodromo di Udine, una nave cisterna a sud della laguna di Marano, e un hangar, 2 treni, 2 stazioni radar e un ancoraggio di idrovolanti (distruggendo 6 idrovolanti) al

---

Belvedere. I bombardieri e le scorte dichiarano 48 aerei nemici distrutti, 9 velivoli americani sono abbattuti.

26 Marzo 1944, Domenica

Fiume: porto

Maniago: campo di atterraggio

Udine: deposito aereo

15° AF Fonti alleate: Più di 60 B-17 e B-24 colpiscono obiettivi in Italia. I B-17 bombardano a Fiume i moli e le navi mentre i B-24 colpiscono il campo di atterraggio di Maniago, il deposito aereo di Udine e lo scalo ferroviario di Rimini. P-47 e P-38 fanno da scorta. Più di altri 150 B-17 e B-24 non partecipano alle missioni a causa del brutto tempo.

1 Aprile 1944 Monfalcone

Fonti italiane: Bombardamento su Monfalcone con molte case distrutte.

7 Aprile 1944, Venerdì

Gorizia e Udine 15° AF

Fonti alleate: In Italia, più di 400 B-17 e B-24 attaccano scali ferroviari; i B-17 bombardano Treviso; i B-24 colpiscono Mestre e Bologna; quasi 100 P-38 fanno da scorta; P-47 fanno una penetrazione nella zona di Gorizia e Udine; viene dichiarato l'abbattimento di quasi 20 aerei nemici.

11 /12 Aprile 1944 Monfalcone

Fonti italiane: Bombardamento notturno su Monfalcone con circa 20 morti. Vengono distrutti uno stabile operaio, un asilo, una dispensa viveri, un ambulatorio.

18 Aprile 1944, Martedì Aiello, Udine: aerodromi

Capodistria, Ronchi, Cervignano: mitragliamento

15° AF Fonti alleate: In Italia, P-38 e P-47 attaccano a bassa quota gli aerodromi di Aiello e di Udine e obiettivi occasionali nel Basiliano, nell'isola di Sant'Andrea e nelle zone di Cervignano del Friuli e Golfo di Panzane; altri caccia forniscono la copertura per le missioni di attacco. Fonti italiane: Tre formazioni di aerei anglo-americani, provenienti dal sud dell'Istria, hanno mitragliato la città di Capodistria, quindi si sono portati a Ronchi dei Legionari, mitragliando l'abitato. Una bimba è rimasta uccisa e tre cittadini sono stati feriti gravemente. Altri feriti si lamentano pure a Cervignano.

20 Aprile 1944, Giovedì

Trieste: Arsenale, Opicina, Prosecco

Monfalcone: Arsenale

454° Bomb Group -15° AF

Missione N.28 Fonti alleate: Più di 300 B-17 e B-24 attaccano obiettivi in Italia: i bombardieri B-17 gli scali merci di Ancona, Castelfranco, Padova e Vicenza e le installazioni del porto di Venezia, mentre i B-24 colpiscono gli scali merci di Mestre, Treviso(?) e Fano, il porto di Venezia, i cantieri navali di Monfalcone e Trieste; altri più di 180 bombardieri pesanti che erano stati spediti contro obiettivi di comunicazioni nel Nord Italia sono costretti ad abbandonare a causa del maltempo; circa 250 aeroplani da caccia forniscono la copertura per le incursioni del bombardamento. Fonti italiane: Il bombardamento comincia alle ore 12:40-12:45. Tre formazioni di aerei angloamericani provenienti dal sud hanno bombardato Monfalcone, proseguendo quindi verso Trieste.

Vengono colpite Opicina, Banne, Prosecco e i dintorni della cava Faccononi, un'ala della Fabbrica Macchine di Sant'Andrea, condotte del gas e dell'acqua. A Opicina si contano 36 morti, quasi tutti contadini, e una quarantina di feriti, 50 case distrutte, tra cui la canonica. Gravemente lesionata la chiesa parrocchiale. Tre aerei abbattuti dalla contraerea. La sepoltura viene accompagnata da un coro in lingua slovena, presente il vescovo Santin. E' interessante notare come fino a questo, che da molti è considerato il primo bombardamento alleato su Trieste, vi fosse nella zona la convinzione che Trieste non sarebbe mai stata bombardata dagli angloamericani.

25 aprile 1944 Brioni: alberghi

Fonti italiane: Bombardamento sugli alberghi di Brioni.

14 Maggio 1944, Domenica

Aviano e Villaorba: aerodromi

15° AF Fonti alleate: Poco più di 700 bombardieri attaccano obiettivi in Italia. B-17 colpiscono gli scali merci di Ferrara e Mantova e un deposito aereo a Piacenza. B-24 colpiscono lo scalo merci di Vicenza e i depositi aerei di Piacenza e Reggio Emilia. I caccia fanno più di 170 voli (singoli) di scorta; 48 P-38 attaccano a bassa quota gli aerodromi di Aviano e Villaorba.

22 Maggio 1944, Giovedì

Latisana: Ponte della ferrovia

450° Bombardment Group -15° AF

8 giugno 1944

Pola Fonti italiane: Un bombardamento colpisce a Pola il palazzo del Tribunale, il Largo S. Giovanni e il Molo Finanza.

## **Anno 1944 dal 10 giugno**

10 Giugno 1944, Sabato

Trieste: Raffineria

449° Bombardment Group, 450° Bombardment Group, 15th Air Force

Fonti alleate: Più di 550 B-17 e B-24 attaccano obiettivi in Italia. I B-17 colpiscono uno scalo merci a Mestre e un deposito di petrolio e uno scalo merci a Porto Marghera. I B-24 colpiscono la raffineria di petrolio a Trieste, il deposito aereo a Ferrara e la città di Ancona. P-51 e P-38 fanno da scorta e in Romania, colpiscono a bassa quota obiettivi occasionali tra Bucarest ed il fiume Danubio e a sud di Craiova e bombardano in picchiata una raffineria di petrolio a Ploesti.

Fonti italiane: E' il bombardamento più grave per la popolazione civile di Trieste, con 112 case distrutte, 300 danneggiate, circa 400 morti (440 secondo alcune fonti, 378 secondo altre), 800 feriti ricoverati e un migliaio quelli medicati, oltre 4.000 i senza tetto. Il bombardamento comincia alle ore 9:15, un quarto d'ora dopo il segnale di allarme, e dura per un'ora. Un centinaio di bombardieri, con caccia di scorta, passano in quattro ondate provenienti dal mare ed eseguono il bombardamento da circa 4.000 metri. Vengono colpiti, anche con bombe incendiarie, gli impianti portuali (magazzini) e industriali, Barcola, la testata del molo Audace, la stazione di Sant'Andrea, le zone di insediamento civile dei rioni di San Giacomo, via Timeus, Campi Elisi e Montebello. Distrutta la Raffineria Aquila, colpiti i serbatoi della Raffineria Esso Standard di San Sabba, il deposito legnami di S. Sabba, l'oleificio Gaslini di Chiarbola, il Pastificio Triestino (brucerà per diversi giorni di seguito e sarà totalmente distrutto), la chiesa di S. Maria delle Grazie di via Rossetti (distrutta completamente ed è morto pure il parroco P. Fortunato Vender), la fabbrica di corda Bignami e altre piccole industrie attorno a via del Ghirlandaio. La colonna di fumo che si leva dall'Aquila è alta migliaia di metri e si vede perfino da Gorizia, mentre alla Gaslini viene incendiato un magazzino di pannelli pressati e le fiamme durano fino al lunedì sera. Viene affondata la nave della Croce Rossa "Innsbruck" attraccata alla Stazione Marittima (ex piroscalo Limbara, era stato trasformato in nave ospedale nel febbraio del 1944, venne in seguito recuperato e demolito;

A San Giacomo un gruppo di spazzini che sostava fuori dal deposito viene colpito in pieno. Il giorno 12 giugno hanno luogo, in forma solenne e a spese del Comune, i funerali delle vittime. Dopo il bombardamento l'Acegat raccomanda di non usare il gas poiché, a causa della rottura delle tubature, l'aria penetrata in esse, ha contribuito alla formazione di gas tonante. Viene dato anche l'incarico al Consorzio Agrario provinciale di provvedere ad una distribuzione straordinaria di carbone vegetale. Manca anche l'acqua e c'è la fila alle fontane e alle condutture d'emergenza allacciate dal Comune. Aumentano i casi di tifo e di malattie infettive.

Bombardamento sulla città voluto o per puro caso?

A leggere il rapporto qui sotto sembrerebbe che si sia trattato di un caso, dovuto a problemi su alcuni aerei o a causa delle nubi. In realtà sembra una coincidenza piuttosto strana, visto anche che il 10 giugno ricorreva l'anniversario dell'entrata in guerra dell'Italia, e c'era anche chi a Trieste, quel giorno, avrebbe voluto ricordare "lo storico evento" con una conferenza, sicuramente gradita a pochi. Da citare anche che proprio il 10 giugno 1944, la Air Force aveva ripreso la sua politica di bombardamento delle fonti nemiche per tutti i rifornimenti. Nei resoconti ufficiali alleati il bombardamento sui civili non viene citato.

Rapporto Descrittivo 449th Bomb Group N. 77 di data: 10 Giugno 1944

Obiettivo: Trieste, Italia, Raffinerie di petrolio.

Quaranta bombardieri B-24 sono decollati alle ore 06:00-06:35 per bombardare le raffinerie di petrolio di Trieste.

Quaranta hanno sganciato 98 3/4 tonnellate di bombe 500-lb GP, con spoletta da .1 e coda mista da .01 e .025, sulle raffinerie di petrolio di Trieste alle ore 09:40-09:44 da un'altezza da 19.000 a 21.000 piedi.

Tre di loro hanno gettato fuori bordo 3/4 di tonnellata a causa di malfunzionamenti, uno circa tre minuti distante dall'obiettivo, uno a Pianosa e l'altro fuori del porto di Taranto. Quaranta sono ritornati alla base alle ore 12:01.

Si sono incontrati con altre formazioni aeree sopra San Vito a 3.000 piedi alle ore 07:07. Di là hanno puntato a Vieste (4153N-1611 E), girato puntando a (4337N-1345E), per girare a (4520N-1300E), verso l'obiettivo, attaccando su un asse di 101° reali.

Riunitisi di nuovo sulla destra hanno continuato a puntare a (4435N-1400E) verso la base.

Non è stato fatto alcun specifico incontro con la scorta ma sono stati visti militari amici nella zona dell'obiettivo. A causa dello strato di nubi a bassa quota nella zona dell'obiettivo, che ammontava a 5/1 O, sono difficili da accertare i risultati.

L'osservazione visiva ha segnalato inizio di incendi particolarmente estesi nella zona dell'obiettivo.

Le fotografie rivelano 11 colpi fra le installazioni di immagazzinaggio del petrolio a C/4-4, 1 O colpi fra le costruzioni nella piccola baia a M/5 e 30-40 colpi in acqua aperta della baia di Zaule 3.000 5.000 piedi ad ovest del punto mirato. Un colpo centrato è stato segnalato su una nave mercantile. Circa 12 E/A (aerei nemici) sono stati visti nella zona dell'obiettivo di cui 9 erano dei ME-109 e 3 non identificati. Nessun incontro con aerei nemici è stato sperimentato da questo gruppo. Il bombardamento aria aria (probabile) è stato segnalato a (4440N-1415E) alle ore 11 : 10.

20 bombe sono state sganciate attraverso formazioni (o in formazione) e scie di vapore di 5 NC (aircraft=velivoli) sono state segnalate allo stesso tempo.



Sopra l'obiettivo sono stati segnalati "FLAK" [la contraerea] limitati, imprecisi e pesanti di tipo mirato e la formazione era nella zona dei FLAK per circa tre minuti. Gli scoppi rossi, bianchi e neri dei FLAK sono stati segnalati.

Alle ore 10:05 da 14,000'a 4443N-1410E, un B-24 ha dovuto fare un ammaraggio forzato. Vista una flotta di velivoli a circa 1 O minuti e visto zattera in acqua. Segnalato allo squadrone di Salvataggio Aria-Mare (Air-Sea Rescue Squadron) in questa base.

[Nessuna perdita. Danni minori a causa dei FLAK a 4 aerei. Nessun ferito e nessuna vittoria.]

## **Anno 1944 - dal 11 giugno**

22 Giugno 1944, Giovedì

Trieste: Deposito di petrolio (missione mancata)

Latisana: Ponte della ferrovia (missione mancata)

Udine: Scalo merci 461° e 449° Bombardment Group (H), 15th Air Force

450° Bombardment Group su Udine

Missione N.47

Fonti alleate: Continua il maltempo che dura da diversi giorni e gli obiettivi sono sempre quelli legati al petrolio. 11461° non riesce a raggiungere le installazioni petrolifere di immagazzinaggio a Trieste, a causa del maltempo. Al ritorno dall'obiettivo primario, il Gruppo ha volato sulla laguna di Venezia ma non è riuscito ad individuare un obiettivo a Mestre o a Porto Marghera. Alcuni bombardieri hanno gettato i loro carichi di bombe fuori bordo nell'Adriatico, ma la maggior parte di loro hanno riportato le loro bombe alla base. Tra le ore 7:31 e le 7:57 il 449° parte con 40 B-24 con destinazione il ponte della ferrovia di Latisana, ma trovano l'obiettivo principale e quelli alternativi coperto da nubi e ritornano alla base. Quattro aerei scaricano le bombe in Adriatico per alleggerirsi.

25 Giugno 1944

Pirano, Fiume, Istria: mitragliamenti

15th Air Force

Fonti alleate: Mentre quasi tutta la 15!! Air Force è impegnata in Francia, un gruppo di caccia della stessa 15!! Air Force mitraglia obiettivi lungo le strade di Fiume, Italia-Senje, Jugoslavia e altri punti sulla penisola istriana.

Fonti italiane: Alle 10:30 alcuni aerei calano a Pirano a motore spento e mitragliano il Duomo (isolato sulla collina): una giovane uccisa e altre due ferite.

## 26/27 Giugno 1944

Trieste - Fonti italiane: Nella notte (ore 23:15 del 26 giugno) bombardamento con meno bombe sulle abitazioni, ma comunque con alcune case di abitazione colpite, tra cui il Patronato giovanile di via Navali. Sette morti (1 O secondo altre fonti) e alcuni feriti. Gli obiettivi attaccati sono: la Raffineria Aquila, Coloncovez e la Maddalena.

## 6 Luglio 1944, Giovedì

Trieste: Raffineria

Casarsa della Delizia e Latisana: Ponte ferrovia

Aviano: Deposito petrolio e benzina

454° Bomb Group, 449° Bomb Group, 450° Bombardment Group, 15th Air Force

Missione N.74 Fonti alleate: Più di 530 B-17 e B-24 attaccano lo scalo merci di Verona, l'acciaieria di Bergamo, il viadotto di Avisio, il ponte della ferrovia sul Tagliamento di Casarsa della Delizia, il deposito di petrolio e benzina di Aviano, il deposito di petrolio di Porto Marghera e la raffineria di petrolio di Trieste. P-51 e P-38 forniscono la scorta.

11449° Bomb Group colpiva il ponte della ferrovia di Latisana (Missione N.92). 27 B-24, decollati tra le 6:29 e le 6:44 si incontravano con altre formazioni amiche sopra San Vito alle 7:38 e con la scorta di P-47 alle 9:24. Alle ore 10:11 sganciavano 66 ton. di bombe da 1.000 libbre (con spoletta da .1 e senza ritardo) da 21.000-22.000 piedi, scaricandone 1,5 ton. nel mare Adriatico perché in ritardo. Tutti sono rientrati alla base alle ore 12:36. Non vi era stata alcuna interferenza radio, nessuna contraerea, nessuna perdita e nessun ferito. Non erano stati incontrati aerei nemici, sebbene fossero stati visti 4 aerei non identificati. L'osservazione visuale stabiliva che gli obiettivi erano stati ben centrati, con fumo che raggiungeva i 5.000 piedi e almeno 4 o 5 bombe avevano centrato il ponte, delle quali una o due proprio in centro. Qualche colpo è finito sull'area urbana.

Le fotografie hanno mostrato almeno tre colpi (bombe) sul ponte, 3 colpi vicino all'estremità ovest dello stesso e 2 colpi vicino a quella est, la linea ferroviaria tagliata 500 piedi a ovest e a 1.500 piedi a nord-est dell'obiettivo. Un colpo aveva centrato il collegamento ovest del ponte stradale e la strada verso Mestre era stata colpita 4 volte. Il resto dei colpi era finito sulle rive del fiume e nel distretto industriale e residenziale vicino all'obiettivo.

Fonti italiane: Il bombardamento comincia alle ore 10:25. Un centinaio di bombardieri colpisce Aquilina, Zaule, San Sabba (la raffineria) e la polveriera. Secondo alcune fonti in questa data vengono colpite nel vallone di Muggia il piroscampo "Duilio" e la nave "Stoccolma" che brucerà per due giorni. Secondo altre fonti, queste navi sono state colpite il 10 settembre di questo stesso anno. Poiché le navi danneggiate o semiaffondate restavano sul posto per anni, nemmeno le fotografie sono prove certe della data del fatto. Inoltre va considerato che la stessa nave potrebbe

esser stata colpita più volte in date diverse. Per la Stockholm (Sabaudia) però sono diverse le fonti che indicano la data del 10 settembre.

### 13 Luglio 1944, Giovedì

Trieste: Deposito petrolio

Latisana: Ponte della ferrovia

Pinzano al Tagliamento: Ponte della ferrovia

Venezia: Ponte della ferrovia

454° Bomb Group, 15th Air Force

Missione N.78

Fonti alleate: 581 bombardieri attaccano obiettivi nel Nord-Est dell'Italia. B-17 colpiscono degli scali merci a Mestre e ponti della ferrovia a Latisana, Pinzano al Tagliamento e Venezia. B-24 bombardano scali merci a Brescia, Mantova e Verona e depositi di petrolio a Porto Marghera e Trieste. P-38 e P-51 fanno da scorta; altri P-51 effettuano una penetrazione sopra la valle del Po.

Fonti italiane: Il bombardamento comincia alle ore 10:45, con 1 o bombardieri che attaccano Erpelle Cosina, presso la polveriera, Servala e San Sabba. Secondo il Piccolo "hanno sorvolato la città di Trieste in più ondate, sganciando delle bombe in una località periferica".

### **Dal 15 Luglio 1944**

Fonti italiane: Risultano bombardate: Pisino, Rozzo, Gimino, Olmeto, Silum, Bergozza, Basovizza, San Dorligo della Valle, Opicina, Aquilina, Trieste. Altri luoghi, tra cui Pireno, hanno subito mitragliamenti. A Trieste risultano effettuati quattro bombardamenti. I luoghi con maggiori danni sono: Pisino, Rozzo, Gimino, Aquilina, Opicina. A Trieste in tutto vi sono stati circa 500 morti e oltre 1.000 feriti. Sono state colpite in particolar modo le parrocchie di San Giacomo, San Giovanni Bosco, San Giusto, San Vincenzo de' Paoli, Beata Vergine delle Grazie, Servala, nonché con palazzi distrutti Sant'Antonio Nuovo e Sant'Antonio Vecchio. Molto lesionata la chiesa di San Giacomo.

### 19 Luglio 1944

Trieste: raffineria

Fonti italiane: Tre aerei tra le 11 e le 12:30 sganciano sei bombe vicino alla Raffineria Aquila. I tre aerei si erano staccati da una formazione di 100 bombardieri in volo di rientro da una missione in Germania.



#### 21 Luglio 1944

Pola: fabbrica cementi, porto

Fonti italiane: In un bombardamento su Pola viene colpita la fabbrica cementi e un piroscafo sotto carico.

#### 4 Settembre 1944, Lunedì

Latisana: Ponte della ferrovia

Casarsa della Delizia: Ponte della ferrovia

454° Bomb Group, 15th Air Force

Missione N.112

Fonti alleate: Quasi 400 B-17 e B-24, con relativa scorta, attaccano sommergibili nel porto di Genova e colpiscono le comunicazioni nel Nord Italia compreso il viadotto di Avisio, scali merci a Trento, Bronzola e Ora e ponti della ferrovia a Ora, Casarsa della Delizia e Latisana.

#### 6 settembre 1944

Parenzo Fonti italiane: Un bombardamento aereo colpisce Parenzo con gravissimi danni agli edifici e alle persone.

#### 8 Settembre 1944, Venerdì

Trieste 15th Air Force

Fonti alleate: Alcuni P-51 fanno da scorta ai Beaufighters della RAF verso Trieste.

Fonti italiane: Aerei mitragliano a Trieste i quartieri di Barcola e di Sant'Andrea.

A proposito dei Beaufighters, vi sono dei curiosi episodi di awistamento di UFO vicino a Trieste.

#### 9 Settembre 1944, Sabato

Trieste

Fonti italiane: Non è ben chiaro se quanto riferito per questa giornata sia in effetti da riferire al giorno prima o al giorno dopo. Secondo Livio Grassi (fonte n.j) il mitragliamento e l'affondamento del Rex sono concomitanti e in data diversa da quello del San Marco, ma dai rapporti alleati e da altre fonti pare diversamente. Il Piccolo non aiuta di sicuro.

A Trieste si contano 50 morti (quelli del San Marco?). Nelle acque tra Muggia e Capodistria viene affondato il transatlantico "Rex", costruito nel 1931 nei cantieri Ansaldo di Sestri Ponente, che misurava 268,20 metri di lunghezza, stazzava 51.062 tonnellate e il 16 agosto 1933 aveva ottenuto l'assegnazione del "Nastro Azzurro" per aver percorso il viaggio di 3.181 miglia, da Gibilterra a

New York, in 4 giorni, 13 ore e 58 minuti, superando di 137 minuti il precedente primato del "Bremen" tedesco. Per salvarlo, durante la guerra, fu ormeggiato nel Vallone di Muggia. Dopo l'8 settembre 1943 tedeschi e civili lo saccheggiarono asportando mobili, tappeti, quadri, stoviglie, biancheria. Il 10 giugno venne rimorchiato sotto la costa istriana. Colpito da questo bombardamento e rovesciato su un fianco, brucio per tre giorni. Nel 1947 lo smontarono e ne inviarono i pezzi nelle ferriere. In questo stesso giorno, nelle prime ore del mattino, undici apparecchi angloamericani incendiano e affondano il piroscafo "San Marco" in servizio civile tra Trieste, Salvore e Pireno: 50 morti tra i passeggeri e 5 dell'equipaggio (150 morti più 4 dell'equipaggio e il capitano della nave per Livio Grassi).

#### 10 Settembre 1944, Domenica

Trieste: Infrastrutture del porto

454° Bomb Group, 15th Air Force

Missione N.115

Fonti alleate: 344 B-17 e B-24 bombardano in Austria 5 depositi di artiglieria e la zona industriale a Sud-Est di Vienna e 2 raffinerie di petrolio della zona. 88 B-24 scortati da P-38 e da P-51 bombardano il porto di Trieste.

Fonti italiane:

Alle 11 quarantasei quadrimotori bombardano Trieste. A mezzogiorno intervengono altri dodici. Vengono colpiti il porto Duca d'Aosta e il colle di S. Vito. Due aerei bimotori inglesi Bristol Blenheim attaccano, nel tratto di mare tra la Raffineria Aquila e San Sabba, la nave Sabaudia (ex Stockholm), i piroscafi Giulio Cesare (21.000 ton., recuperato solo nel 1949) e Caio Duilio (22.000 ton.), ambedue del Uoyd, ancorate lì da tempo. Le navi, gravemente colpite, si adagiano sul fianco. Una foto scattata da uno dei due piloti inglesi era stata esposta per lungo tempo nella vetrina di un fotografo triestino ed era apparsa in diverse pubblicazioni. In questa foto si vedevano uno dei due aerei che sorvolava il monte San Pantaleone e le navi colpite con la croce rossa sui fianchi. A Trieste si contano 21 morti e 230 feriti. Molto particolare la storia della Stockholm, che testimonia come questo nome non abbia portato fortuna. La Stockholm era il nome di una nave della SAL (Swedish American Line – Svenska Amerika Linien) che era stata ceduta da questa società nel 1928. La stessa SAL fa costruire con lo stesso nome una nuova nave di 28.000 ton. dai Cantieri Riuniti dell'Adriatico di Monfalcone. La nave viene varata il 29 maggio 1938, ma viene distrutta dal fuoco il 19 dicembre dello stesso anno, prima del suo completamento. L'incendio scoppia di notte e il forte vento e i fumi tossici impediscono la lotta antincendio. La grande quantità di acqua pompata dentro la nave però causa una perdita di stabilità e la stessa nave affonda sul posto. La ricerca sulle cause dell'incendio risulta infruttuosa. Una nuova nave viene ordinata dalla

SAL agli stessi cantieri, utilizzando le apparecchiature che non erano ancora state installate su quella incendiata. Questa nave, di 30.000 ton. sarà la più grande mai fatta costruire dalla SAL.

Il 10 marzo 1940 la nave viene varata ma essendo scoppiata la Seconda guerra mondiale, il 3 novembre 1941, la SAL decide di venderla al governo italiano che la usa come trasporto truppe con il nome di Sabaudia. Sarà questa la nave affondata a Trieste il 1 O settembre 1944.

La SAL, nel 1948, farà costruire in Svezia una nuova nave di 12.165 ton. con il nome di Stockholm. Questa nave sarà quella che il 25 luglio 1956 si scontrerà con l'Andrea Daria presso New York, provocandone l'affondamento (51 morti).

### 23 Settembre 1944, Sabato

Venzone: Viadotto ferroviario

Casarsa della Delizia, Pinzano al Tagliamento, Ponte di Piave, Latisana, San Donà di Piave e

Susegana: Strada e ponti della ferrovia

454° Bomb Group, 15th Air Force

Missione N.124

Fonti alleate: 229 B-24 attaccano obiettivi di comunicazione in Italia, compreso un viadotto a Venzone e una strada e ponti della ferrovia a Casarsa della Delizia, Pinzano al Tagliamento, Ponte di Piave, Latisana, San Donà di Piave e Susegana.

### 11 Ottobre 1944, Domenica

Trieste: {missione mancata}

461° Bombardment Group {H}, 15th Air Force

Missione N.113

Fonti alleate: L'obiettivo per la missione N.113 era la raffineria di petrolio di Vosendorf, a Vienna. Vi era ancora maltempo sopra l'Adriatico. Nella zona di Trieste vi erano acquazzoni e temporali fino alla quota di 30.000 piedi. Non potendo attraversare, aggirare, o sorvolare le formazioni di nubi, il Maggiore Goree ha tentato di condurre la formazione nell'attacco dell'ultimo obiettivo previsto, la fabbrica di Kranj, in Jugoslavia.

### 15 Ottobre 1944

Opicina: Scalo ferroviario

Fonti italiane: Un bombardamento colpisce la stazione ferroviaria di Poggioreale {Opicina}.

---

### 23 Ottobre 1944

Trieste: porto

Opicina: Scalo ferroviario {?}

454° Bomb Group, 15th Air Force

Missione N.140

Fonti alleate: Secondo alcune fonti alleate viene colpito lo scalo ferroviario di Opicina.

Fonti italiane: Un bombardamento colpisce il Porto Nuovo e la zona vicino al mare di Trieste. A Trieste si contano 73 morti e un centinaio di feriti.

### 18 Novembre 1944, Sabato

Aviano, Udine: Aerodromi

450° Bombardment Group, 15th Air Force

Fonti alleate: Più di 680 B-17 e B-24 bombardano le raffinerie di petrolio Floridsdorf a Vienna, e Korneuburg, gli aerodromi di Aviano, Villafranca di Verona, Udine, e Vicenza, e concentramenti di truppe a Visegrad, in Jugoslavia. 126 P-38 scortano la missione in Austria mentre altri 12 bombardano i concentramenti di truppe a Visegrad. 186 P-51 provvedono la copertura per gli attacchi agli aerodromi italiani e attaccato a bassa quota le zone degli obiettivi. Più di altri 50 caccia effettuano ricognizione e scorta.

### 26 novembre 1944

Pola: fabbrica cementi, arsenale

Fonti italiane: Bombardamento su Pola (fabbrica cementi e arsenale).

### 2 Dicembre 1944

Pola

Fonti italiane: Un bombardamento su Pola colpisce il Monte Paradiso, il mercato e il palazzo della Prefettura.

### 7 Dicembre 1944, Giovedì

Trieste

15th Air Force

Fonti alleate: 31 B-17 e B-24 compiono delle incursioni prima dell'alba in Austria, su Salisburgo, Klagenfurt, Villach e sugli scali ferroviari di Lienz, obiettivi di comunicazione a Wolfsberg, Spittal an

der Drau, Mittersill e Sankt Veit a Deferegggen e su Trieste. P-38 e P-51 fanno da scorta e ricognizione.

Fonti italiane: Durante la notte una dozzina di bombe cadono su Trieste e provocano 13 morti e un centinaio di feriti.

29 Dicembre 1944, Venerdì

Udine: deposito locomotive

15° AF

Fonti alleate: Quasi 450 B-17 e B-24 attaccano scali ferroviari in Austria a Innsbruck e Salzburg, in Germania a Passau, Rosenheim, e Landshut, e 2 a Verona. Viene anche attaccata la ferrovia del Brennero e i depositi di riparazione locomotive a Castelfranco Veneto e Udine e il ponte della ferrovia di Bressanone. 14 P-38 bombardano la strada e il ponte a Sud di Rosenheim, in Germania. Circa 300 altri P-38 e P-51 fanno da scorta e ricognizione.

## **Anno 1945**

20 gennaio 1945

Pola: fabbrica di ossigeno

Fonti italiane: Un bombardamento colpisce la fabbrica di ossigeno di Pola.

1 Febbraio 1945, Giovedì

Pola 15th Air Force

Fonti alleate: Più di 300 B-17 e B-24 attaccano in Austria la raffineria di petrolio di Moosbierbaum e gli scali ferroviari di Graz, Furstenfeld, Klagenfurt. 1 bombardiere bombarda Pola. P-38 e P-51 eseguono più di 270 voli per scortare i bombardieri; altri P-38 effettuano le missioni di ricognizione.

7 Febbraio 1945, Mercoledì

Trieste: Porto e cantiere

Pola: Deposito di petrolio

15th Air Force

Fonti alleate: 680 B-17 e B-24 bombardano le raffinerie di petrolio a Moosbierbaum, Schwechat e le raffinerie di Lobau, Floridsdorf, Korneuburg e Kagran nella zona di Vienna; un deposito di petrolio a Pola; il cantiere navale e il porto di Trieste; la città di Bratislava, in Cecoslovacchia; l'Aerodromo Di Zwolfaxing, in Austria; e parecchi obiettivi sparsi occasionali. 274 P-38 e P-51 forniscono la scorta. 8 B-24 sganciano rifornimenti in Jugoslavia. 18 P-51 attaccano a bassa quota

l'aerodromo di Zeltweg in Austria e la zona circostante mentre in Yugoslavia, 1 O P-38 eseguono una penetrazione nella zona di Zagabria-Karlovac-Sisak. Altri P-38 fanno servizio di scorta e ricognizione.

Fonti italiane: Diciotto quadrimotori colpiscono a Trieste Campo Marzio, il porto Duca d'Aosta, il palazzo della Posta, Il silos granaio e lo scalo ferroviario. A Trieste si contano 55 morti e 300 feriti.

Viene colpito anche l'Ufficio Fortificazioni di via Campo Mazio n.7.

### 13 Febbraio 1945, Martedì

Pola: porto 15th Air Force

STUDIO STORICO SNB SOCIETA' NORD BONIFICHE SAS

Fonti alleate: Più di 640 B-17 e B-24, con il supporto dei caccia, nella regione di Vienna, colpiscono il deposito di artiglieria Sud, gli scali merci e il deposito Sud e sud Est, le officine riparazioni C, lo scalo merci di Matzleinsdorf, e gli scali merci a Graz (Austria), Sarvar (Ungheria), e 2 a Zagabria e 2 a Maribor, il porto di Pula, il deposito locomotive e le officine riparazioni del materiale rotabile di Maribor e parecchi obiettivi occasionali. P-38 e P-51 effettuano le missioni di scorta e ricognizione.

### 17 Febbraio 1945, Sabato

Trieste: Corazzata "Conte di Cavour", porto, cantieri

Pola: Porto e cantieri

RAF e 15th Air Force

765° Bombardment Squadron (H), 461° Bombardment Group (H)

Fonti alleate: La corazzata italiana "CONTE DI CAVOUR", affondata nel 1940 durante l'attacco della Fleet Air Arm su Taranto e salvata ma non riconsegnata, viene distrutta nelle incursioni della RAF su Trieste.

Circa 500 B-17 e B-24 attaccano lo scalo ferroviario, la stazione e la fabbrica di benzolo a Linz, l'acciaieria Judenburg, le fabbriche di carri armati a Steyr e a Sankt Valentin, gli scali ferroviari a Graz, Wels, Bruck an der Mure Villach, in Austria; più i cantieri navali e i porti a Fiume, Trieste e Pola. P-38 e P-51 scortano i bombardieri, guidano le missioni di ricognizione, sganciano rifornimenti, attaccano a bassa quota in Austria linee ferroviarie nella zona di Vienna-Linz e velivoli a Ardning ed a Grafenstein, ed effettuano ricognizioni fotografiche e per le condizioni atmosferiche.

461° Bombardment Group (H)

Missione N.177 L'obiettivo primario per la missione N.177 era la raffineria di petrolio di Schwechat vicino a Vienna. A causa del ritardo nel decollo dovuto al maltempo sopra le Alpi, la formazione alla fine decolla alle ore 11:10. A causa del ritardo, l'ultimo obiettivo previsto, i cantieri navali a

Trieste, si è trasformato nell'obiettivo primario.

La formazione è stata condotta dal capitano Roberts. Gravi danni sono stati inferti all'obiettivo ma lo schema di bombardamento era sparso con il risultato che la missione ha avuto un successo del 24, 1 per cento. Una grande nave da guerra, che si trovava in quel momento nel porto, è stato colpito. Questa nave è stata più tardi identificata come la corazzata italiana Cavour ed è stata attaccata dalla Royal Air Force.

Fonti italiane: Trieste viene colpita da tre ondate successive rispettivamente di 40, di 21 e di 16 caccia-bombardieri che lasciano cadere sulla città 500 bombe dirompendi e molti spezzoni incendiari. I danni ammontano a 1 miliardo di lire. Incendi all'arsenale del Uoyd, allo lufificio e al Canapificio, affondamento dell'esploratore "Pigafetta" ed inoltre danni al cantiere San Marco e ad alcune navi. A Trieste si contano 27 morti e 300 feriti.

#### 19 Febbraio 1945, Lunedì

Fiume: cantieri

Pola: porto e installazioni militari

15th Air Force

Fonti alleate: Durante la notte tra il 18 e il 19 febbraio, 11 B-24 sganciano rifornimenti nel Nord Italia. In Austria durante il giorno quasi 500 B-24 e B-17, scortati da circa 220 P-51 e P-38, bombardano 2 scali merci e la zona della stazione Sud a Vienna, scali merci a Klagenfurt, Graz, Bruck an der Mur, Maribor; cantieri navali a Fiume, il porto e installazioni militari a Pula. 51 P-51 attaccano a bassa quota la ferrovia, il traffico sul fiume e gli aerodromi fra Linz e Vienna e nella zona de Graz; altri P-51 e P-38 fanno da scorta e ricognizione.

#### 20 Febbraio 1945, Martedì

Trieste: Cantieri

Pola: Porto

Fiume: Cantieri

15th Air Force

454° Bomb Group- Missione N.196, 456° Bomb Group

Fonti alleate: Più di 520 B-17, con scorta di caccia, e B-24 bombardano le raffinerie di petrolio di Lobau, Vienna e Schwechat, in Austria e gli scali merci di Floridsdorf a Vienna, acciaierie a Kapfenberg, il porto di Pola e i cantieri navali di Trieste e Fiume.

"Oggi abbiamo bombardato i cantieri di Trieste con risultati molto buoni. Sono stati osservati molti incendi. Bombardamento a vista con limitata contraerea. Freddo da morire: -42°C! L'aeroplano ha



avuto bisogno di un sacco di riparazioni. NESSUN CACCIA NEMICO"

(dal diario di missione di Gerald G. Smith, 456° Bomb Group)

Fonti italiane: Bombardieri sganciano su Trieste 1.500 bombe. Danni al cantiere San Rocco e affondamento della nave "Cavour". Una decina di grosse unità, piegate su un fianco, giacciono sul fondale del vallone di Muggia, definito il "cimitero delle navi".

#### 21 Febbraio 1945, Mercoledì

Trieste: Cantieri

Fiume: Cantieri

15th Air Force

Fonti alleate: Durante la notte tra il 20 e il 21 febbraio, 1 B-17 e 13 B-24 sganciano rifornimenti nel Nord Italia. Durante il giorno più di 500 B-17 e B-24 con scorta di caccia bombardano Vienna, obiettivi ferroviari austriaci (scalo C, stazione Sud e scalo merci di Matzleinsdorf), scali merci a Bruck an der Mur, Wiener-Neustadt e Zeltweg (Austria), Sopron (Ungheria) e i cantieri navali a Trieste e Fiume. Fonti italiane: Quattro bombardieri lasciano cadere un centinaio di bombe sui magazzini Generali di Trieste.

#### 23 Febbraio 1945, Venerdì

Udine: Scalo merci 454° Bomb Group-15th Air Force Missione N.199 Fonti alleate: Circa 380 B-17 e B-24 colpiscono gli scali merci di Villach, Worgl, Knittelfeld, e Klagenfurt, tutti in Austria e quello di Udine, oltre al bivio ferroviario di Kitzbuhel. Più di 140 P-38 e P-51 fanno da scorta; alcuni caccia attaccano a bassa quota le zone a Nord Ovest di Unz, e a Nord di Munich. Altri 35 P-38 bombardano lo scalo ferroviario di Worgl e 30 di questi poi attaccano a bassa quota la linea ferroviaria tra Rosenheim, Innsbruck e Landeck. Altri P-38 e P-51 fanno da scorta.

#### 24 Febbraio 1945, Sabato

Udine: Scalo merci

15th Air Force

Fonti alleate: Più di 500 B-17 e B-24, con scorta di caccia, attaccano gli scali merci di Udine, Padova, Verona, Ferrara, Graz e Klagenfurt, il ponte della ferrovia di Ferrara e diversi obiettivi occasionali. Durante la notte precedente 20 B-24 hanno continuato a sganciare rifornimenti nel Nord Italia.



### 27 Febbraio 1945

Pola Fonti italiane: Pola subisce sei bombardamenti sul quartiere S. Policarpo, Valavina, Port'Aurea, Piazza Serlio, Via Muzio, Forte Bradamante, Scoglio S. Andrea e Monte Castagner: 18 morti e 30 feriti.

### 3 marzo 1945

Pola Fonti italiane: Bombardamento aereo su Pola con danni di particolare gravità al pronao e alla cella del Tempio di Augusto e al presbiterio del Duomo. I due edifici verranno restaurati da tecnici italiani prima che la città venga consegnata alle autorità jugoslave.

### 7 marzo 1945 Udine

Fonti italiane: Un bombardamento provoca l'incendio della Chiesa di San Francesco in Udine. La città ha subito 25 bombardamenti.

### 24 Marzo 1945, Sabato

Udine: aerodromo 15° AF Fonti alleate: 660 B-24 e B-17 bombardano una fabbrica di carri armati a Berlino e aerodromi in Germania a Munich e Neuburg an der Donau, scali merci in Cecoslovacchia a Budejovicee obiettivi alternativi e occasionali compresi gli aerodromi di Plattling, Erding e Udine. P-38 e P-51 scortano la missione contro gli obiettivi in Germania ed effettuano la ricognizione.

### 25 Marzo 1945, Domenica

Udine: aerodromo 15° AF Fonti alleate: In Cecoslovacchia, più di 650 B-17 e B-24 colpiscono 2 aerodromi e una fabbrica di carri armati a Praga (la rosa di tiro delle bombe colpisce anche due altri aerodromi vicini) e un aerodromo a Cheb. Bombardati anche obiettivi alternativi come gli aerodromi di Wels (in Austria) e Udine. P-38 e P-47 fanno da scorta ed effettuano una penetrazione e un attacco a bassa quota su Nurnberg-Eibelstadt-Wurzburg-Regensburg, oltre alla ricognizione.

### 4 aprile 1945

Umago Fonti italiane: Bombardamento su Umago.

### 19 Aprile 1945

San Stino di Livenza: Installazioni  
454° Bomb Group -15th Air Force



---

Missione N.239

25 aprile 1945

Paranza Fonti italiane: Ultimo bombardamento su Parenzo. La foto sotto è stata fatta dal Lt. Boyce ed è tratta dal sito citato nella bibliografia [fonte n.20]. Le bombe erano destinate probabilmente a due navi visibili nella foto.

5 Maggio 1945

Trieste, Fiume e Udine: Ricognizione

3° Squadrone australiano

Fonti alleate: Ultima missione della II Guerra Mondiale del 3° Squadrone australiano. Si tratta di una ricognizione sopra le zone di Fiume, Trieste e Udine.



*Immagine 09 – Bombardamento porto di Trieste*



*Immagine 10 – bombardamento porto Trieste 10 giugno 1944 (Rivista Italia 1943)*



*Immagine 11 – bombardamento porto Trieste 10 giugno 1944*



*Immagine 12 – bombardamento porto Trieste 2 aprile 1944 (Rivista Italia 1943)*



*Immagine 13 – bombardamento porto Trieste 20 febbraio 1945 (Rivista Italia 1943)*

## 6.4 ARCHIVIO RINVENIMENTI MINISTERO DELLA DIFESA

Periodo rappresentato: 2000 - 2010

- 11/01/2000: Trieste Villa Opicina - Pian del Grisa 1 bomba da mortaio
- 20/01/2000: Trieste Basovizza - Trebiciano - zona boschiva 1 bomba da mortaio, cartucce varie
- 02/02/2000: Trieste Via Malcanton, 121 bomba a mano SRCM
- 02/02/2000: Trieste Fraz. Basovizza - vicino caserma CC 1 granata da 75mm
- 17/02/2000: Trieste Via Errera- inceneritore comunale 1 bomba da mortaio da 60mm
- 03/03/2000: Trieste Via Sporcavilla - scavo archeologico 1 bomba a mano, 1 spoletta
- 19/04/2000: Trieste Fraz. S.Maria Inferiore 1 proietto da bombarda
- 21/04/2000: Trieste S.P. 1 1 ordigno non identificato
- 08/05/2000: Trieste Borgo S.Sergio 1 bomba d'aereo
- 25/05/2000: Trieste Fraz. Banne 1 bomba a mano
- 18/08/2000: Trieste Banne - scuola elementare 1 bomba da mortaio
- 28/08/2000: Trieste Basovizza - osservatorio astronomico 1 granata
- 31/08/2000: Trieste Villa Opicina -v. Monrupino, 77 1 bomba a mano
- 17/10/2000: Trieste Basovizza 4 granate
- 27/11/2000: Trieste Trieste 1 ordigno non identificato
- 04/12/2000: Trieste Trieste 1 ordigno non identificato
- 28/12/2000: Trieste Trieste 1 granata, 1 bomba a mano
- 15/01/2001: Trieste Opicina 1 granata
- 20/03/2001: Trieste Basovizza - Sincotrone 1 bomba da mortaio
- 30/04/2001: Trieste Opicina - Pian del Grisa - camping 7 bombe a mano
- 25/05/2001: Trieste Basovizza 1 bomba da mortaio
- 21/08/2001: Trieste Trebiciano, 192 1 bomba a mano SRCM
- 03/04/2002: Trieste Padriciano 1 bomba da mortaio
- 05/04/2002: Trieste Villa Opicina - camping Pian del Grisa 1 bomba da mortaio
- 23/07/2002: Trieste Villa Opicina-v. degli Alpini, 109 1 bomba a mano

## 7 INQUADRAMENTO DOCUMENTALE

Questo rapporto tecnico si fonda sull'applicazione di conoscenze e di leggi scientifiche riconosciute, integrate ovviamente da valutazioni professionali circa eventi o fenomeni suscettibili di interpretazione. Le stime e le considerazioni ivi espresse sono basate su informazioni acquisite o comunque disponibili al momento dell'indagine e sono strettamente condizionate dai limiti imposti dalla tipologia e dalla consistenza dei dati utilizzabili, e dalla definizione resa in merito alla definizione progettuale per le aree in esame. La successiva definizione di ulteriori eventuali interventi di antropizzazione in area progettuale resta unicamente ad arbitrio ed insindacabile giudizio del RUP [Responsabile Unico del Procedimento] e del CSP (Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione), figura legislativamente direttamente preposta, ai sensi della Legge n. 177, emanata in data 1 ottobre 2012, oggetto di successivo decreto di attuazione interministeriale (D.M. 82/2015).

L'analisi dello stato di fatto, sovrapposta poi allo stato di progetto, consente di ottenere parametri utili sul suolo e sul sottosuolo in esame, per coordinare ed armonizzare informazioni utili in merito ad alterazioni eventuali del piano di campagna attuale, rispetto al piano di campagna originario analizzato.

Dal punto di vista geografico l'intervento in esame interessa un ambito territoriale ubicato in territorio comunale di Trieste, in area portuale compresa tra lo scalo legnami e l'area ex Italsider.

Comprende sia l'ambito terrestre, dalla ferriera di Servola fino allo scalo legnami, sia la parte a mare, dove verrà realizzato un molo con penetrazione in mare per poco meno di 1000 m.

Dal punto di vista geomorfologico generale la morfologia del territorio passa rapidamente da collinare a montuosa in virtù delle ripide scarpate che delimitano il Carso. I rilievi presenti nel territorio fanno parte della Catena delle Dinaridi Esterne, in particolare del settore di catena ad ovest della Faglia di Idria, imponente lineamento a cinematica trascorrente che potrebbe rappresentare l'attuale "binario" orientale di scorrimento della Zolla Adriatica nel suo moto traslatorio verso nord e nord-ovest.

Dal punto di vista geologico generale, fatto salvo quanto riportato sopra, il territorio provinciale triestino è quindi caratterizzato da un basamento roccioso afferente alla Formazione del Flysch triestino, di età paleogenica, costituito da un'alternanza ritmica e variabile di arenarie e marne in strati normalmente ben distinti. Tecnicamente si distinguono facies prevalentemente arenacee con intercalazioni di marne, facies al 50% di marne ed arenarie, e facies marnose con rare intercalazioni arenacee.

Le arenarie sono rocce a matrice carbonatica inglobanti una frazione detritica costituita essenzialmente da granuli di calcite, quarzo, altri silicati e resti di microfossili. Le marne sono rocce carbonatiche argillose; hanno composizione mineralogica simile alle arenarie, ma si differenziano per una maggiore percentuale di carbonati a scapito degli altri componenti mineralogici; essendosi depositate in straterelli o lamine sottili si presentano fogliettate. Le formazioni carbonatiche calcaree (Cretaceo Superiore - Eocene Medio), sono alternate a marne ed arenarie (Eocene medio) e depositi alluvionali, prodotte dal Quaternario all'attuale. Contestualmente alle prime spinte orogenetiche (Senoniano superiore) si delineano l'Anticlinale del Carso Triestino e la Sinclinale Capodistria Trieste. L'ambiente torna nuovamente ad essere molto protetto, poi più aperto, litoraneo con influenze terrigene. Nell'Eocene la ripresa delle fasi orogenetiche produce materiale detritico che trasportato dai corsi d'acqua costituisce sedimenti deltizi che coprono la piattaforma (sedimenti torbiditici del Flysch). L'Oligocene è caratterizzato dalla crisi orogenetica dinarica: con la formazione delle principali strutture tettoniche si verificano il sollevamento dell'Anticlinale e il collasso dei sedimenti torbiditici.

Dal punto di vista stratigrafico generale, in esito alle indagini eseguite in aree adiacenti, la successione stratigrafica si notano alternanze ritmiche, con periodi molto variabili, di pacchetti di marne generalmente carbonatiche-argillose, grigiastre, fragili, con strati e banchi di arenarie compatte calcitiche –quarzofeldspatiche, da grigio chiare a grigio scure (Eocene). Sono presenti marne sono rocce prevalentemente carbonatiche con componente argillosa variabile, a strati di potenze variabili da 3-10 dm a pochi centimetri, spesso fogliettate e abbastanza fragili. Il colore varia da grigio ceruleo a grigio cupo. Sono presenti anche formazioni arenarie, con presenza rocce a matrice carbonatica, inglobanti a volte frazioni detritiche, molto dure, compatte e rigide, nettamente stratificate, con uno spessore dei singoli strati variabile da 1 cm a 2 m.

L'area della ferriera, però, al di là della morfologia geologica, è stata interessata da riempimenti vari, che hanno alterato profondamente lo stato litologico degli strati superiori, e che hanno modificato sostanzialmente anche il piano campagna del periodo bellico. Soprattutto nelle parti a terra, i riempimenti di materiale detritico di origine ferrosa rendono alquanto difficile l'individuazione di anomalie magnetiche.



*Immagine 14 – Evoluzione linea di costa*

Dal punto di vista dello stato di progetto generale l'intervento in esame consiste nella realizzazione di una serie di interventi antropici finalizzati alla riqualificazione dell'infrastruttura portuale esistente. La Piattaforma in progetto si sviluppa su un'area di circa 247000 m<sup>2</sup> e prevede la realizzazione di 140000 m<sup>2</sup> nuove banchine, un terminal ferroviario e nuovi edifici, tra cui un magazzino a temperatura ambiente, un magazzino frigorifero, aree dedicate al deposito container, palazzina uffici, parcheggi e autolavaggio, viabilità interna e bypass esterno.

Allo scopo è prevista la progettazione dell'intero sistema di urbanizzazione tra cui rete di drenaggio acque meteoriche, rete fogna nera, rete antincendio, rete acquedottistica e sottoservizi elettrici, telefonici e gas. Nell'ambito del progetto è prevista anche la deviazione del torrente Baiamonti, attualmente recapito della fognatura civile di località Ferriera.

Una prima fase, che coinvolge in substrato, è la realizzazione delle indagini geognostiche, ambientali ed archeologiche, sia a mare che a terra, con profondità notevoli e tali da interessare tutto il substrato di potenziale interesse per la valutazione del rischio bellico.

Dal punto di vista dell'analisi balistica, valutati i tre fattori di base principali che determinano la localizzazione di bombe d'aereo inesplose nel sottosuolo (angolo d'ingresso; traiettoria orizzontale; capacità di penetrazione), visto il tipo di sottosuolo e analizzati i dati documentali relativi ai precedenti rinvenimenti di ordigni residuati bellici inesplosi di grosso calibro in aree adiacenti, si ritiene di poter ragionevolmente definire come quota massima di penetrazione di una bomba d'aereo inesplosa da 500 – 1000 Lbs la quota – 5/-7,00 metri da piano di campagna originario del periodo bellico esaminato.

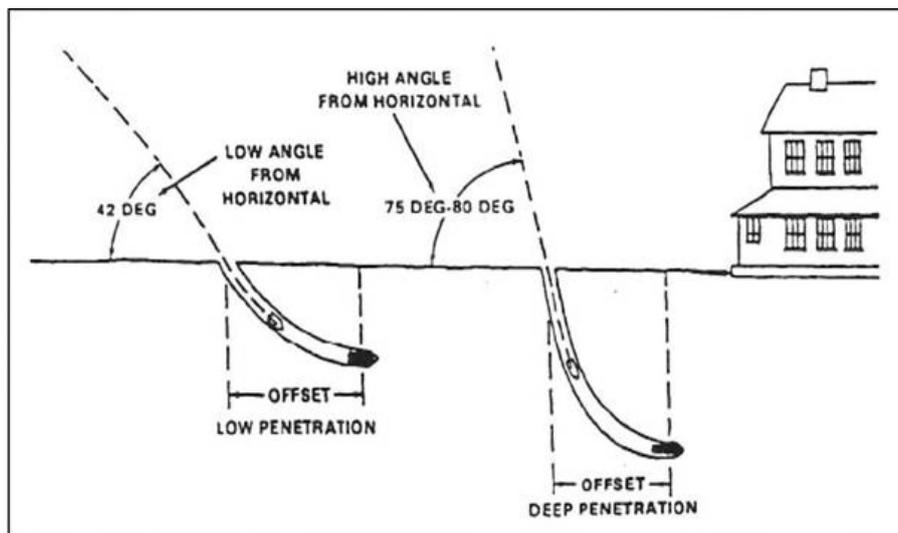


Immagine 15 – Influenza dell'angolo d'impatto sulla profondità

La capacità di penetrazione di un ordigno bellico sotto al piano campagna, è data dalla relazione:

$$C_p = C_f \times [(1.00 \text{ [m]} / 100 \text{ [lbs]}) \times \text{Peso [lbs]}]$$

La  $C_p$  è riferita al piano campagna esistente durante il periodo bellico, pertanto devono essere tenute in considerazione eventuali modifiche e manipolazioni del suolo avvenute nei periodi successivi.  $C_f$  rappresenta invece il coefficiente di penetrazione stimato, in base alla consistenza media del terreno oggetto di penetrazione, variabile a seconda che si consideri un substrato composto da rifiuto di roccia, roccia tenera, sabbia, argilla, limo-sabbioso, limo o strato imbevuto d'acqua fino a saturazione (come indicato nel seguito). La  $C_p$  è infatti riferita ad una tipologia di terreno compatto, ed è perciò suscettibile di leggere variazioni in merito alla profondità di ritrovamento dell'eventuale ordigno esplosivo residuo bellico. E' importante inoltre specificare che il Ministero della Difesa, ente competente per emettere parere vincolante in merito alle procedure di messa in sicurezza convenzionale (bonifiche belliche), ha definito come quota

massima di rinvenimento ordigni residuati bellici inesplosi la profondità di – 7,00 metri da piano di campagna originario (Circolare Protocollo MD/GGEN/01 03437/121/701/11 – 08.06.2011) In considerazione dei rinvenimenti censiti di ordigni inesplosi, in funzione della tipologia di terreno esaminato, possiamo convenzionalmente classificare la capacità di penetrazione in profondità di un ordigno residuo bellico inesplosivo, considerando ovviamente opportune variabili relative a dimensione, peso, altitudine di lancio, secondo la seguente tabella:

TIPO DI SUBSTRATO	$C_f$ [min - max]	CAPACITÀ DI PENETRAZIONE
Rifiuto di roccia	0.00	$C_p = 0.00 \times (1.00 \text{ m} / 100 \text{ lbs}) \times \text{peso [lbs]}$
Rocce tenere/fratturate	0.00 - 0.10	$C_p = 0.10 \times (1.00 \text{ m} / 100 \text{ lbs}) \times \text{peso [lbs]}$
Ghiaioso	0.10 - 0.40	$C_p = 0.30 \times (1.00 \text{ m} / 100 \text{ lbs}) \times \text{peso [lbs]}$
Sabbioso	0.30 - 0.50	$C_p = 0.40 \times (1.00 \text{ m} / 100 \text{ lbs}) \times \text{peso [lbs]}$
Argilloso	0.35 - 0.55	$C_p = 0.45 \times (1.00 \text{ m} / 100 \text{ lbs}) \times \text{peso [lbs]}$
Limoso / sabbioso	0.40 - 0.80	$C_p = 0.60 \times (1.00 \text{ m} / 100 \text{ lbs}) \times \text{peso [lbs]}$
Prevalentemente limoso	0.55 - 0.80	$C_p = 0.65 \times (1.00 \text{ m} / 100 \text{ lbs}) \times \text{peso [lbs]}$
Terreno barenale	0.70 - 1.00	$C_p = 0.85 \times (1.00 \text{ m} / 100 \text{ lbs}) \times \text{peso [lbs]}$

La massa dell'ordigno, quindi, gioca un ruolo essenziale sulla capacità di penetrazione, e uno schema che ne cataloga il valore massimo in funzione della tipologia (e quindi della massa) è quello di seguito riportato:

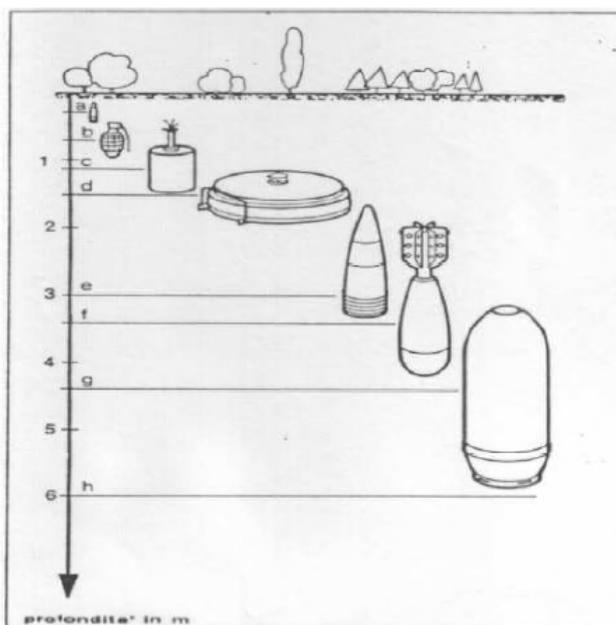


Immagine 16 – Variabilità delle profondità di ritrovamento in funzione della tipologia di ordigno

Per le aree a terra, dal punto di vista geofisico generale, l'utilizzo in sede di rilievo di campo della prospezione geoelettrica tridimensionale rappresenta l'unica metodologia di rilievo indiretto applicabile che consente di analizzare, interpretare e georeferenziare tutti i fenomeni di perturbazione magnetica ed elettromagnetica presenti nel sottosuolo a notevoli profondità, ascrivibili a masse magnetiche omogenee o eterogenee, in un ambiente comunque molto antropizzato e pesantemente rimaneggiato, anche in epoca post bellica. Analizzando i dati documentali complessivi emersi dall'insieme delle indagini storico-documentali eseguite, in particolare l'attività residuale documentata di natura aerea, interfacciandoli poi con l'analisi balistica e l'analisi tecnica relativa alla capacità di penetrazione di un ordigno residuo bellico di maggior massa potenzialmente rinvenibile in sito (proietto di grosso calibro di massa target riferibile a bomba d'aereo inesplosa da 500 o 1000 Lbs GP), valutato il presunto strato di riporto antropico post bellico in modo convenzionalmente, si stima come massima profondità a rischio la quota di – 10,00 metri da p.c. attuale esistente.

A tale quota massima di riferimento sarà riferita la successiva analisi geofisica, atta ad individuare, mappare, referenziare ed evidenziare la presenza od assenza di tali masse tipo magnetiche od elettromagnetiche singolari, puntuali, isolate, di cui a massa tipo a potenziale rischio bellico residuo, storicamente potenzialmente rinvenibile.

## 8 CONCLUSIONI

Obiettivo prefissato della presente analisi è fornire alle figure responsabili del coordinamento della sicurezza in fase progettuale uno strumento per ottemperare agli obblighi normativi vigenti, ovvero per valutare il grado di rischio bellico residuo ascrivibile al sito progettuale, al fine di prevedere la necessità o meno di ulteriori interventi di analisi, valutazione o messa in sicurezza convenzionale.

Nell'analisi e valutazione di un rischio bellico residuo, come previsto dalla vigente legislazione, in considerazione della delicatezza della materia in esame, si applica un criterio che consenta di definire due parametri interpretativi limite di definizione da trasmettere al Coordinatore della Sicurezza:

- *Livello rischio bellico residuo "accettabile", in relazione alle conoscenze note.*
- *Livello rischio bellico residuo "non accettabile", in relazione alle conoscenze note.*

Il primo strumento disponibile ed utilizzabile in sede di valutazione rischio bellico residuo è rappresentato dallo studio storico preliminare (analisi storiografica).

L'analisi storiografica eseguita per documentare l'attività bellica sul territorio in esame, risalente al secondo conflitto mondiale, ci rappresenta che il territorio oggetto di analisi:

- *È stato interessato da un'importante attività bellica documentata (campale e/o aerea)*

Si evidenzia anche il fatto che dal 2000 al 2014 sono stati effettuati alcuni ritrovamenti mediante bonifica bellica occasionale di varie tipologie di ordigni.

L'analisi documentale (stato di fatto – stato di progetto – stato litologico – balistica)

- *Conferma la criticità storica (aree naturali, per le aree interessate e per la profondità di interferenza dei lavori con il substrato)*

Alla luce delle conoscenze note, dei dati emersi in sede di analisi storica, si ritiene di dover orientare la valutazione del rischio bellico residuo, di competenza del Coordinatore della Sicurezza in fase di progettazione, verso un rischio **NON ACCETTABILE**, dove riferito al target delle bombe d'aereo (500/1000 libbre).

Pertanto, come peraltro già previsto dall'incarico, si ritiene opportuno consigliare alla figura normativamente preposta alla redazione del PSC per eventuali interventi sul territorio in esame, di valutare di ricorrere agli ulteriori strumenti messi a disposizione dalla normativa tecnica vigente in merito alla valutazione del rischio, quali le indagini strumentali citate ai paragrafi iniziali. Il processo

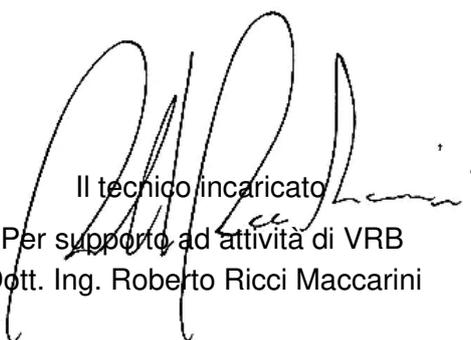
di gestione complessiva del rischio bellico residuo dovrebbe essere completato prevedendo in modo alternativo o consequenziale le seguenti attività:

- a) un'analisi strumentale indiretta, ad integrazione valutazione rischio bellico residuo, nell'ambito oggetto di future antropizzazioni;
- b) una messa in sicurezza convenzionale preventiva, definita bonifica precauzionale e sistematica, sull'intero ambito progettuale.

A lettera delle Linee Guida Sicurezza emanate dal CNI (edizione 2017 – revisione 2018) in materia di valutazione rischio bellico, si rammenta che le procedure operative da adottarsi a cura del coordinatore della sicurezza all'interno del documento di valutazione rischi sono le seguenti:

- Qualora il CSP valuti **RISCHIO NON ACCETTABILE** si rende necessario attivare la procedura di bonifica (bonifica bellica sistematica preventiva) e tutte le eventuali misure di prevenzione e protezione allo scavo ritenute migliorative e/o integrative per la situazione in oggetto.
- Qualora il CSP valuti **RISCHIO ACCETTABILE**, non è necessario attivare la procedura di bonifica bellica preventiva, ma è comunque opportuno che valuti l'impiego di misure integrative di sicurezza degli scavi e che preveda una ben precisa procedura che imprese e lavoratori autonomi dovranno seguire in caso di ritrovamento accidentale (bonifica occasionale) che si riassume in:
  - sospensione immediata lavorazioni in cantiere;
  - segnalazione rinvenimento ordigni cc competente (o autorità PS);
  - intervento/sopralluogo genio guastatori su ordigni;
  - ripresa lavori post smaltimento / distruzione / disattivazione;

Bolzano, 12.11.2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Roberto Ricci MacCarini".

Il tecnico incaricato  
Per supporto ad attività di VRB  
Dott. Ing. Roberto Ricci MacCarini



HHLA PLT Italy - via Miramare 5, 34145 Trieste

**CAMPAGNA DI INDAGINI STRUMENTALI A SUPPORTO DELLA  
VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO DELL'OPERA**  
(Ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

**AREA: AREA PORTUALE DI TRIESTE (TS)**

• **ANALISI STRUMENTALE GEOFISICA**

**GEOSIDE GEOFISICA srl**

TITOLO ELABORATO: <b>RELAZIONE TECNICA</b>					DATA: 12.11.2021
CODIFICA ELABORATO					
<b>STR</b>	<b>0522</b>	<b>RTC</b>	<b>002</b>	<b>0</b>	
EMITTENTE	NR. COMMESSA	TIPO ELABORATO	NR. PROGRESSIVO	REV.	

SERVIZIO TECNICO:



**CONSORZIO S.T.E.R.N.**

via Marie Curie, 17 - 39100 Bolzano (BZ)

e-mail: info@consorzio stern.it PEC: consorzio stern@pec.it

p.IVA: 02945340210 numero REA: 218776



**V.INC.A.** srls / vGmbH

Via Marie Curie, 17 - 39100 Bolzano (BZ)



**GEOSIDE GEOFISICA** srl

Contrà Borgo Sole 19 - 35013 Cittadella (PD)



**BIOTTO** srl

Via Cavour, 121/B - 30010 Camponogara (VE)



**ECOGAIA** srl

Via Cantù, 2B - 35010 Cadoneghe (PD)



**ARCHEODRONE** snc

Via della Croce Rossa 42 - 35137 Padova (PD)

REV. N.	DATA	DESCRIZIONE	RED.	APPR.	
00	12.11.2021	PRIMA EMISSIONE	LP/LF	RRM	

## 1 INDICE

1	INDICE .....	2
2	GENERALITA' .....	4
3	FINALITA' .....	8
4	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	8
	4.1 Legge N. 177/2012 .....	9
	4.2 D.M. nr.82 del 11 maggio 2015 (Regolamento attuativo messa in sicurezza) .....	9
5	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	10
6	ANALISI STRUMENTALE.....	16
	6.1 METODOLOGIA DELLE OPERAZIONI DI RILIEVO ED ACQUISIZIONE DEI DATI.....	18
	6.2 METODOLOGIE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATE .....	18
	6.2.1 INDAGINI MAGNETOMETRICHE .....	18
	6.2.2 INDAGINI SUB BOTTON PROFILER .....	25
	6.2.3 INDAGINI ELETTROMAGNETICHE .....	27
	6.2.4 INDAGINI GEORADAR .....	29
	6.2.5 INDAGINI GEOELETTRICHE .....	32
	6.2.5.1 TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D .....	35
	6.2.5.2 DETERMINAZIONE DELLA POLARIZZAZIONE INDOTTA (IP) .....	36
	6.2.5.3 OPERAZIONI DI CAMPAGNA E STRUMENTAZIONE ADOTTATA .....	36
	6.2.6 RILIEVO TOPOGRAFICO .....	37
	6.3 ANALISI ED ELABORAZIONE DEI DATI.....	38
	6.3.1 DATI GRADIOMETRICI (GRAD) .....	38
	6.3.2 DATI GEOELETTRICI .....	38
	6.3.3 DATI ELETTROMAGNETOMETRICI (VLF) .....	38
	6.3.4 DATI RADAR .....	39
	6.3.5 DATI GEOELETTRICI .....	39
	6.3.6 DATI TOPOGRAFICI .....	40
	6.4 RISULTATI .....	40
	6.4.1 RILIEVI A MARE .....	40
	6.4.2 RILIEVI A TERRA .....	45



---

7	CONCLUSIONI.....	51
8	APPENDICE FOTOGRAFICA INDAGINE STRUMENTALE .....	54

## 2 GENERALITA'

Il **Consorzio S.T.E.R.N.** è stato incaricato dalla Committenza – HHLA PLT Italy s.r.l. - di eseguire un'attività di supporto tecnico amministrativo alla valutazione del rischio bellico residuo, prevista ad onere e cura del Coordinatore della Sicurezza, al fine di consentire allo stesso la definizione del livello di rischio applicabile all'intervento progettuale, ai sensi del T.U.S. 81/2008 come emendato dalla legge 177/2012, presente per l'area interessata dai lavori di ampliamento della piattaforma logistica, sita nel comune di Trieste, nella zona portuale, sia con indagini a terra che con indagini a mare.

L'attività di supporto alla valutazione di rischio bellico residuo consta, nel presente caso, in una campagna di indagine strumentali a supporto dell'analisi storico-documentale, riportata nella relazione STR.0522.RTC.001, al fine di contestualizzare il rischio sull'area interessata.

Titolare delle competenze professionali per la valutazione del rischio interferente è la società **V.INC.A. srls**, consorziata al citato consorzio, nella persona dello scrivente ing. Roberto Ricci Maccarini, mentre le indagini geofisiche sul campo sono state eseguite dalla società **GEOSIDE GEOFISICA srl**, anch'essa consorziata.

L'obiettivo delle indagini era la mappatura combinata e georeferenziata delle anomalie presenti nel primo sottosuolo, ad integrazione della Valutazione del Rischio Bellico Residuo dedotta dall'analisi storica e riportata nella citata relazione.

In particolare, l'indagine aveva come obiettivo la mappatura di aree poste in corrispondenza dell'ubicazione prevista per la realizzazione di n° 44 sondaggi a mare di cui n° 8 di tipo geotecnico e n° 36 di tipo ambientale, e n° 16 sondaggi a terra di cui n° 9 di tipo geotecnico e n° 7 di tipo ambientale. Su indicazione della Committenza si è inoltre ricercata l'ubicazione di n° 2 condutture di scarico del depuratore di Servola.

La valutazione, accertato che il territorio in esame non è estraneo ad eventi bellici, consegue contestualmente le risultanze della parte storico documentale e della parte strumentale, eseguita mediante indagine geofisica.

Per la parte strumentale, le tecniche di prospezione geofisica valutate più efficaci e messe in atto per il caso specifico sono state:

- rilievo magnetico con magnetometro marino Explorer della Marine Magnetics;
- rilievo con metodologia Sub Bottom Profiler con strumentazione Innomar SES-2000;
- rilievo georadar multicanale con sistema IDS Stream-X;
- rilievo elettromagnetometrico VLF (Very Low Frequency) con sistema EMFAD VLF;
- tomografia elettrica 3D con Georesistivimetro IRIS Syscal Pro;



- rilievo topografico per la georeferenziazione delle misure geofisiche con strumentazione satellitare sistema GNSS Trimble R8S

I risultati di tale indagine sono descritti nella presente relazione e riportati nelle tavole grafiche allegate alla presente. Sono dunque parte integrante della presente relazione anche gli elaborati grafici:

Indagini a terra:

21125\_TAV01\_SG003\_SA002.pdf  
21125\_TAV02\_SA003.pdf  
21125\_TAV03\_SG004.pdf  
21125\_TAV04\_SG005.pdf  
21125\_TAV05\_SG006\_SG007.pdf  
21125\_TAV06\_SG008.pdf  
21125\_TAV07\_SG001.pdf  
21125\_TAV08\_SG002\_SA001.pdf  
21125\_TAV09\_SA004\_SA005.pdf  
21125\_TAV09\_SA004\_SA005\_R1.pdf  
21125\_TAV09\_SA004\_SA005\_R2.pdf  
21125\_TAV09\_SA004\_SA005\_R3.pdf  
21125\_TAV10\_SA007\_SG009.pdf  
21125\_TAV10\_SA007\_SG009\_R1.pdf  
21125\_TAV11\_SA006.pdf  
21125\_TAV12\_VLF.pdf  
21125\_TAV13\_GRD.pdf  
21125\_TAV14\_GRD\_VLF.pdf

Indagini a mare:

21125\_T\_C\_001.pdf  
21125\_T\_D\_001.pdf  
21125\_T\_D\_002.pdf  
21125\_T\_D\_003.pdf  
21125\_T\_D\_004.pdf  
21125\_T\_D\_005.pdf  
21125\_T\_D\_006.pdf  
21125\_T\_D\_007.pdf



21125\_T\_D\_007.pdf  
21125\_T\_D\_008.pdf  
21125\_T\_D\_009.pdf  
21125\_T\_D\_010.pdf  
21125\_T\_D\_011.pdf  
21125\_T\_D\_012.pdf  
21125\_T\_E\_001.pdf  
21125\_TAV\_B\_01.pdf  
21125\_TAV\_B\_02.pdf  
21125\_TS21\_001.pdf  
21125\_TS21\_002.pdf  
21125\_TS21\_003.pdf  
21125\_TS21\_004.pdf  
21125\_TS21\_005.pdf  
21125\_TS21\_006.pdf  
21125\_TS21\_007.pdf  
21125\_TS21\_009.pdf  
21125\_TS21\_010.pdf  
21125\_TS21\_011.pdf  
21125\_TS21\_012.pdf  
21125\_TS21\_013.pdf  
21125\_TS21\_014.pdf  
21125\_TS21\_015.pdf  
21125\_TS21\_016.pdf  
21125\_TS21\_020.pdf  
21125\_TS21\_021.pdf  
21125\_TS21\_022.pdf  
21125\_TS21\_023.pdf  
21125\_TS21\_024.pdf



21125\_TS21\_025.pdf  
21125\_TS21\_026.pdf  
21125\_TS21\_027.pdf  
21125\_TS21\_028.pdf  
21125\_TS21\_029.pdf  
21125\_TS21\_030.pdf  
21125\_TS21\_033.pdf  
21125\_TS21\_035.pdf  
21125\_TS21\_037.pdf  
21125\_TS21\_039.pdf  
21125\_TS21\_041P.pdf  
21125\_TS21\_042P.pdf  
21125\_TS21\_043P.pdf  
21125\_TS21\_044P.pdf  
21125\_TS21\_045.pdf  
21125\_TS21\_046.pdf  
21125\_TS21\_047.pdf  
21125\_TS21\_048.pdf  
21125\_TS21\_049P.pdf  
21125\_TS21\_050P.pdf  
21125\_TS21\_051P.pdf  
21125\_TS21\_052P.pdf  
21125\_TS21\_053.pdf  
21125\_TS21\_054.pdf

Le indagini sono state eseguite nelle giornate tra il 7 settembre e il 16 settembre 2021, tra il 20 e il 21 settembre 2021 e il 7 e 8 ottobre 2021. La presente relazione tecnica descrive le metodologie e le strumentazioni utilizzate durante questa campagna di rilievi.

### 3 FINALITA'

La presente specifica tecnica si pone l'obiettivo di eseguire una corretta valutazione preliminare del rischio bellico residuale ascrivibile all'area di progetto, al fine di permettere l'esecuzione dei lavori previsti in sicurezza e di determinare la necessità o meno di procedere in fase successiva con un intervento di messa in sicurezza convenzionale, definito da normativa tecnica vigente.

L'esecuzione della sola analisi strumentale consegue ai risultati dell'analisi storico-documentale, che ha accertato che il territorio in esame non è stato estraneo ad eventi bellici, e che le opere previste vanno ad incidere su di un substrato già presente in epoca bellica, e dunque possibile recettore di materiale bellico.

L'analisi strumentale eseguita sull'area progettuale, vista la tipologia di opere antropiche previste, con relativa incidenza sotto piano di campagna consegnato, e vista l'eterogeneità delle aree, è stata eseguita con esplorazione indiretta dal piano campagna attuale con analisi geofisiche di diverso tipo, come già elencato al paragrafo precedente. Il fine è stata l'individuazione di eventuali anomalie magnetiche riconducibili a massa target fino anche ad una profondità di 12.0 m.

La successiva definizione di ulteriori eventuali interventi di antropizzazione in area progettuale resta unicamente ad arbitrio ed insindacabile giudizio del RUP [Responsabile Unico del Procedimento] e del CSP (Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione) figura legislativamente direttamente preposta, ai sensi della Legge n. 177, emanata in data 1 ottobre 2012, oggetto di successivo decreto di attuazione interministeriale (D.M. 82/2015).

In tale sede si è proceduto alla sola analisi strumentale, dato per accertata, quindi, una rilevanza degli eventi bellici che possono aver interessato l'area, non oggetto della presente relazione.

### 4 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Le fonti del diritto in materia di valutazione del rischio bellico residuo sono le seguenti:

- Testo Unico Sicurezza [D. Lgs 81/2008];
- Legge N. 177 del 01 ottobre 2012;
- D.M. nr. 82 del 11 maggio 2015;
- Parere Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali in data 29 dicembre 2015;
- Linee guida per la VRB del C.N.I. del 26.05.2017 (aggiornamento luglio 2018).

L'obbligo legislativo associato a una responsabilità diretta vige a carico dell'ente proprietario o concessionario di un'area di pubblico godimento e consiste nella corretta ed esaustiva valutazione



del rischio bellico residuale. La scelta progettuale finale sulla tipologia di attività o procedura definita, con la relativa assunzione di responsabilità, spetta unicamente alle figure responsabili preposte in nome e per conto dell'ente proprietario o concessionario delle aree oggetto di successiva antropizzazione [CSP / CSE].

#### 4.1 Legge N. 177/2012

In data 1 ottobre 2012 è stata approvata la Legge nr. 177 dal titolo “*Modifiche ed integrazioni del D.Lgs 81/2008 in materia di ordigni residuati bellici*” rinvenibili sul territorio nazionale. Il testo integrale è disponibile su G.U. nr. 244 del 18/10/2012. In sintesi, il testo prevede le seguenti modifiche:

- a) Obbligo diretto a carico del C. S. P. (Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione) di eseguire la valutazione preliminare del rischio bellico residuale di un'area progettuale;
- b) Previsione del C. S. P., in caso di rischio residuo, di una messa in sicurezza convenzionale;
- c) Esclusiva competenza del Ministero Difesa in materia di procedure di messa in sicurezza;
- d) Predisposizione a cura del Ministero della Difesa di un sistema di qualificazione per imprese specializzate in bonifica bellica (in sostituzione dell'ex Albo A. F. A., soppresso in precedenza) dalla data della pubblicazione del decreto del Ministro della Difesa, di cui al comma due.

#### 4.2 D.M. nr.82 del 11 maggio 2015 (Regolamento attuativo messa in sicurezza)

In data 26 giugno 2015 è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale nr. 146 il decreto attuativo interministeriale (Decreto Ministero della Difesa, Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, nr. 82), emanato in data 11 maggio 2015, che produce i seguenti effetti giuridici:

- a) Conferisce piena efficacia giuridica alla Legge n 177/2012 (emendamento TUS – DLGS 81/2008) in materia di valutazione rischio bellico:
- b) Riorganizza integralmente il settore della messa in sicurezza (bonifica bellica preventiva e sistematica).

La piena efficacia di diritto attribuita alla Legge n 177/2012, modifiche ed integrazioni al T.U.S. in materia di Valutazione Rischio Bellico (V.R.B.) comporta a carico delle figure normative preposte (RUP/CSP) l'obbligo di procedere in sede preliminare così:

- ✓ *Valutare i rischi derivanti da possibile rinvenimento di ordigni bellici inesplosi nei cantieri temporanei o mobili (art 28 mod), interessati da attività di scavo, Art. 89 - com 1-a»;*
- ✓ *Prevedere, in presenza di rischio residuo non accettabile, la successiva attività di messa in sicurezza convenzionale (art 91 – comma 2).*
- ✓ *Inserire nel P.S.C. evidenza (specifico riferimento) alla valutazione dei rischi derivanti dal possibile rinvenimento di ordigni (art 100 comma 1).*



- ✓ *Verificare il possesso requisiti impresa certificata - accreditata, in nuovo albo da istituire presso il Ministero Difesa (art 104 – comma 4 bis).*
- ✓ *Inserire in elenco lavori che espongono i lavoratori a rischio di esplosione derivante dall'inesco accidentale di ordigno inesplosivo rinvenuto nelle attività di scavo (allegato I.)*
- ✓ *Inserire in fase analisi rischi aggiuntivi al rischio di esplosione derivante dall'inesco accidentale di un ordigno bellico inesplosivo rinvenuto nelle attività di scavo (allegato XII).*
- ✓ *In caso di livello di rischio inaccettabile, inserire ai sensi dell'art 25 del DLgs 81/2008 un costo per la messa in sicurezza convenzionale (bonifica bellica), negli oneri sicurezza non soggetti a ribasso (interpretazione giuridica prevalente).*

La valutazione del rischio bellico fornirà al Coordinatore della Sicurezza dell'opera gli strumenti necessari per definire il livello di rischio, secondo due tipologie standard:

- a) Livello di rischio accettabile per l'area oggetto di monitoraggio, nell'ipotesi in cui il rilievo geofisico non documenta la presenza di anomalie di cui a massa tipo a potenziale rischio bellico residuo; in tal caso non necessita un iter procedurale di messa in sicurezza convenzionale;
- b) Livello di rischio non accettabile, nell'ipotesi in cui il rilievo geofisico documenta la presenza di anomalie di campo magnetico di cui a massa tipo ascrivibile a rischio bellico residuo.

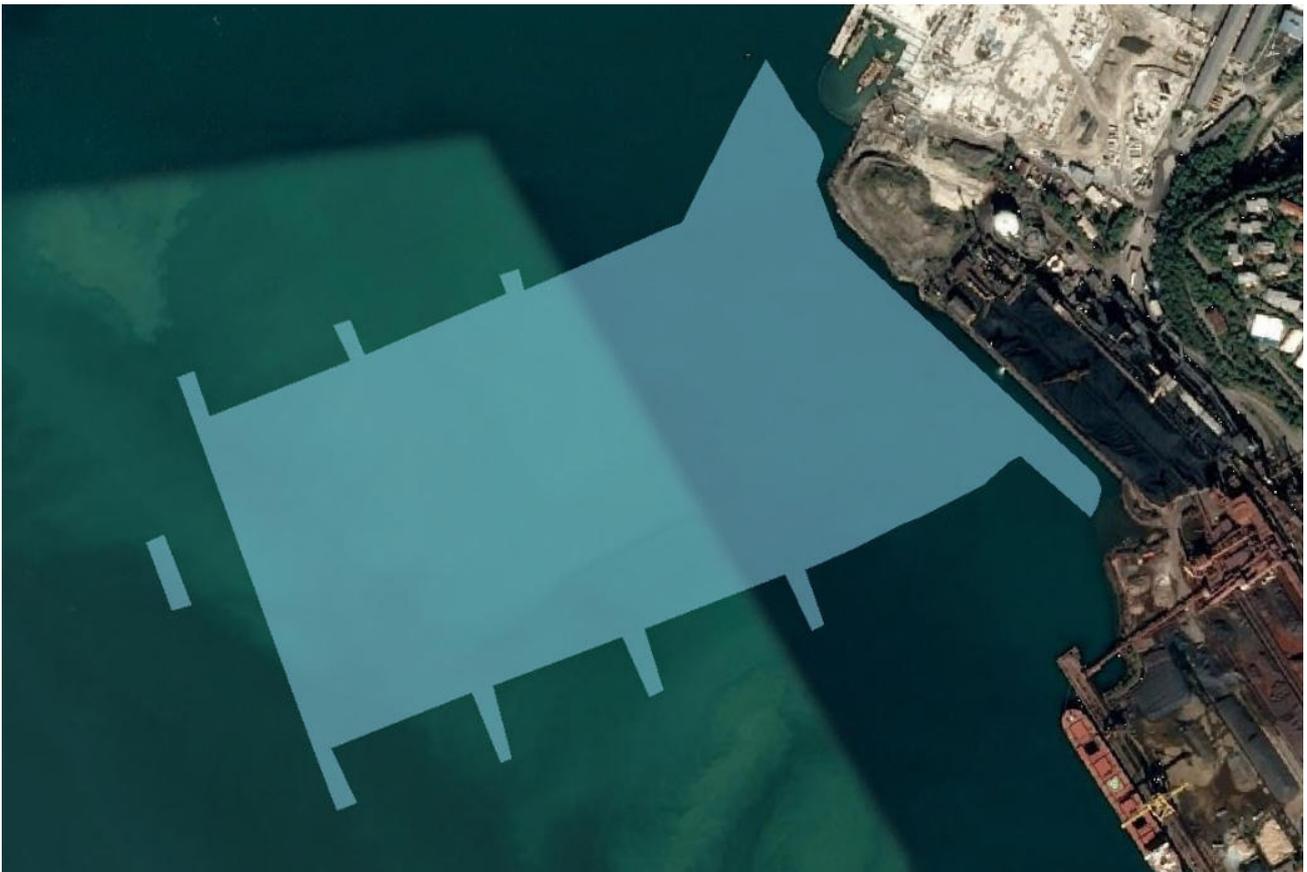
L'eventuale successiva messa in sicurezza convenzionale (BOB - *bonifica da ordigni bellici*), disciplinata ai sensi del D.Lgs 66/2010 e s.m.i. (D.Lgs 20/2012 – D.M. 82/2015), sarà eseguita secondo il "parere vincolante" dell'ente preposto, emanato a seguito attivazione di idoneo iter procedurale presso l'organo tecnico ministeriale competente (Ministero Difesa – 5° Reparto Infrastrutture – Ufficio BCM Padova).

## 5 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Le aree di interesse si collocano nell'Area Portuale di Trieste, sia a mare che a terra, dove si andranno a realizzare complessivamente 60 sondaggi.



Immagine 01- ortofoto dell'area di interesse con evidenziata la posizione di progetto dei sondaggi a mare



*Immagine 02 - ortofoto dell'area di interesse con evidenziata l'area di rilievo strumentale a mare*



*Immagine 03 - ortofoto dell'area di interesse con evidenziata la posizione di progetto dei sondaggi a terra*



*Immagine 04 - ortofoto dell'area di interesse con evidenziata la nuova posizione dei sondaggi a terra in seguito alle indagini geofisiche eseguite*



*Immagine 05 - ortofoto dell'area di interesse con evidenziata le aree a terra oggetto di indagini geofisiche*

L'area totale indagata a mare ammonta a circa 380.000 m<sup>2</sup>, mentre l'area di indagine a terra ammonta in totale a circa 10.000 m<sup>2</sup>.



## 6 ANALISI STRUMENTALE

La geofisica applicata rappresenta una forma avanzata di prospezione non invasiva del sottosuolo, capace di fornire modelli dettagliati e attendibili della geometria e delle caratteristiche fisico meccaniche di grandi volumi di rocce e terre attraverso indagini principali geoelettriche, radar, magnetiche, elettromagnetiche.

Il rilievo geofisico indiretto è considerato da sempre strumento fondamentale sia nelle fasi preliminari che esecutive di piccole e grandi opere di ingegneria, nella realizzazione di strutture industriali e nelle infrastrutture stradali e ferroviarie, nel campo dell'idrogeologia, della prospezione di risorse minerarie. Gli sviluppi normativi recenti hanno esteso l'ambito di applicazione geofisico anche al campo della valutazione dei principali rischi interferenze riferibili al contesto del "cantiere", quali analisi del rischio ambientale, archeologico e bellico residuo.

La tipologia di prospezione o la combinazione di prospezioni ottimali è funzione diretta dello stato di fatto del sito oggetto di analisi; maggior livello di antropizzazione esistente comporta la necessità di applicare diverse metodologie combinate di analisi indirette, al fine di massimizzare i dati rinvenibili su campo ed elaborabili con software applicativi a tavolino.

Questo rapporto tecnico si fonda sull'applicazione di conoscenze e di leggi scientifiche riconosciute ma anche di calcoli e di valutazioni professionali circa eventi o fenomeni suscettibili di interpretazione.

Le stime e le considerazioni ivi espresse sono basate su informazioni acquisite o comunque disponibili al momento dell'indagine e sono strettamente condizionate dai limiti imposti dalla tipologia e dalla consistenza dei dati utilizzabili, dalle risorse fruibili per il caso di specie, nonché dal programma di lavoro concordato con il Cliente.

E' importante ricordare che le procedure di misura impiegate per l'indagine geofisica si basano su tecniche di esplorazione indiretta che, nonostante siano utilizzate allo stato dell'arte sia delle conoscenze scientifiche che degli avanzamenti tecnologici, hanno una serie di limitazioni intrinseche. L'indagine geofisica non può, infatti, sostituire integralmente l'esplorazione diretta anche se ne rappresenta un indispensabile complemento per colmare le lacune informative e per garantire un'univoca correlazione dei principali elementi strutturali presenti nel sottosuolo.

Questo rapporto si basa inoltre sulla conoscenza professionale degli attuali standard e codici, tecnologia e legislazione dell'Unione Europea. Modifiche e aggiornamenti di quanto sopra citato potrebbero rendere inappropriate o scorrette le conclusioni, le raccomandazioni e le indicazioni stilate nel testo.

Le conclusioni ed i suggerimenti operativi contenuti nel presente rapporto vanno intesi come proposte di intervento e non come azioni vincolanti, salvo ciò non sia specificatamente indicato.



La scrivente non intende, inoltre, fornire alcuna garanzia, espressa o implicita, utilizzabile per qualsiasi finalità, relativa allo stato di qualità ambientale di settori di proprietà non indagati e, più in generale, al valore commerciale del sito in argomento.

Si tiene a precisare, infine, che le valutazioni contenute in questo rapporto sono state elaborate da tecnici e pertanto rivestono un carattere esclusivamente tecnico, non costituendo in alcun modo parere legale.

Gli Autori rispondono unicamente al Committente circa la corrispondenza del rapporto emesso, in ordine agli obiettivi delle ricerche definite nell'ambito dell'incarico, e non possono farsi carico di responsabilità per danni, rivendicazioni, perdite, azioni o spese, qualora subite anche da terzi, come risultato di decisioni prese o azioni condotte e basate sul rapporto stesso.

Si ricorda altresì che le analisi strumentali sono uno strumento di supporto all'attività principale di analisi storico-documentale, e come tali restituiscono informazioni oggettive ma non risolutive, poiché consentono di mettere in luce la presenza di anomalie magnetiche associabili, in termini di maggiore o minore probabilità, ad ordigni bellici sepolte.

Per una corretta interpretazione dei risultati è quindi necessario tenere in considerazione la limitazione tecnologico-scientifica nella discriminazione di elementi magnetici di piccole o medie dimensioni in aree di pesante antropizzazione post bellica (quindi con forte presenza di sottoservizi ed elementi antropici): in queste aree infatti - tipicamente urbane o antropizzate - l'influenza degli elementi antropici genera una influenza nel campo magnetico dell'area che non permette la discriminazione e la ricostruzione univoca di singole anomalie magnetiche, specialmente se di dimensioni contenute. La ricostruzione univoca è possibile solo su aree non antropiche, senza cioè elementi ferromagnetici interferenti con l'area da valutare.

Tutto ciò premesso, a seguito delle indagini storico-documentali e dei risultati delle indagini geofisiche, è possibile definire un livello generale di accettabilità del rischio, in particolar modo in relazione alle aree prive di anomalie magnetiche rilevanti.

## 6.1 METODOLOGIA DELLE OPERAZIONI DI RILIEVO ED ACQUISIZIONE DEI DATI

Come anticipato nei paragrafi precedenti lo scopo del rilievo gradiometrico era l'individuazione di eventuali oggetti metallici di dimensioni rilevanti nel primo sottosuolo dell'area di indagine al fine di fornire informazioni geofisiche di supporto alla VRB (Valutazione del Rischio Bellico).

A tal fine, si è optato per l'utilizzo dei seguenti sistemi geofisici:

Per le indagini a mare si è optato per l'utilizzo dei seguenti sistemi geofisici:

- magnetometro marino Explorer della Marine Magnetics, con il quale è stato eseguito un rilievo delle variazioni del CMT su tutte le aree accessibili all'imbarcazione con cui veniva trainato;
- sub Bottom Profiler SES-2000 della Innomar con cui è stata eseguita la profilazione del primo strato di sedimenti delle aree di interesse;

Per le indagini a terra si è invece optato per l'esecuzione di:

- rilievo georadar multicanale con sistema IDS Stream-X;
- rilievo elettromagnetometrico VLF (Very Low Frequency) con sistema EMFAD VLF;
- rilievo con metodologia tomografia elettrica 3D in corrente continua con strumentazione con Georesistivimetro IRIS Syscal Pro; il rilievo è stato eseguito con stendimento a 48 canali, distanza interelettrodica variabile tra 1 e 3 m e configurazione quadripolare tipo Polo-Dipolo. L'ubicazione degli stendimenti geoelettrici è stata studiata in modo tale da ottenere la massima definizione e profondità di investigazione del sottosuolo.

Per l'ubicazione delle aree indagate si rimanda alla tavola allegata alla presente.

Per la descrizione delle caratteristiche degli strumenti e delle metodologie d'indagini adottate si rimanda ai paragrafi successivi.

## 6.2 METODOLOGIE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATE

### 6.2.1 INDAGINI MAGNETOMETRICHE

I magnetometri sono strumenti ampiamente utilizzati per misurare il campo magnetico terrestre. I campi magnetici sono quantità vettoriali caratterizzati da intensità e direzione. L'intensità di un campo magnetico è misurata in unità Tesla nel SI. Le misurazioni del campo magnetico terrestre vengono misurate in nanoTesla ( $nT=10^{-9}$  Tesla), anche chiamato "gamma".

Le sorgenti magnetiche interne alla Terra sono costituite da una componente proveniente dal Nucleo Interno (Campo Principale) ed una dai materiali che costituiscono la Crosta Terrestre



(Campo Crostale); il Mantello non contiene sorgenti che contribuiscono al Campo Magnetico Terrestre (CMT).

Esistono inoltre variazioni giornaliere (Campo Esterno) dovute alle esplosioni della corona solare, sunspots, ed a perturbazioni della ionosfera, tempeste magnetiche, che possono produrre anche rapide ed intense variazioni.

Il campo magnetico terrestre può variare da 20.000 a 80.000 nT seconda della posizione; il CMT alle nostre latitudini ha un'intensità di circa 46000 nT, un'inclinazione (I) di circa 60° e una declinazione magnetica (D) di circa 0°05'. Le fluttuazioni del campo magnetico terrestre sono dell'ordine di 100 nT, e le variazioni di campo magnetico dovute ad anomalie magnetiche possono essere nell'intervallo del picotesla (pT).

Nell'ambito delle indagini geofisiche, le misure magnetometriche trovano impiego nell'individuazione di anomalie magnetiche di vario tipo: dall'individuazione di strutture geologiche a scala regionale e nell'esplorazione mineraria alla localizzazione di tubazioni, di siti archeologici, di materiali metallici e di discontinuità sepolte nella prospezione ambientale. Le variazioni di campo magnetico che si registrano in ricerche di tipo ambientale e/o archeologico vanno da 1 a qualche centinaia di nanotesla per piccole localizzazioni a diverse profondità. Accumuli importanti di oggetti metallici sepolti possono creare anomalie da 100 a 1.000 nanotesla e oltre.

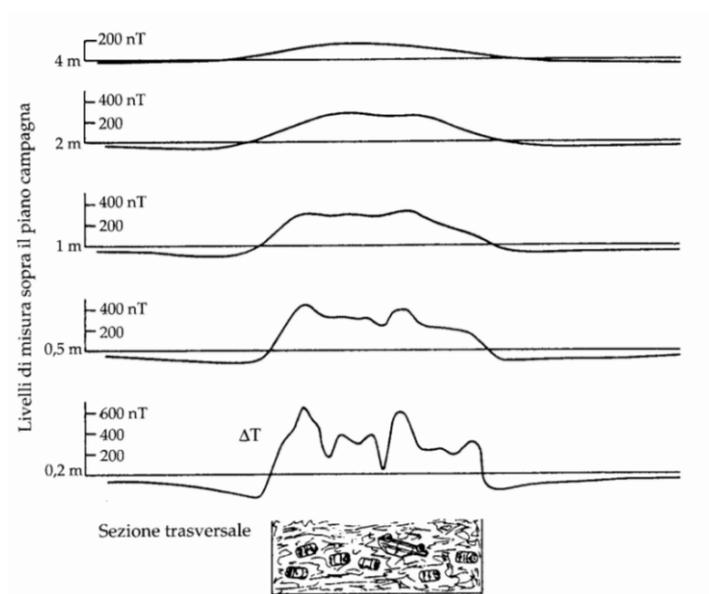
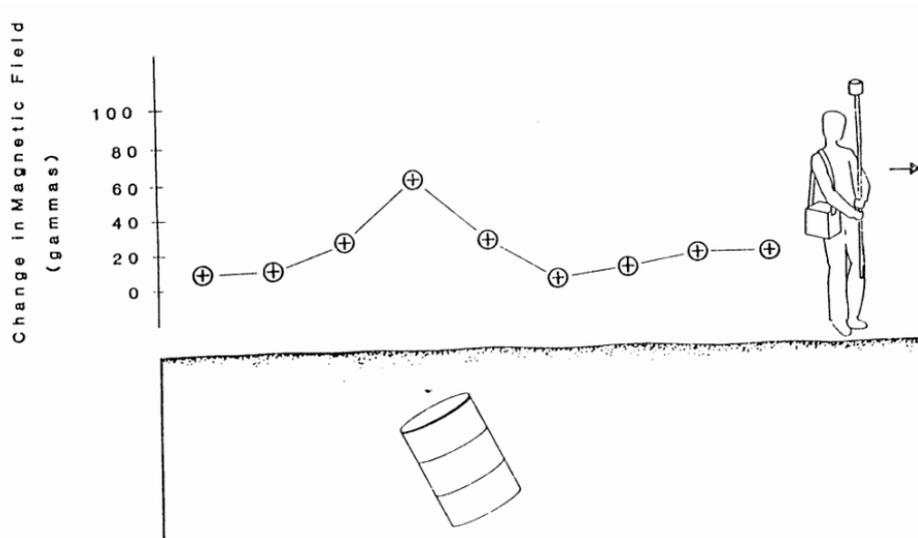


Immagine 06 - Schematizzazione del rilievo e dei dati magnetometrici

Le misure magnetometriche presentano alcuni limiti:

- sono limitate esclusivamente all'individuazione di materiali ferrosi (ferromagnetici); metalli non-ferromagnetici, quali l'alluminio, il rame e lo stagno, non inducono anomalie del campo magnetico;
- parecchi fattori influenzano la risposta di un magnetometro, in particolare la massa e la profondità, nonché l'interferenza con tubazioni, recinzioni o altri oggetti in ferro eventualmente presenti nell'area;

- materiali dotati di magnetizzazione residua possono innalzare o diminuire la risposta totale dell'oggetto al campo magnetico terrestre che risulta di difficile interpretazione. Inoltre, anche la forma e l'orientazione dell'oggetto metallico influenzano l'intensità e la forma dell'anomalia risultante.
- L'interpretazione delle misure risulta molto spesso esclusivamente di tipo semi quantitativo, consentendo di determinare l'ubicazione e l'estensione di eventuali oggetti in ferro, senza però fornire indicazioni sulla quantità e profondità del ritrovamento.

Dal punto di vista operativo, le misure possono essere riferite ad una stazione fissa sul sito oppure effettuate in configurazione gradiometrica al fine di escludere variazioni di campo dovute alle fluttuazioni naturali del Campo Magnetico Terrestre.

La strumentazione viene mobilitata lungo linee di misura equidistanti (es. 2x2; 4x4 m grid), a seconda della risoluzione richiesta, e le misure avvengono per punti o in continuo lungo i tracciati dei percorsi. La sonda è sospesa sul terreno. Possibilità di georeferenziazione con sistema GPS.

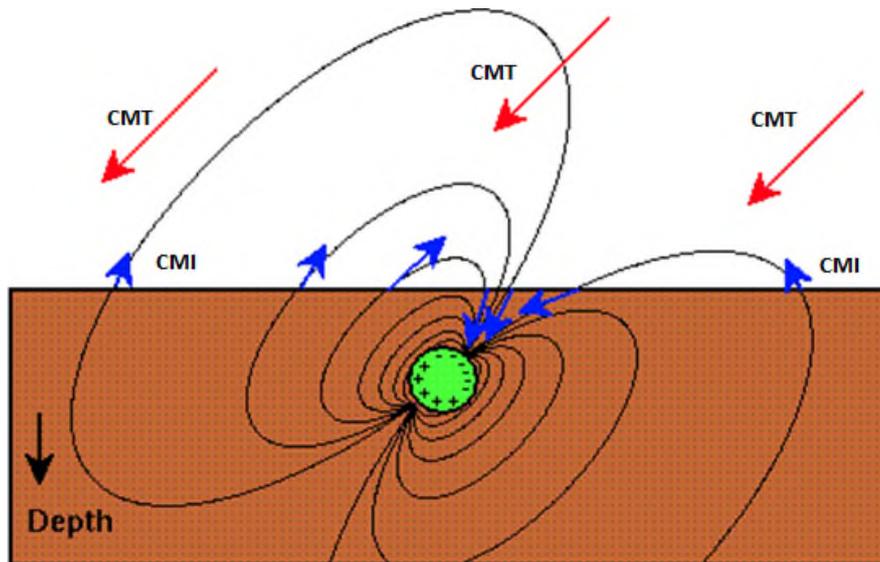
Dall'elaborazione delle misure magnetometriche si ottengono delle cartografie che illustrano in planimetria per isolinee il gradiente/Campo Magnetico Terrestre, che come riportato in precedenza forniscono un'interpretazione semi quantitativa dell'ubicazione ed estensione di eventuali ferromagnetici presenti.

La risposta di un magnetometro dipende dalla massa e dalla profondità a cui si trova l'oggetto metallico: è possibile individuare accumuli importanti di materiale ferroso anche ad oltre una decina di metri di profondità.

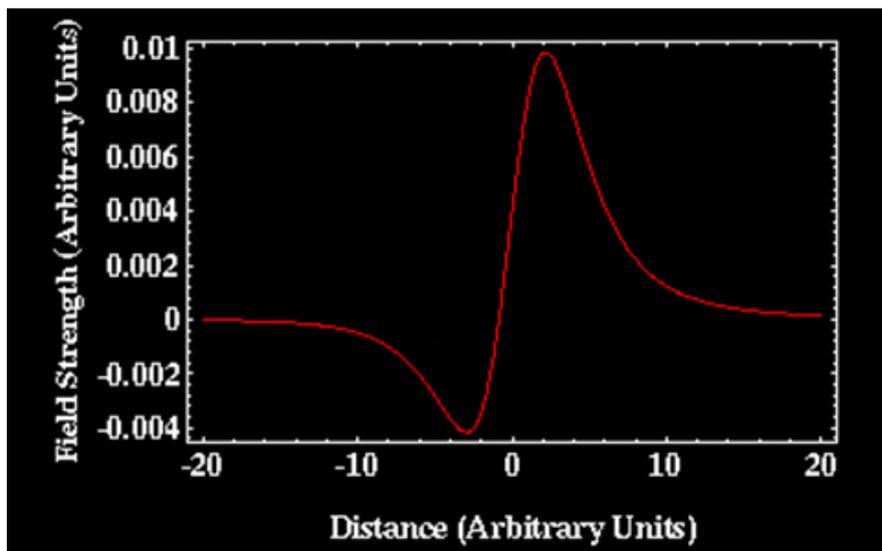
Le anomalie sono estremamente variabili in forma ed ampiezza: sono quasi sempre asimmetriche e complesse anche se dovute a sorgenti semplici. La natura asimmetrica delle anomalie è soprattutto una conseguenza delle direzioni delle linee di campo della sorgente.

La presenza di un corpo metallico nel sottosuolo, alle nostre latitudini ( $F=46000$  Nt,  $I=60^\circ$ ,  $D=0,05^\circ$ ) genera un'anomalia costituita da un dipolo magnetico: l'orientazione delle linee di forza del campo magnetico generato dal corpo metallico è tale che vi sia un settore in cui le linee di forza si sommano (picco positivo) a quelle del CMT ed un altro in cui si sottraggono (picco negativo).

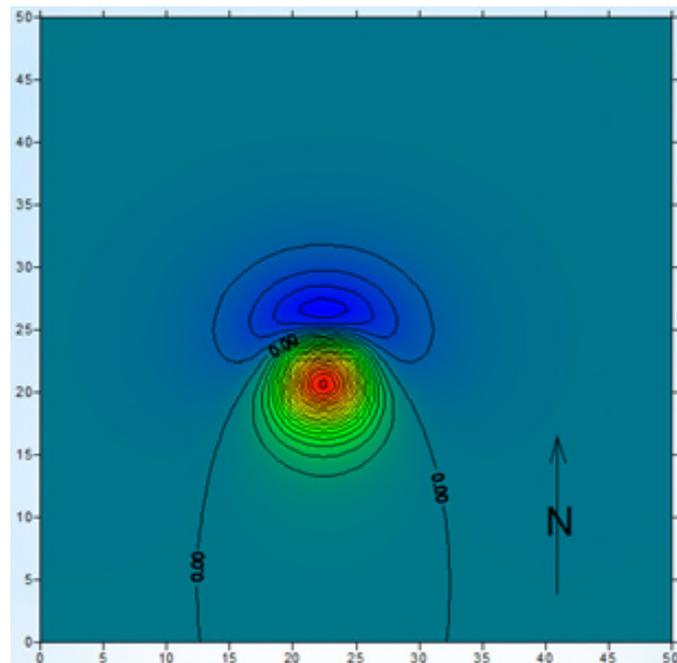
Il corpo metallico che genera l'anomalia è collocato al metà tra il massimo della componente positiva ed il minimo di quella negativa del dipolo generato.



*Immagine 07 - Linee di forza del Campo Magnetico Terrestre (CMT) e del Campo Magnetico Indotto (CMI) dall'anomalia*



*Immagine 08 - Intensità del campo magnetico per presenza di anomalia*



*Immagine 09 - Vista in pianta di un'anomalia magnetica alle nostre latitudini*

In commercio esistono differenti tipologie di magnetometri. Nel campo ambientale e/o archeologico vengono generalmente utilizzati:

- **MAGNETOMETRO FLUXGATE:** consiste in due nuclei ferromagnetici avvolti da bobine primarie e secondarie. I nuclei sono portati a saturazione uguale e di segno opposto. In presenza di un campo esterno la saturazione avverrà per una corrente rispettivamente minore e maggiore, a seconda se il campo esterno si somma o sottrae a quello indotto dalle bobine. La precisione è dell'ordine del nT. A seconda dell'orientazione dei nuclei lo strumento misura qualsiasi componente del campo magnetico terrestre.
- **MAGNETOMETRO A PROTONI** viene generato un campo magnetico intorno ad un fluido di una sostanza particolare. Il campo creato produce una orientazione dei protoni all'interno del fluido. Quando il campo magnetico viene annullato, il movimento di spin dei protoni si orienta secondo il campo magnetico totale. La loro precessione nucleare genera un segnale la cui frequenza è proporzionale all'intensità del campo. Viene così misurata direttamente l'intensità del campo magnetico locale.
- **MAGNETOMETRO OVERHAUSEN** utilizza lo stesso effetto fondamentale del magnetometro a precessione di protoni per effettuare le misure. L'effetto Overhausen avviene quando uno speciale liquido (con elettroni non accoppiati) è combinato con atomi d'idrogeno e successivamente esposto a polarizzazione secondaria da un campo

magnetico a radiofrequenza (RF). Gli elettroni non accoppiati trasferiscono la loro forte polarizzazione agli atomi d'idrogeno, creando in tal modo un forte segnale di precessione che è ideale per misure ad elevata precisione. Questo ha due vantaggi principali: operando nel campo RF consente batterie più leggere per le unità portatili ed un campionamento di misura più veloce. Un magnetometro Overhauser produce letture con una deviazione standard di 0,01 nT a 0,02 nT, e un campionamento inferiore al secondo.

Nello specifico della presente relazione, è stato adottato un magnetometro marino Explorer della Marine Magnetics. Lo strumento utilizzato è un magnetometro Overhauser che presenta le seguenti caratteristiche:

Performance		Magnetometer	
Operating Zones	Worldwide. <b>Explorer</b> collects accurate results regardless of how it's pointed in relation to Earth's magnetic field.	Length	86 cm (33.75 in)
Absolute Accuracy	0.1 nT	Diameter	6 cm (2.875 in)
Sensor Sensitivity	0.02 nT	Weight in Air	3.8 kg (8.5 lbs)
Counter Sensitivity	0.001 nT	Weight in Water	1.2 kg (2.6 lbs)
Resolution	0.001 nT	Tow Cable	
Dead Zone	NONE	Conductors	Four + Shield
Temperature Drift	NONE	Breaking Strength	2,500 kg (5,500 lbs)
Power Consumption	2 W	Outer Diameter	1 cm (0.4 in)
Range	18,000 nT to 120,000 nT	Weight in Air	122 g/m (8 lb/100 ft)
Gradient Tolerance	Over 10,000 nT/m	Weight in Water	24 g/m (2 lb/100 ft)
Sampling Range	4 Hz - 0.1 Hz		
Communications	RS-232, 9600 bps		
Power Supply	9-30 VDC or 100-240 VAC		



*Immagine 10 - Consolle d'acquisizione e sensore del magnetometro*