



PROGETTO AdSP n. 1951

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

CUP: C94E21000460001

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_F-ARG_1GE_001_03_01	SCALA: ---
TITOLO ELABORATO: parte 4 di 4 Verifica preventiva dell'interesse archeologico	ELABORATO: 1GNR_P_R_F-ARG_1GE_001_03_01

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	01/02/2023	Definitivo	Stern	S. Dal Piva	G.Nappa
01	30/06/2023	Recepimento osservazioni CSLLPP	AdSPMAO	S. Dal Piva	G.Nappa



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 disinnescava 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 Pondaes

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 ch  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 Grion, 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 Faccanoni, 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 avvistamento 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 Jugoslavia, 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, cartucciame vario
- 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 m² e prevede la realizzazione di 140000 m² 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.

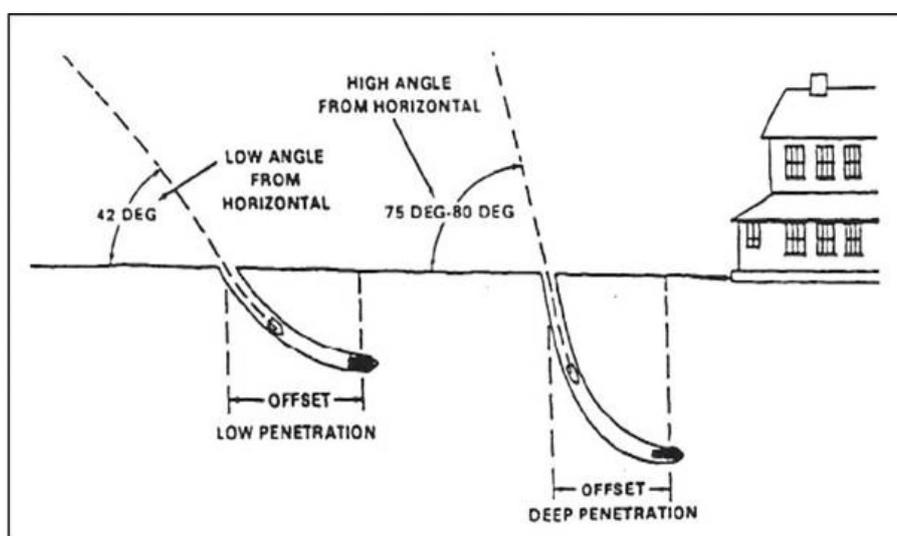


Immagine 15 – Influenza dell'angolo d'impatto sulla profondità

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 residuato 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:

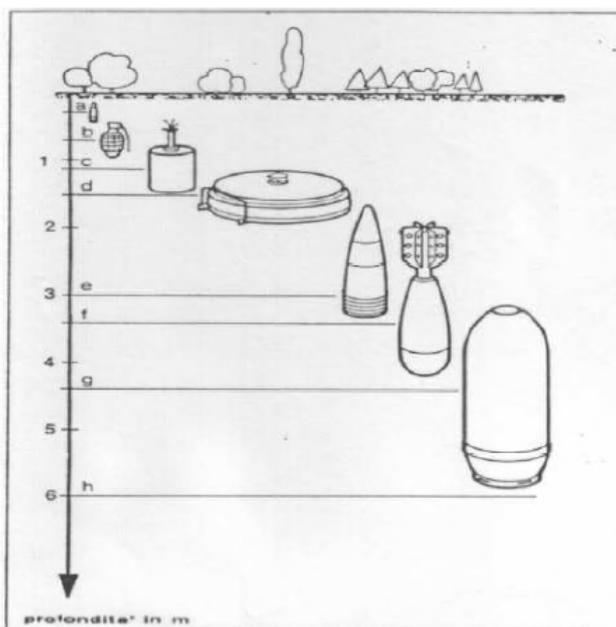


Immagine 16 – Variabilità delle profondità di ritrovamento in funzione della tipologia di ordigno

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

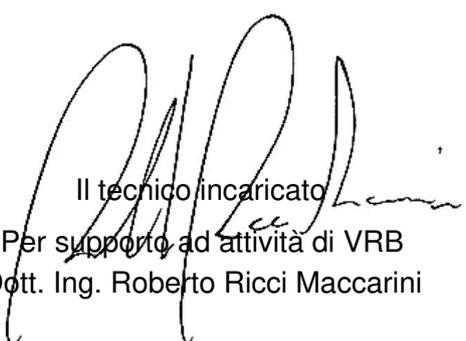
di gestione complessiva del rischio bellico residuo dovrebbe essere completato prevedendo in modo alternativo o consequenziale le seguenti attività:

- 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 be "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: RELAZIONE TECNICA					DATA: 12.11.2021
CODIFICA ELABORATO					
STR	0522	RTC	002	0	
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 allegata 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 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

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.

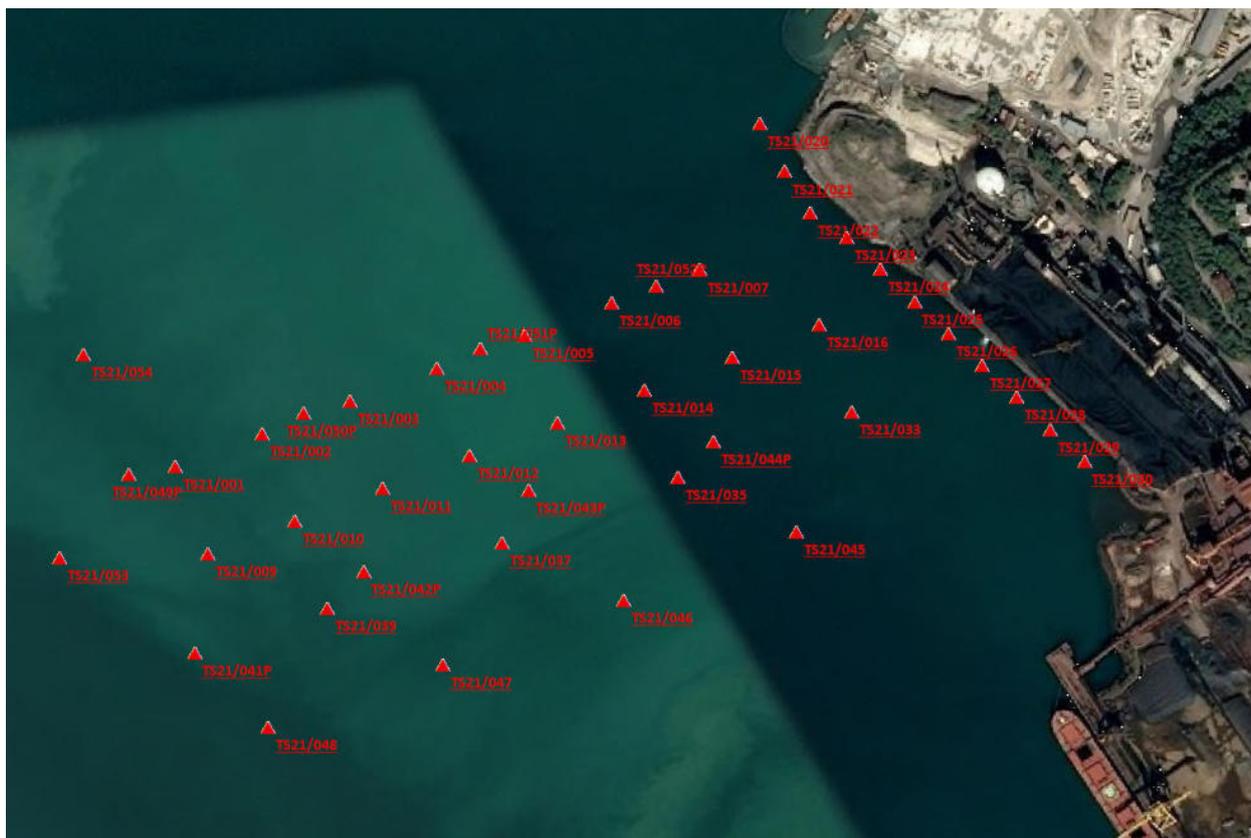


Immagine 01- ortofoto dell'area di interesse con evidenziata la posizione di progetto dei sondaggi a mare



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 m², mentre l'area di indagine a terra ammonta in totale a circa 10.000 m².



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 interelettroica 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.

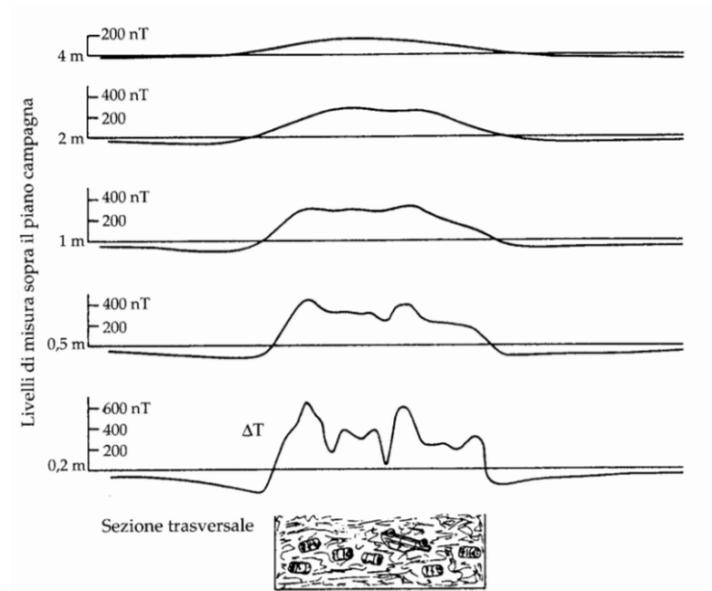
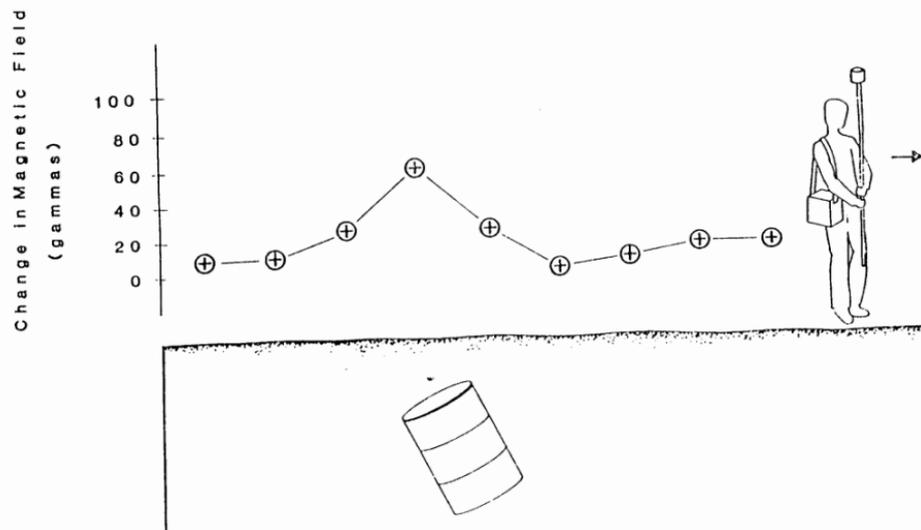


Immagine 06 - Schematizzazione del rilievo e dei dati magnetometrici

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.

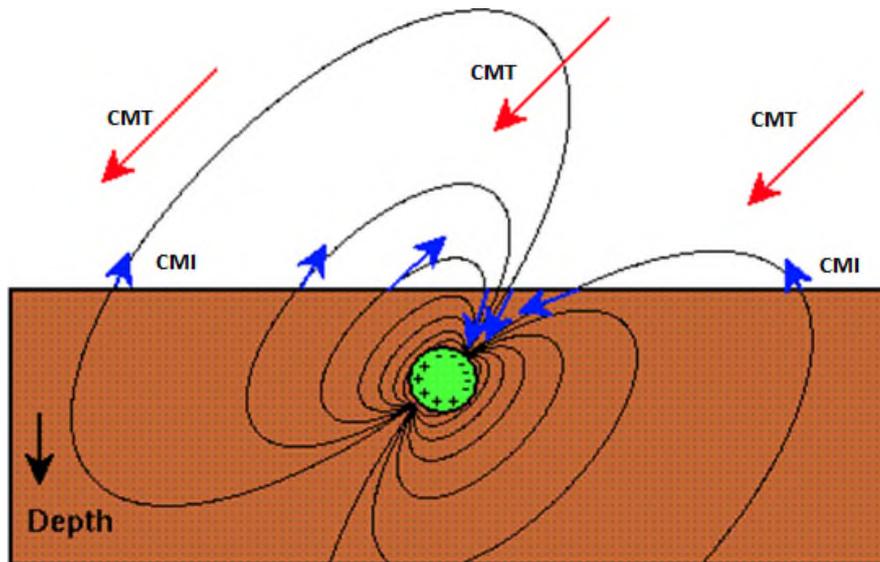


Immagine 07 - Linee di forza del Campo Magnetico Terrestre (CMT) e del Campo Magnetico Indotto (CMI) dall'anomalia

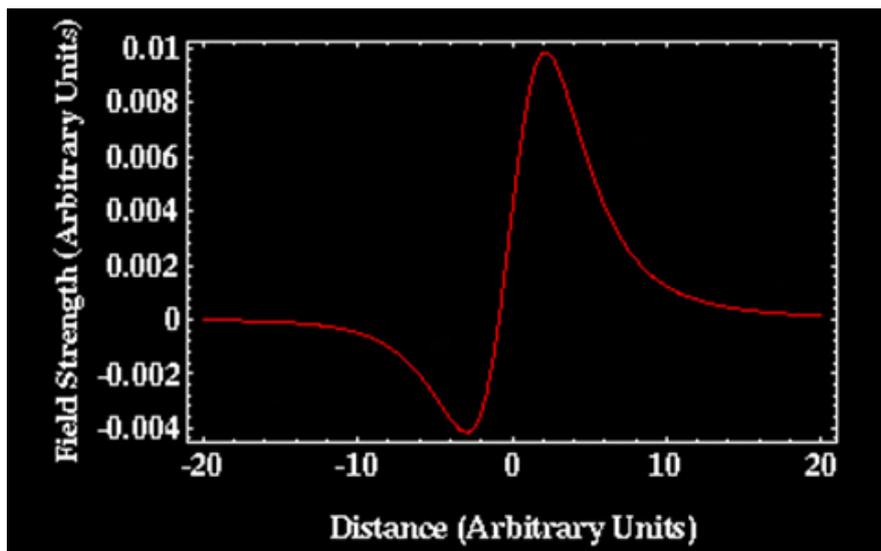


Immagine 08 - Intensità del campo magnetico per presenza di anomalia

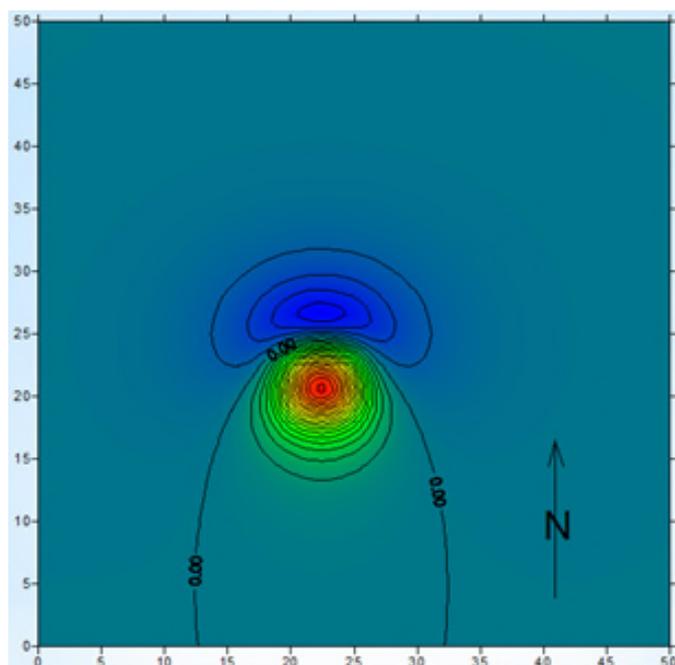


Immagine 09 - Vista in pianta di un'anomalia magnetica alle nostre latitudini

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. Explorer 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



6.2.2 INDAGINI SUB BOTTON PROFILER

I sistemi Sub-Bottom profiler identificano e misurano i vari strati di sedimenti marini che esistono sotto l'interfaccia sedimento/acqua. Questi sistemi acustici utilizzano una tecnica simile agli ecoscandagli a raggio singolo. Una sorgente sonora emette un segnale acustico verticalmente verso il basso nell'acqua e un ricevitore controlla il segnale di ritorno che è stato riflesso dal fondo marino. Una parte del segnale acustico penetra nel fondale marino e viene riflessa quando incontra un limite tra due strati con impedenza acustica diversa. Il sistema utilizza questa energia riflessa per fornire informazioni sugli strati di sedimenti sotto l'interfaccia sedimento-acqua. L'impedenza acustica è correlata alla densità del materiale e alla velocità con cui il suono viaggia attraverso il materiale. Quando si verifica un cambiamento nell'impedenza acustica, come l'interfaccia acqua-sedimento, parte del suono trasmesso viene riflesso. Tuttavia, una parte dell'energia sonora penetra attraverso il confine e nei sedimenti. Questa energia viene riflessa quando incontra i confini tra strati di sedimenti più profondi con diversa impedenza acustica. Il sistema utilizza l'energia riflessa da questi strati per creare un profilo dei sedimenti marini. Diversi parametri del sonar (potenza di uscita, frequenza del segnale, lunghezza dell'impulso e tecniche di elaborazione) influenzano le prestazioni dello strumento. Un aumento della potenza in uscita offre una migliore penetrazione nei sedimenti marini. A volte, tuttavia, se il fondo è molto duro o non molto profondo, l'aumento di potenza farà sì che più segnale acustico venga riflesso dal fondo del mare. Il segnale potrebbe quindi essere riflesso dalla superficie del mare, portando a riflessioni multiple e "rumore di segnale" indesiderato nei dati.

La frequenza del segnale ha anche un effetto sulle prestazioni del sistema. La perdita di assorbimento nei sedimenti marini è proporzionale alla frequenza di trasmissione, con frequenze più alte che hanno una maggiore perdita di segnale mentre viaggiano attraverso i sedimenti. Una maggiore lunghezza dell'impulso sonoro trasmette più energia e produce una penetrazione più profonda nel fondale marino. Tuttavia, una lunga durata dell'impulso può diminuire la capacità di discriminare tra riflettori adiacenti, diminuendo così la risoluzione del sistema. L'elaborazione del segnale CHIRP può aumentare le prestazioni del sistema aggiungendo rapporti segnale / rumore migliorati e fornendo anche una maggiore risoluzione dello strato di sedimento verticale. I sistemi Sub-Bottom profiler possono penetrare fino a 300 metri di profondità nel fondale marino a seconda del tipo di sedimento e delle caratteristiche del sonar. Tuttavia, la profondità di penetrazione dipende dalla durezza degli strati sovrastanti e dalla presenza di depositi di gas. L'unità di controllo e il display sono collegati mediante un cavo al trasduttore; i dati vengono visualizzati direttamente sullo schermo LCD a matrice attiva sotto forma di immagini a falsi colori e registrati su hard disk interno, per poi essere trasferiti al computer di elaborazione.



Immagine 11 - Consolle d'acquisizione e sensore del sub bottom profiler

Nello specifico della presente relazione, è stato adottato un sub-bottom profiler SES-2000 Smart della Innomar che presenta le seguenti caratteristiche:

Water Depth Range	0.5 – 100 m
Sediment Penetration	up to 20 m (depending on sediment type and noise)
Range / Layer Resolution	approx. 1 cm / up to 8 cm
Transmit Beam Width (-3dB)	approx. $\pm 2.5^\circ$ / footprint <9% of water depth
Primary Frequencies (PF)	approx. 100 kHz (frequency band 90 – 110 kHz)
PF Source Level / Acoustic Power	>235 dB/ μ Pa re 1 m / ~2 kW
Secondary Low Frequency (SLF)	centre freq. 10 kHz (total frequency band 5 – 15 kHz)
Pulse Width	user selectable 0.1 – 0.5 ms
Pulse Type	Ricker, CW
Ping Rate	up to 40 pings/s
Heave / Roll / Pitch Compensation	heave (depending on external sensor data)
Data Acquisition	digital 16 bit @ ~70 kHz sample rate; PF 100 kHz envelope echosounder data / bottom track; SLF 10kHz full-waveform sub-bottom data
Auxiliary Inputs	GNSS, HRP sensor, trigger
Auxiliary Outputs	trigger, bottom track
Topside Unit Connection	Ethernet (LAN / integrated WiFi)
Topside Unit Dimensions / Weight	W 0.43m \times D 0.33m \times H 0.23m / 9 kg (IP65)
Transducer Dimensions / Weight	W 0.27m \times D 0.21m \times H 0.06m / 10 kg incl. 15m cable
Power Supply	10–30 V DC / <100 W; optional external AC power adapter (100–240 V AC)

6.2.3 INDAGINI ELETTROMAGNETICHE

L'elettromagnetometro EMFAD sfrutta il principio dei segnali elettromagnetici in VLF (Very Low Frequency) con frequenze comprese tra i 15 e i 160 KHz per la stima della resistività del sottosuolo.

Lo strumento può essere usato in modalità passiva, sfruttando segnali elettromagnetici generati da stazioni fisse sparse in tutto il mondo, ed in modalità attiva, impiegando segnali generati dallo strumento stesso.

Nello specifico lo strumento considera la variazione tra la componente verticale del campo magnetico primario, generato da una sorgente esterna o dallo strumento stesso, e quella del campo magnetico secondario indotto da quello primario.

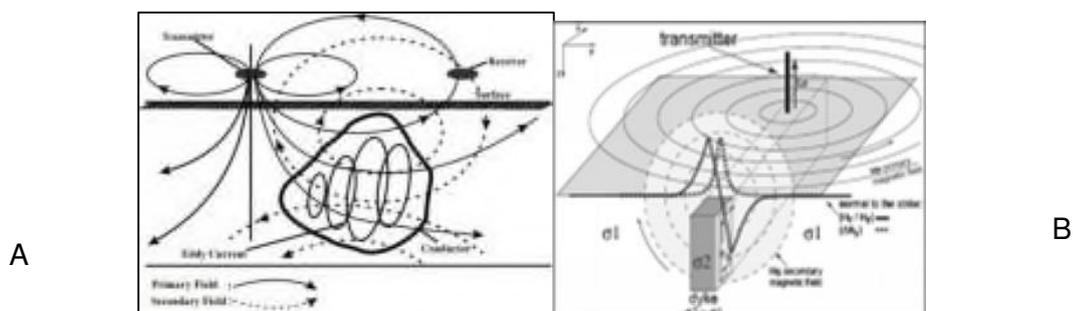


Immagine 12 - Funzionamento della tecnica VLF- A. Campo magnetico primario e secondario. B. Differenza di fase dei due segnali.

L'intensità del campo magnetico secondario è proporzionale alla conducibilità del materiale attraversato e di conseguenza, misurando l'intensità del campo magnetico nella sua componente verticale è possibile stimare la conducibilità del mezzo attraversato.

Le variazioni della componente verticale del campo magnetico è funzione della conducibilità del materiale attraversato e quindi delle litologie costituenti il sottosuolo, delle condizioni di umidità, della presenza di cavità, corpi e manufatti antropici e strutture geologiche (tipo di struttura e orientazione).

La profondità di penetrazione, come per tutti metodi elettromagnetici, è funzione della conducibilità del mezzo e della frequenza utilizzata. Di seguito si riporta formula per il calcolo dello *skin depth* (P), oltre al quale l'ampiezza del segnale diminuisce esponenzialmente di un ordine di grandezza (e^{-1}) rispetto al segnale iniziale:

$$P[m] = 503 \cdot (\rho[\Omega \cdot m] / f[Hz])^{1/2}$$

Lo strumento usato nel caso specifico è l'elettromagnetometro EMFAD (**E**lectromagnetic **F**ield **A**nomalies **D**etection) costituito da due bobine (ricevitori) che registrano il segnale.

Lo strumento può essere utilizzato sia in modalità passiva, sfruttando il segnale di stazioni esterne, sia in modalità attiva utilizzando il generatore esterno, ed è capace di registrare segnali su più frequenze:



Immagine 13, 14, 15 - Esempio di acquisizione con metodo orizzontale, metodo verticale a due antenne e con metodo ad antenna singola

Le configurazioni di acquisizione possono essere tre:

- 1) In orizzontale: metodo impiegato per realizzare misure su aree estese. Le antenne riceventi sono poste in orizzontale.
- 2) In verticale con due antenne: metodo impiegato per la realizzazione di sondaggi puntuali di alta risoluzione.
- 3) Antenna singola: metodo impiegato per realizzare misure molto speditive e per facilitare la misura in aree inaccessibili.

L'acquisizione del dato può essere realizzata mediante rilevamento continuo, in questi casi lo strumento acquisisce una misura al secondo, oppure in modalità manuale realizzando una maglia di punti sull'area di interesse.

Per ogni misura realizzata il dato viene acquisito sulle frequenze selezionate (generalmente 7), e viene memorizzato automaticamente sul tablet/pc tramite bluetooth.

La densità del dato dipende dal passo di campionamento, dalla velocità di acquisizione e dalla distanza tra i vari profili di misura.

Nel caso in esame i dati sono stati acquisiti con modalità di acquisizione in continuo sulle sette frequenze individuate nel sito di interesse.

6.2.4 INDAGINI GEORADAR

Le misure radar sono state acquisite mediante un sistema IDS (Ingegneria dei Sistemi).



Immagine 16 - Radar multicanale IDS STREAM-X a 16 canali a freq. 200 MHz

Il metodo comunemente chiamato Georadar (noto in campo internazionale con il termine anglosassone di ground probing radar - GPR), è un sistema di indagine del sottosuolo basato sulla riflessione delle onde elettromagnetiche con frequenza compresa tra 10 e 2000 MHz.

Operativamente consiste nell'invio nel terreno di impulsi elettromagnetici ad alta frequenza (radio frequenze) e nella misura del tempo impiegato dal segnale a ritornare al ricevitore dopo essere stato riflesso da eventuali discontinuità intercettate durante il suo percorso. Tali riflessioni sono causate in generale dal cambiamento delle proprietà elettriche del sottosuolo, dalla variazione del contenuto d'acqua e da cambiamenti litostratigrafici.

In particolare, nel caso della prospezione per la ricerca di sottoservizi, le riflessioni possono essere prodotte da strutture, da vuoti presenti nel terreno (ipogei, cunicoli, ecc.), da elementi metallici e superfici di contatto tra strati differenti.



Da un punto di vista teorico il principio di funzionamento dello strumento infatti è legato alla propagazione di un'onda EM nel sottosuolo e si basa sul fenomeno fisico di partizione dell'energia ad un'interfaccia tra due mezzi con diverse proprietà dielettriche.

In particolare, in corrispondenza di un'interfaccia fisica, l'onda EM generata in superficie ed immessa nel sottosuolo per mezzo dell'antenna subisce un fenomeno di riflessione e parte dell'energia ritorna verso la superficie.

La velocità di propagazione V_m di un onda EM in un mezzo m è data dalla (1) dove C è la velocità della luce ed ϵ_r è la costante dielettrica del mezzo, normalizzata rispetto a quella dell'aria.

$$V_m = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}}; \quad (1)$$

Il grado di direzionalità dell'onda EM generata dall'antenna, com'è noto, determina l'ampiezza dell'angolo solido in fase di energizzazione, governando quindi l'area di effettiva riflessione sulla superficie del bersaglio. Una delle unità di misura utilizzabili per la caratterizzazione del sottosuolo e quindi gli orizzonti riflettenti è il grado di riflettività (R), dato dalla (2), e cioè il rapporto tra energia incidente (E_i) ed energia riflessa (E_r) per ogni singolo riflettore.

$$R = \frac{E_i}{E_r} \quad (2)$$

Il risultato dell'elaborazione strumentale è una serie di diagrammi, spikes, la cui intensità dipende da quella del contrasto tra gli orizzonti attraversati oltre che dall'impostazione strumentale; l'ubicazione dei radargrammi dipende dalla velocità di propagazione delle onde nei materiali.

Conoscendo le principali grandezze fisiche elettromagnetiche dei terreni attraversati è possibile trasformare la sezione distanze-tempi in una sezione distanze-profondità. La profondità massima di esplorazione risulta funzione della frequenza dominante del segnale emesso e della resistività elettrica del terreno.

In questo modo, una volta valutate le caratteristiche elettriche del mezzo attraversato dall'impulso elettromagnetico, si è in grado di identificare la forma dell'oggetto, il suo spessore e valutare la profondità alla quale esso si trova, con una precisione e attendibilità maggiore di quella degli altri metodi geofisici.

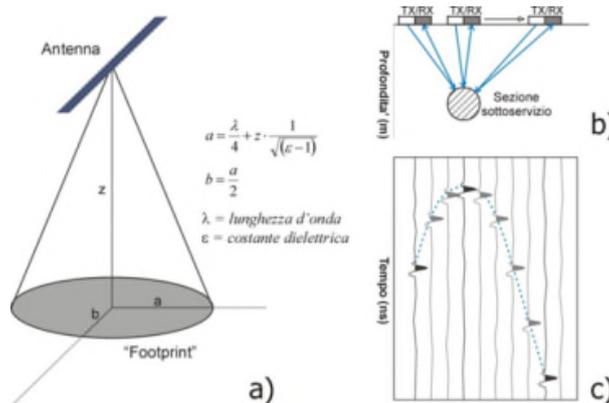


Immagine 17 - a) propagazione impulso con la profondità; b) schema di funzionamento georadar: trascinamento antenna rx/tx e c) radargramma

In commercio esistono radar mono o multicanale: la prima tipologia è costituita da strumenti dotati di una sola antenna trasmittente ed una ricevente, con un ingombro in termini di dimensioni modesto: da ogni linea di scansione si ottiene una sola sezione 2D del terreno, di conseguenza la copertura dei rilievi risulta generalmente limitata e per correlare tra loro più sezioni sono necessarie inevitabili interpolazioni.

La seconda tipologia di strumenti, dal momento che sono dotati di più antenne emittenti e riceventi, presenta un ingombro maggiore: da una singola scansione si ottengono più sezioni 2D, assai ravvicinate, con una copertura in termini di rilievo maggiore il che comporta una riduzione anche importante degli errori legati all'interpolazione. Dall'elaborazione dei dati radar è possibile ottenere modelli 3D e timeslices (piani di riflettanza radar) a differenti profondità.

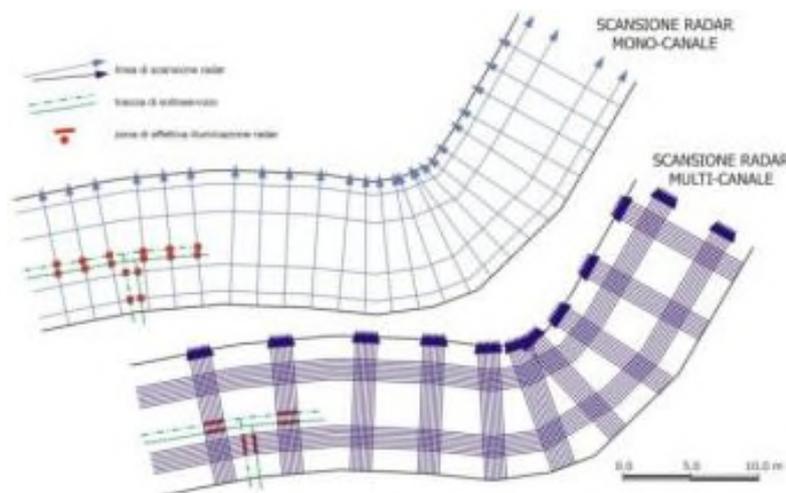


Immagine 18 - Confronto scansione radar mono-canale e multi-canale

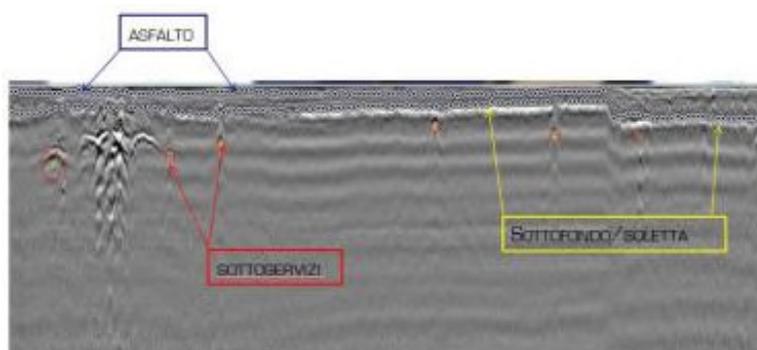


Immagine 19 - Sezione 2D da radar mono-canale.

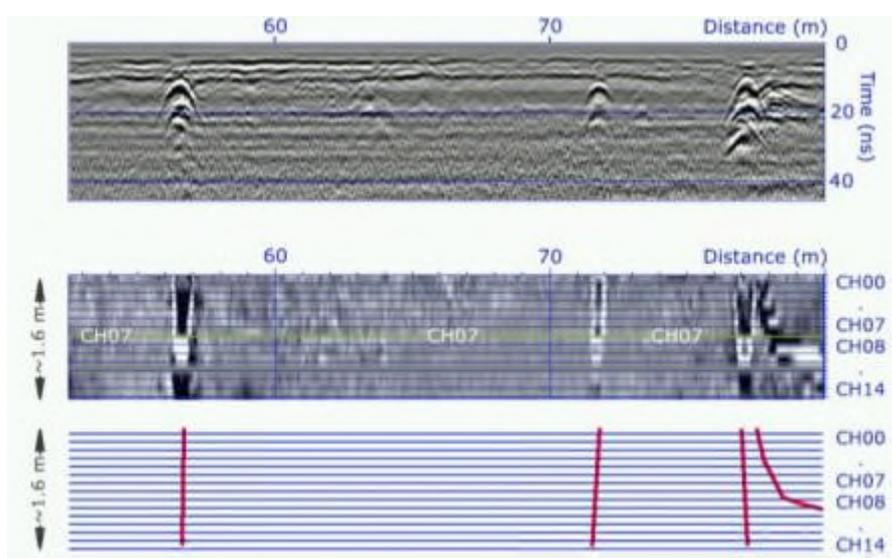


Immagine 20 - Georadar multiantenna: radargramma e planimetria.

Nello specifico per l'esecuzione dei rilievi georadar si è adottato un sistema georadar multicanale equipaggiato con sedici antenne a medio bassa frequenza (200 Mhz).

L'unità di controllo e il display sono collegati mediante un cavo al trasduttore; i dati vengono visualizzati direttamente sullo schermo LCD a matrice attiva sotto forma di radargrammi a colori e registrati su hard disk interno, per poi essere trasferiti al computer di elaborazione.

6.2.5 INDAGINI GEOELETTRICHE

Le prospezioni geoelettriche si basano sugli effetti sotterranei di una corrente elettrica immessa nel sottosuolo, rilevabili in superficie attraverso misure di differenza di potenziale o intensità di corrente: condizione fondamentale perché il metodo risulti efficace è che esista o sia elevato il contrasto di resistività tra gli oggetti dell'indagine (a volte può essere difficile prevederlo a priori).

La presenza di morfologie accidentate e/o la presenza di conduttori ad esempio metallici può condizionare la propagazione della corrente nel sottosuolo, limitandone talora la profondità d'investigazione. La profondità d'investigazione dipende dalla lunghezza dello stendimento con un rapporto pari a 1/5 – 1/6. Per quanto riguarda la dimensione dei target essa dipende dalla spaziatura interelettrodica (con una spaziatura pari a 1 m è possibile identificare oggetti dell'ordine dei 0.5-1.0 m), tuttavia essa decresce con la profondità ed in relazione alla natura dei terreni presenti.

La Tomografia elettrica 3D si presta particolarmente quando ci si trova nelle seguenti situazioni: i) necessità di indagare al di sotto di manufatti, in presenza di strutture sepolte marcatamente 3D; ii) poco spazio a disposizione per gli stendimenti elettrodici a causa della presenza di strutture o difficoltà di accesso e iii) necessità di ridurre possibili interazioni con sottoservizi. Le geometrie di acquisizione per le indagini tridimensionali sono molteplici e si adattano alla forma dell'edificio da indagare. Sulla base delle resistività misurata è possibile ottenere un'informazione indiretta sulla composizione fisica del sottosuolo. Questa metodologia permette quindi di individuare cavità e vuoti, geometria e caratteristiche delle fondazioni e di eventuali strutture sepolte, perdite e flussi d'acqua, dilavamenti significativi del terreno.

Il metodo geo-elettrico consiste in una determinazione sperimentale della distribuzione di resistività (ρ) nel sottosuolo effettuando delle misure dalla superficie. Le misure di resistività vengono effettuate iniettando una corrente elettrica nel terreno mediante una coppia di elettrodi (generalmente indicati con A e B) e sulla misura dei potenziali elettrici attraverso una seconda coppia di elettrodi, generalmente indicati come M ed N.

Dall'intensità della corrente (I) e della tensione (V) è possibile calcolare il valore della resistività apparente (ρ_a) secondo:

$$\rho_a = \frac{KV}{I}$$

dove K è il fattore geometrico che dipende dalla disposizione spaziale del quadripolo di misura. I georesistivimetri misurano generalmente un valore di resistenza $R = V/I$ dal quale si calcola la resistività apparente come:

$$\rho_a = K \cdot R$$

La resistività così ottenuta non è la vera resistività del sottosuolo ma un valore apparente definito come la resistività di un terreno omogeneo che darà lo stesso valore di resistenza per la medesima disposizione del quadripolo. La relazione tra la resistività apparente e la resistività vera è di tipo complesso. La resistività reale fornisce elementi utili per l'individuazione della natura dei litotipi investigati. Il valore di tale parametro dipende dalla composizione mineralogica dei terreni, dalla

presenza di eventuali fluidi di saturazione, dalla temperatura, dalla porosità e dal grado di cementazione.

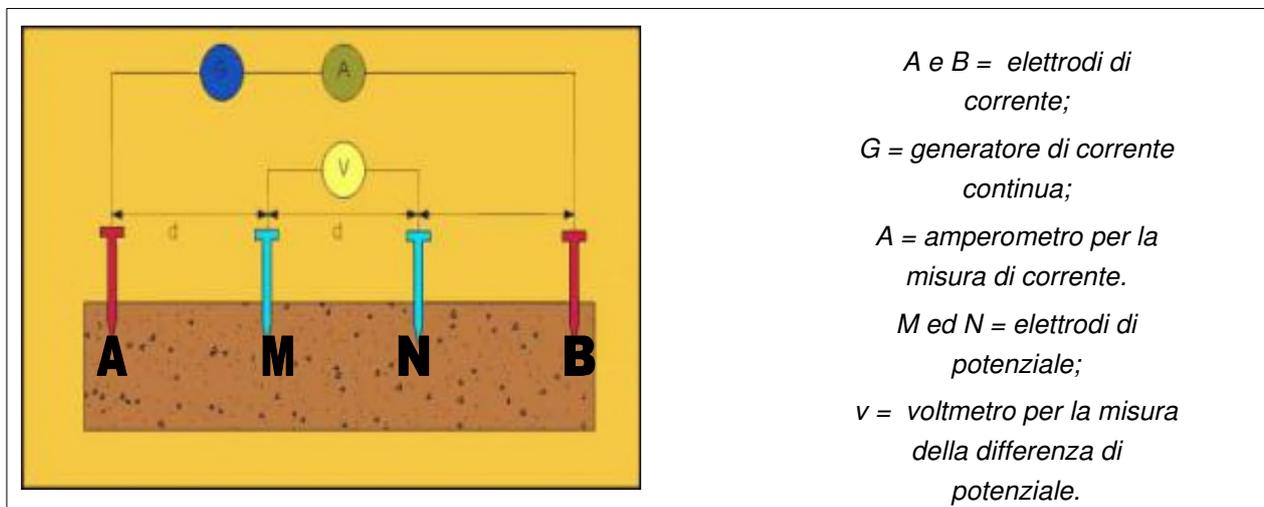


Immagine 21 - Configurazione quadripolare di iniezione e misura

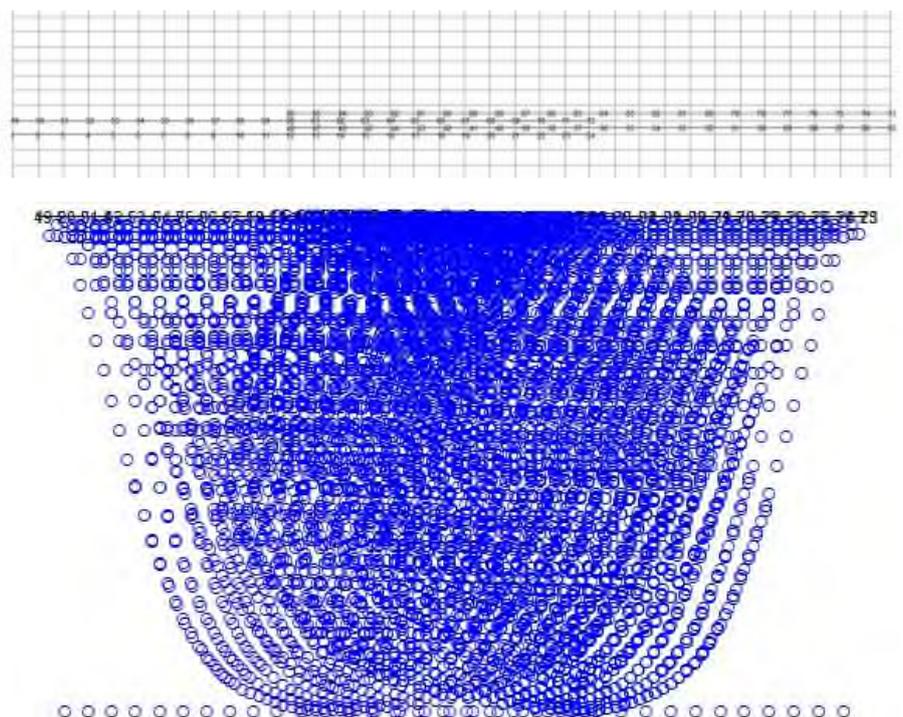


Immagine 22 - Versatilità delle configurazioni 3D: disposizione in superficie dei quadripoli di misura e sequenza di misura in profondità.

Per determinare la vera resistività è necessario applicare un processo di inversione alle misure di resistività apparente. La distribuzione ed il numero dei punti di misura nel sottosuolo è in stretta dipendenza con le geometrie del quadripolo base e con le combinazioni del quadripolo base programmate nella sequenza di misura.

Il concetto di inversione in geofisica equivale alla costruzione di un modello fisico che generi un responso simile a quello delle misure. Questo modello sarà costituito da una serie di parametri che sono le quantità fisiche che si vuole stimare dai nostri dati.

Il responso del modello altro non è che un dato sintetico calcolato per un certo insieme di questi parametri. In generale tutte le tecniche di inversione tentano di determinare un modello del sottosuolo il cui responso sintetico sia simile ai dati misurati e che sia soggetto a certi requisiti.

Attualmente le indagini elettriche vengono eseguite come tomografie mediante stendimento/i multielettrodo/i e acquisizione dei dati di resistività ricorrendo a dispositivi di vario tipo (Wenner, Wenner-Schlumberger, Dipolo-Dipolo, Polo-Polo, Polo-Dipolo) a seconda delle esigenze investigative. Possono essere utilizzati uno o più stendimenti con base a 16/96 elettrodi (o un numero personalizzato di elettrodi) spazati uniformemente a piacimento in relazione alla profondità da raggiungere e risoluzione richiesta. La disposizione degli elettrodi è generalmente programmata dall'operatore e ottimizzata per minimizzare il numero dei profili necessari ad individuare l'obiettivo della ricerca. Tutti gli elettrodi sono collegati, mediante un apposito cavo multiconduttore, allo strumento di acquisizione.

Utilizzando, ad esempio, la configurazione del tipo Wenner, la corrente viene applicata ad una coppia di elettrodi A-B misurando la differenza di potenziale tra le coppie di elettrodi M-N e poi shiftando il quadripolo fino alla fine dello stendimento. Si passa successivamente ad una seconda coppia di trasmissione e così via fino a raggiungere il numero massimo di misure indipendenti sui poli e dipoli disponibili ed in base alle eventuali altre configurazioni scelte e citate sopra.

Si ottengono, con questa procedura, centinaia di letture per ciascuna misura d'interesse, che costituiscono le resistività apparenti dei terreni investigati; successivamente con un apposito algoritmo d'inversione, è possibile ricostruire la distribuzione bidimensionale delle resistività reali del sottosuolo legate alle caratteristiche litologiche specifiche.

La relazione matematica tra parametri del modello e responso del modello si ottiene mediante tecniche di calcolo numerico basate su codici alle differenze o agli elementi finiti. In tutte le tecniche di ottimizzazione, il modello iniziale viene modificato in modo iterativo affinché le differenze tra il responso del modello ed i dati misurati siano progressivamente ridotte.

6.2.5.1 TOMOGRAFIA ELETTRICA 3D

Questo tipo d'indagine si presta particolarmente quando ci si trova nelle seguenti situazioni: i) necessità di indagare al di sotto di manufatti, in presenza di strutture sepolte marcatamente 3D; ii)

poco spazio a disposizione per gli stendimenti elettrodi a causa della presenza di strutture o difficoltà di accesso e iii) necessità di ridurre possibili interazioni con sottoservizi.

Le geometrie di acquisizione per le indagini tridimensionali sono molteplici e si adattano alla forma dell'edificio da indagare. Sulla base delle resistività misurata è possibile ottenere un'informazione indiretta sulla composizione fisica del sottosuolo. Questa metodologia permette quindi di individuare cavità e vuoti, geometria e caratteristiche delle fondazioni e di eventuali strutture sepolte sotto l'edificio oggetto di indagine, perdite e flussi d'acqua, dilavamenti significativi del terreno

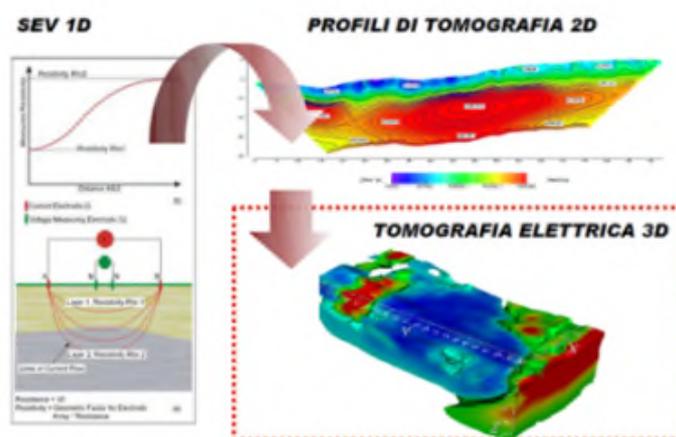


Immagine 23 - Elettrica 1D – 2D e 3D.

6.2.5.2 DETERMINAZIONE DELLA POLARIZZAZIONE INDOTTA (IP)

Il metodo della Polarizzazione Indotta (IP) si applica contemporaneamente al metodo della tomografia elettrica di resistività. La polarizzazione indotta è un fenomeno generato dalla stimolazione di una corrente elettrica dopo l'applicazione di una tensione al terreno. Il metodo si basa sulla misura della Caricabilità residua trattenuta del terreno dopo l'interruzione di immissione di corrente nel sottosuolo.

Se nel terreno, quindi, è incluso un corpo metallico, o con proprietà simili, si registrano anomalie nel decadimento elettrico in funzione del tempo. Lo stesso fenomeno si osserva anche per la polarizzazione di contaminanti organici che possono eventualmente trovarsi nel sottosuolo.

6.2.5.3 OPERAZIONI DI CAMPAGNA E STRUMENTAZIONE ADOTTATA

Nello specifico, per le prospezioni tomografiche è stato impiegato il georesistivimetro multi elettrodo di ultima generazione IRIS Syscal Pro 48 canali in configurazione 48 elettrodi. Lo strumento lavora assegnando agli elettrodi una corrente alternata (ampiezza, frequenza e fase

modificabile dall'utente) permettendo di programmare le sequenze di misure desiderate direttamente in campagna in funzione della profondità e del dettaglio richiesto.

Prima di iniziare ogni acquisizione delle resistività apparenti per ogni lettura della configurazione scelta, il georesistivimetro esegue sul terreno, mediante la distribuzione degli elettrodi con i cavi di collegamento, i controlli delle resistenze di presa su ogni elettrodo e l'eliminazione dei potenziali spontanei. I files raccolti vengono poi scaricati dal georesistivimetro tramite porta USB e trasferiti al notebook per essere elaborati con software ErtLab.

Nel caso in esame, sono stati realizzati quattordici stendimenti multielettrodi per l'acquisizione dei dati di resistività e polarizzazione indotta con configurazione Polo-Dipolo, al fine di conseguire il massimo dettaglio in relazione alle caratteristiche del sottosuolo e la profondità ottimale d'indagine dal piano campagna. Gli stendimenti ERT sono stati acquisiti mediante una geometria da 48 elettrodi. La profondità d'indagine raggiunta è stata dell'ordine di circa 10 m.

Gli stendimenti ERT sono stati acquisiti mediante una geometria da 48 elettrodi con distanza interelettrodica variabile tra 1.5 m e 3 m. La profondità d'indagine raggiunta è stata dell'ordine di 10 m

6.2.6 RILIEVO TOPOGRAFICO

Gli elementi del rilievo sono stati georeferenziati mediante rilievo combinato con strumentazione GNSS Trimble R8s in modalità Real-Time.

Per quanto riguarda il rilievo topografico satellitare la precisione di questa configurazione di misura non è risultata inferiore ai 8 mm +1 ppm in planimetria e 15 mm + 2 ppm in quota.

I punti-misura sono stati codificati in fase di memorizzazione negli strumenti impiegati.



Immagine 24 - GPS Trimble R8S

6.3 ANALISI ED ELABORAZIONE DEI DATI

6.3.1 DATI GRADIOMETRICI (GRAD)

I dati magnetici sono stati importati ed elaborati nei software commerciale GEM Link e importati in un software GIS. In questo modo i dati sono stati sottoposti ai necessari filtri e guadagni in modo da renderli leggibili, oltre che ad abbinarli ai dati geometrici di navigazione per ottenere la corretta ubicazione delle anomalie. In questo modo è stata ottenuta una planimetria per isolinee del gradiente/Campo Magnetico Terrestre in corrispondenza di tutta l'area indagata.

6.3.2 DATI GEOELETTRICI

I dati Sub-Bottom profiler misurati, sono stati acquisiti e pre-elaborati nel software commerciale SESWIN e ISE. Ogni singola scansione è stata sottoposta ai necessari filtri e guadagni in modo da migliorarne la leggibilità, successivamente si sono abbinati i dati geometrici di navigazione per ottenere la corretta correlazione tra le anomalie. I dati così elaborati sono stati importati in due software di visualizzazione di dati 3D Gpr slice e Surfer per la fase di interpretazione.

6.3.3 DATI ELETTROMAGNETOMETRICI (VLF)

I dati elettromagnetometrici VLF sono stati importati ed elaborati nei software commerciali Emfad Scan, HzEMSoft ed importati in GIS.

I dati sono stati sottoposti ai necessari filtri e guadagni in modo da renderli leggibili, oltre che ad abbinarli ai dati geometrici di navigazione per ottenere la corretta ubicazione delle anomalie.

Il rilievo elettromagnetometrico VLF ha consentito di ottenere una planimetria della variazione della componente verticale del Campo Magnetico Terrestre, che fornisce un'interpretazione semi-quantitativa dell'ubicazione ed estensione di elementi ferromagnetici che possono essere presenti fino a circa 15 m dal piano campagna.

Sui profili di interesse sono state generate delle sezioni di resistività del sottosuolo mediante l'utilizzo del software denominato HzEMSoft che utilizza il metodo di calcolo agli elementi finiti per il calcolo delle resistività reali e la minimizzazione degli errori tramite processo d'inversione ai minimi quadrati con un numero variabile di iterazioni.

6.3.4 DATI RADAR

Dall'analisi dei dati radar grezzi si evince come le condizioni dielettriche del substrato dell'area hanno di fatto limitato la profondità d'investigazione a circa 2.8 m dal piano campagna.

I dati radar, sono stati importati ed elaborati nei software commerciale GPR-CAD della Macleod & Simmonds Ltd. Ogni singola scansione radar è stata sottoposta ai necessari filtraggi (background removal, vertical bandpass filter etc.) e guadagni in modo da ottenere radar grammi leggibili, successivamente si sono abbinati i dati geometrici di navigazione per ottenere la corretta correlazione tra le anomalie.

Per la trasposizione da tempo a profondità è stata utilizzata la velocità di 0.11 m/ns, che è stata stimata analizzando la curvatura di alcuni iperboloidi di riflessione.

L'errore strumentale del dato radar è di 5 cm + 10% della profondità.

6.3.5 DATI GEOELETTRICI

Per il trattamento numerico dei dati sono stati utilizzati i software per l'elaborazione dei dati geoelettrici Prosys della Iris Instruments e ErtLab della Geostudi Astier.

I dati sono stati convertiti dal formato interno dello strumento ad un formato ASCII standard e successivamente nel formato dei codici utilizzati per il trattamento. Le misure di resistività sono state controllate manualmente per verificarne la congruenza e, nel caso di deviazioni significative, il punto-misura è stato rimosso dall'insieme.

La ricostruzione delle sezioni di resistività reale è avvenuta tramite l'utilizzo di specifico software denominato ErtLab che utilizza il metodo degli elementi finiti per il calcolo diretto delle resistività reali e la minimizzazione degli errori tramite processo d'inversione ai minimi quadrati con un numero variabile di iterazioni.

Dall'analisi delle sezioni della resistività apparente, ottenute con le configurazioni e geometrie scelte per le misure, è possibile verificare la buona qualità dati raccolti, che permettono di riscontrare già in fase preliminare il raggiungimento degli obiettivi preposti.

La restituzione, con escursione dei valori di resistività in scala lineare, è costituita da immagini a vari colori associati ai valori di resistività e caricabilità dei terreni. Le indagini geoelettriche hanno permesso di mappare il sottosuolo dell'area di indagine con un'ottima coerenza del segnale fino ad una profondità di circa 16 m dal p.c.



6.3.6 DATI TOPOGRAFICI

Gli elementi del rilievo sono stati georeferenziati mediante rilievo topografico satellitare con strumentazione Satellitare GNSS in modalità Real-Time.

Da un punto di vista metodologico il rilievo è stato effettuato in modalità Real-Time VRS agganciandosi per la correzione differenziale alla rete di stazioni permanenti NETGEO certificata dall'Istituto Geografico Militare.

La precisione di questa configurazione di misura non è risultata inferiore ai 15mm +1ppm in planimetria e 20mm + 2ppm in quota.

La restituzione e proiezione planimetrica è stata eseguita attraverso il software topografico MERIDIANA con conversione delle coordinate native WGS 84 nel sistema di riferimento UTM Fuso 33 e Gauss Boaga Fuso Est; per quanto riguarda l'altimetria le quote ellissoidiche native del sistema GNSS sono state convertite in quote ortometriche s.l.m.m. tramite l'utilizzo del modello geoidico Egm2008.

La proiezione geografica e la trasformazione altimetrica sono state effettuate utilizzando i grigliati .gk2 dell'Istituto Geografico Militare.

6.4 RISULTATI

6.4.1 RILIEVI A MARE

Il rilievo magnetico marino ha consentito di ottenere una planimetria di Gradiente/Campo Magnetico Terrestre, che fornisce un'interpretazione semi-quantitativa dell'ubicazione ed estensione di elementi ferromagnetici possono essere presenti nel primo substrato del fondale delle aree indagate.

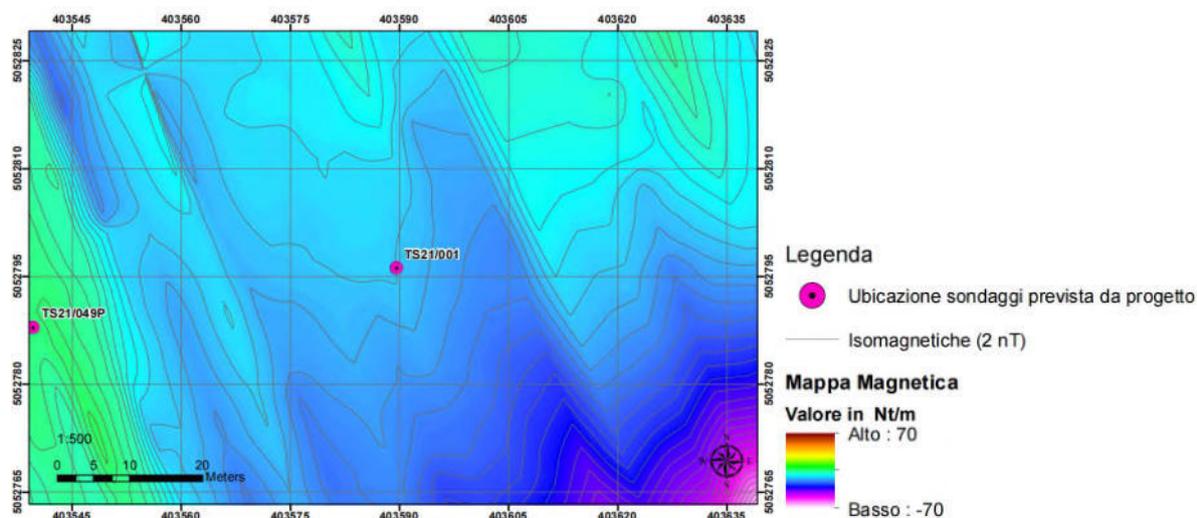


Immagine 25 - Estratto da tavola di consegna: Mappa Magnetica e Legenda degli elementi

Il rilievo Sub Bottom Profiler ha consentito di ottenere una serie di sezioni sismo-acustiche ravvicinate dei settori indagati. Dall'analisi dei riflettori si sono ottenute informazioni ad altissima risoluzione sul primo substrato del fondale.

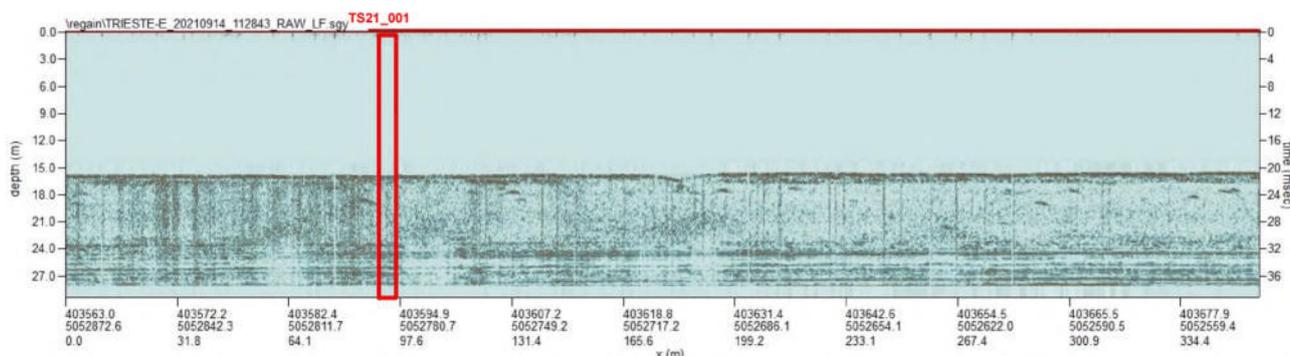


Immagine 26 - Estratto da tavola di consegna: Sezione su dati del Sub Bottom Profiler.

L'intersezione dei dati ottenuti con le due metodologie d'indagine e il rilievo topografico contestuale ha consentito di comprendere l'idoneità dei punti identificati in sede di progetto all'esecuzione dei sondaggi a mare, evitando tutte le zone anomale potenzialmente di interesse ai fini della VRB. I risultati di questa fase di indagine sono riportati nelle tavole allegare alla presente.

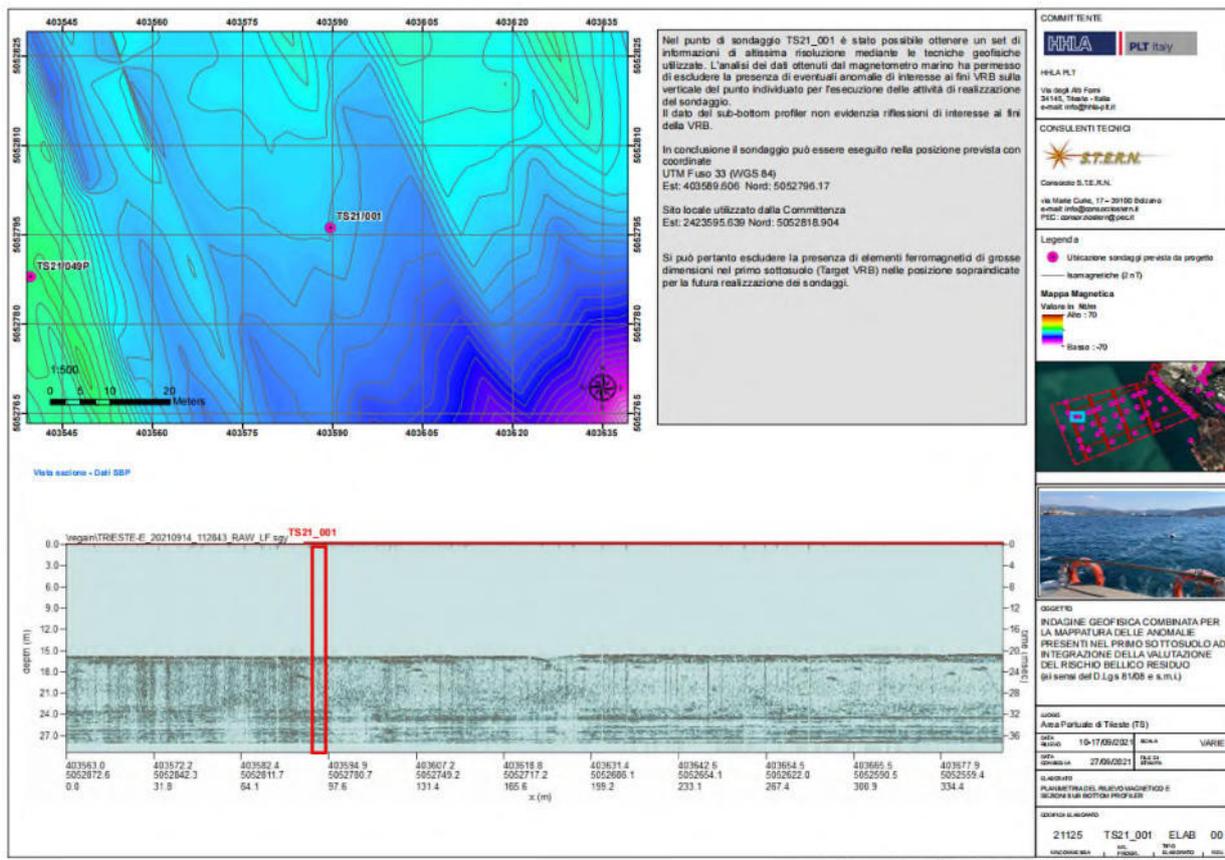


Immagine 27 - Esempio di report indagini geofisiche per punto di sondaggio.

I dati geofisici marini rilevati hanno portato all'identificazione di una zona anomalia di dimensioni notevoli ben evidente sui dati sia del magnetometro marino che del sub bottom profiler. Tale anomalia sulla base delle informazioni disponibili è attribuibile al relitto della corazzata SMS WIEN affondata nel 1917.

I risultati dell'analisi di dettaglio dei dati geofisici raccolti nei pressi del relitto della corazzata Wien sono riportati nella tavola allegato 21125 TAV_B_02.

Su richiesta della committenza è stata eseguita una analisi dei dati geofisici finalizzata all'individuazione dell'ubicazione di due condutture scarico del depuratore di Servola.

I risultati dell'analisi di dettaglio dei dati geofisici raccolti nei pressi delle condutture sono riportati nella tavola allegata 21125 TAV_B_01.

I risultati dell'interpretazione dei restanti dati delle indagini a mare sono riportati nelle tavole allegate.

I dati permettono di identificare una serie di anomalie magnetiche e di riflettori sismo-acustici anomali nei dati del sub-bottom profiler.



Tali anomalie sono riportate nella Tavola 21125_T_E_001.

LEGENDA

	Ubicazione sondaggi da progetto		Anomalia Lineare SBP
	Ubicazione sondaggi da geofisica		Anomalia Areale SBP
Anomalia Magnetica			
	Debole_Intensità		Area Mappata
	Media_Intensità		
	Forte_Intensità		

Immagine 28 - Dettaglio della tavola di consegna-Legenda degli elementi del rilievo magnetico e Sub Bottom Profiler

Di seguito le coordinate delle anomalie Sub bottom Profiler e Magnetiche individuate.

Coordinate (UTM 33/WGS 84) del baricentro delle Anomalie da rilievo Sub Bottom Profiler

Nome	Descrizione	Est	Nord
SBP_1	Anomalia Eterogenea	404190.22	5052736.2
SBP_2	Anomalia_Omogenea	404253.15	5052777.33
SBP_3	Anomalia_Omogenea	403996.54	5052892.52
SBP_4	Anomalia_Omogenea	403901.41	5052845.7
SBP_5	Anomalia Eterogenea	403850.62	5052797.35
SBP_6	Anomalia Eterogenea	403802.88	5052851.97
SBP_7	Anomalia Eterogenea	403790.19	5052849.58
SBP_8	Anomalia Eterogenea	403778.61	5052866.81
SBP_9	Anomalia Eterogenea	403768.11	5052770.16
SBP_10	Anomalia Eterogenea	403763.21	5052719.88
SBP_11	Relitto_Corazzata_Wien	403711.38	5052716.77
SBP_12	Anomalia Eterogenea	403658.84	5052766.14
SBP_13	Anomalia Eterogenea	403584.04	5052765.04



Coordinate (UTM 33/WGS 84) Anomalie da rilievo Magnetico

Nome	Descrizione	Est	Nord
Mag_01	Media_Intensità	404052.55	5052802.49
Mag_02	Debole_Intensità	404188.4	5052764.46
Mag_03	Media_Intensità	404118.37	5052715.06
Mag_04	Media_Intensità	403698.16	5052850.21
Mag_05	Debole_Intensità	403649.45	5052810.89
Mag_06	Debole_Intensità	403827.84	5052745.46
Mag_07	Media_Intensità	403786.54	5052589.95
Mag_08	Debole_Intensità	404285.29	5052991.45
Mag_09	Debole_Intensità	404417.28	5052831.36
Mag_10	Debole_Intensità	404401.74	5052833.93
Mag_11	Debole_Intensità	404213.78	5052940.8
Mag_12	Debole_Intensità	404428.16	5052853.78
Mag_13	Debole_Intensità	404215.78	5052977.48
Mag_14	Debole_Intensità	404071.37	5052984.87
Mag_15	Debole_Intensità	404090.78	5053018.67
Mag_16	Media_Intensità	404006.28	5052843.3
Mag_17	Media_Intensità	403906.78	5052660.23
Mag_18	Media_Intensità	403881.93	5052648.62
Mag_19	Debole_Intensità	403797.05	5052644.74
Mag_20	Debole_Intensità	403571.29	5052700.7
Mag_21	Debole_Intensità	403609.66	5052845.85
Mag_22	Debole_Intensità	403601.92	5052858.96
Mag_23	Debole_Intensità	403581.71	5052833.9
Mag_24	Debole_Intensità	403550.23	5052828.92
Mag_25	Media_Intensità	403884.24	5052876.75
Mag_26	Media_Intensità	403909.06	5052822.75
Mag_27	Media_Intensità	403881.05	5052929.46
Mag_28	Debole_Intensità	403615.8	5052712.06
Mag_29	Media_Intensità	403791.09	5052849.21
Mag_30	Media_Intensità	403900.93	5052847.62
Mag_31	Debole_Intensità	403575.81	5052762.55
Mag_32	Debole_Intensità	403588.35	5052769.18
Mag_33	Debole_Intensità	403770.37	5052769.96
Mag_34	Debole_Intensità	404251.78	5052779.67
Mag_35	Forte_Intensità	403708.33	5052719.77

Tabella 01 - Coordinate UTM FUSO 33 (WGS84) di ubicazione dei punti di anomalia

Ai fini della VRB si ritiene che le anomalie magnetiche Mag_28, Mag_29, Mag_30, Mag_31, Mag_32, Mag_33, Mag_34 e Mag_35 che ricadono in corrispondenza a riflettori ben marcati nei dati del SBP costituiscano anomalie di interesse ai fini della Valutazione del rischio bellico residuo.

6.4.2 RILIEVI A TERRA

Le indagini geofisiche effettuate hanno permesso di ottenere un set di informazioni ad altissima risoluzione delle aree oggetto di indagine.

In corrispondenza dei previsti punti di sondaggio sono state acquisite 14 tomografie elettriche 3D e un rilievo georadar (TAV01 - TAV11). Nella porzione antistante l'ingresso all'Acciaieria Arvedi Spa, è stata eseguita un'indagine combinata elettromagnetometrica e georadar (TAV12 - TAV14). In alcuni punti di sondaggio, su indicazione della Committenza per problemi logistici, i sondaggi sono stati spostati in posizioni più idonee. Questi sondaggi sono stati rinominati con il suffisso -NEW. Inoltre, in alcuni punti, per presenza di strutture o tubazioni individuate mediante il rilievo si è consigliato lo spostamento dei sondaggi, (suffisso -NEW). Di seguito sono riportate le ubicazioni dei punti di sondaggio e la presenza o meno di anomalie target.

Le anomalie target ai fini VRB, costituite da un oggetto metallico sepolto di dimensioni rilevanti, sono individuate dalla presenza di zone con bassi valori di resistività e con un corrispondente aumento nei valori di caricabilità (presenza di materiali polarizzabili).

I valori di resistività nel sottosuolo indagato variano da poche unità fino a oltre 250 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ mentre i valori di caricabilità variano da poche unità variabilmente fino a poche decine o a oltre 200 mV/V .

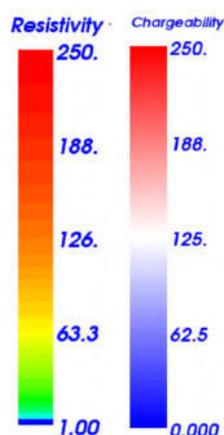


Immagine 29 - Scala dei valori di resistività ($\text{Ohm}\cdot\text{m}$) e di caricabilità (mV/V)

I risultati dell'interpretazione delle indagini effettuati sui punti di sondaggio a terra sono riportati nelle tavole allegate.

Nella zona antistante l'ingresso all'Acciaieria Arvedi Spa, è stata eseguita un'indagine combinata elettromagnetometrica e georadar su un'area di estensione pari a circa 10000 m² di interesse per le future opere in progetto.

Il rilevamento elettromagnetometrico (VLF) ha consentito di ottenere sette planimetrie di variazione della componente verticale del C.M.T. (Campo Magnetico Terrestre) alle sette frequenze indagate. Tali planimetrie forniscono un'interpretazione semi-quantitativa dell'ubicazione ed estensione di elementi ferromagnetici che possono essere presenti fino a circa 12 m dal piano campagna. I risultati, sotto forma di isolinee dei valori di variazione della somma della componente verticale del C.M.T. delle sette frequenze acquisite sono riportati nelle tavole allegate.

Il rilievo georadar ha consentito di individuare e mappare le anomalie presenti nel primo sottosuolo fino ad una profondità di circa 3 m correlabili a sottoservizi e strutture sepolte oltre ad una serie di anomalie lineari.

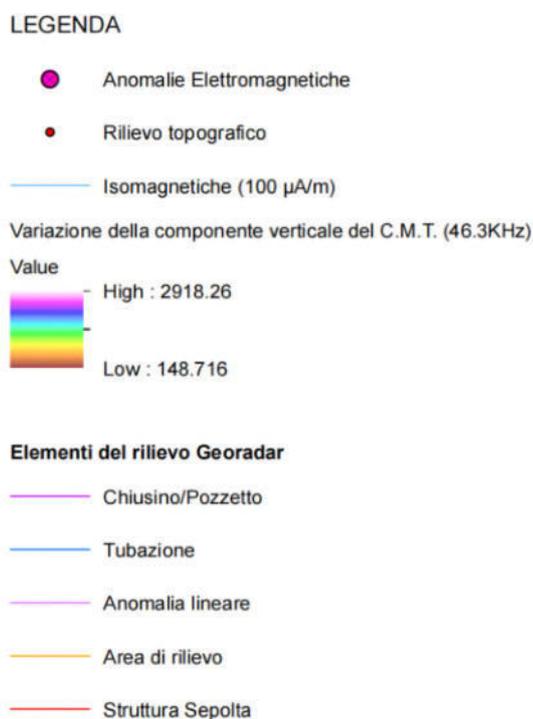


Immagine 30 - Dettaglio delle tavole di consegna-Legenda degli elementi del rilievo elettromagnetico VLF e Georadar

Nell'area di interesse, il rilievo elettromagnetometrico (VLF) e georadar ha evidenziato la presenza di cinque anomalie puntuali la cui presenza non è correlabile con sottoservizi/chiusini/strutture presenti nel terreno e che pertanto costituiscono elemento di interesse ai fini VRB.

Di seguito si riportano i grafici rappresentanti la variazione della componente verticale del campo magnetico terrestre relativi alle anomalie target VRB individuate.

Il profilo della distribuzione dei valori di componente verticale del campo magnetico estratto in corrispondenza dell'anomalia target VRB A01 è riportato nell'immagine sottostante; l'anomalia è caratterizzata dalla presenza di un picco positivo di variazione del campo magnetico i cui valori variano da 300 $\mu\text{A}/\text{m}$ a 900 $\mu\text{A}/\text{m}$. Nel complesso l'anomalia si sviluppa su una distanza di circa 3.0 m.

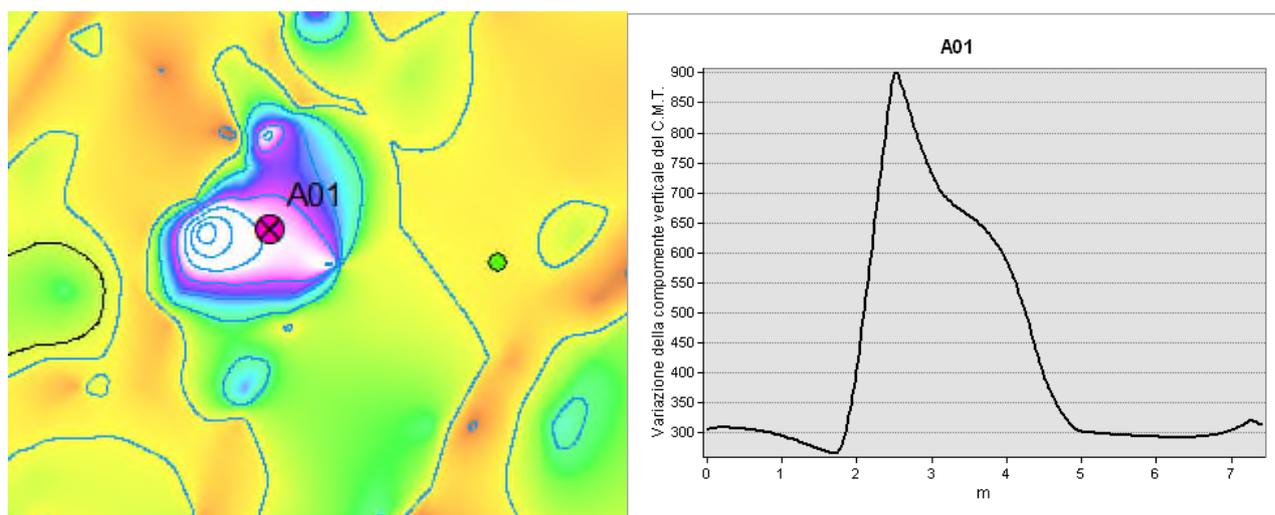


Immagine 31 - Distribuzione dei valori di variazione verticale del C.M.T. dell'anomalia A01

Il profilo della distribuzione dei valori di componente verticale del campo magnetico estratto in corrispondenza dell'anomalia target VRB A02 è riportato nell'immagine sottostante; l'anomalia è caratterizzata dalla presenza di un picco positivo di variazione del campo magnetico i cui valori variano da circa 300 $\mu\text{A}/\text{m}$ a oltre 1400 $\mu\text{A}/\text{m}$. Nel complesso l'anomalia si sviluppa su una distanza di circa 3.5 m.

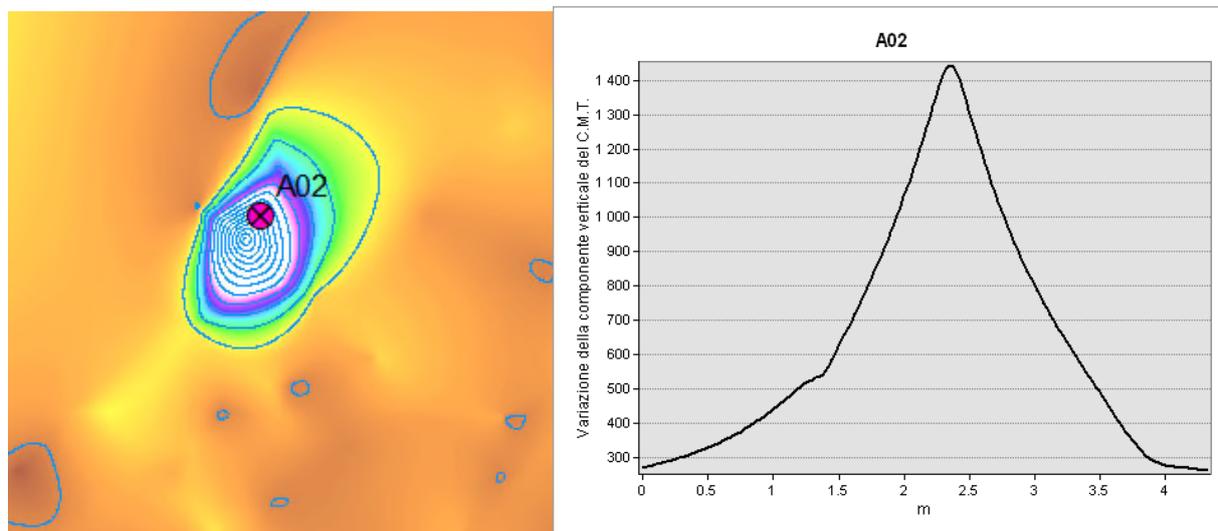


Immagine 32 - Distribuzione dei valori di variazione verticale del C.M.T. dell'anomalia A02

Il profilo della distribuzione dei valori di componente verticale del campo magnetico estratto in corrispondenza dell'anomalia target VRB A03 è riportato nell'immagine sottostante; l'anomalia è caratterizzata dalla presenza di un picco positivo di variazione del campo magnetico i cui valori variano da 360 $\mu\text{A/m}$ a 580 $\mu\text{A/m}$. Nel complesso l'anomalia si sviluppa su una distanza di circa 3.0 m.

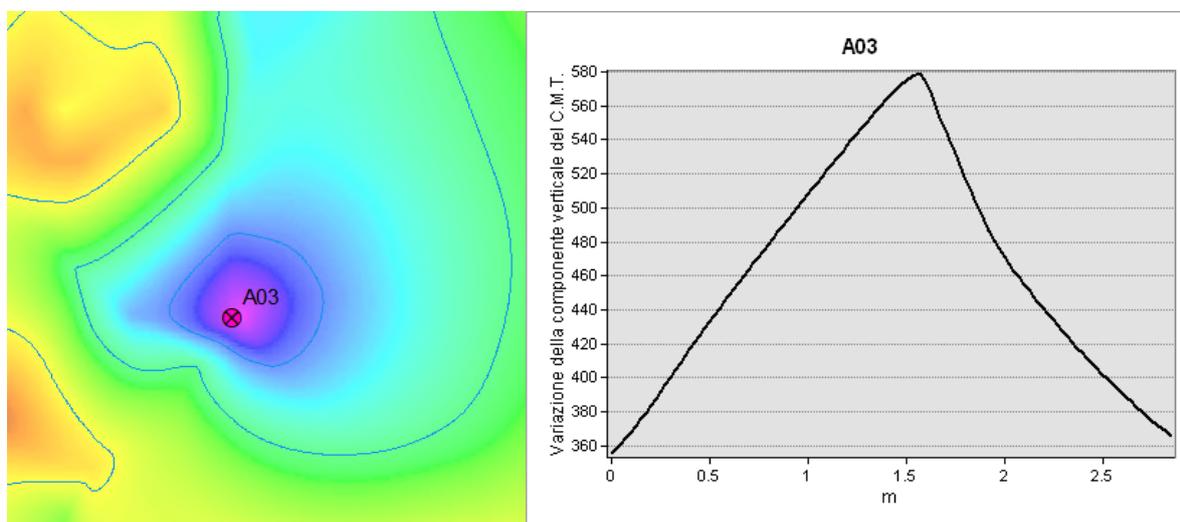


Immagine 33 - Distribuzione dei valori di variazione verticale del C.M.T. dell'anomalia A03

Il profilo della distribuzione dei valori di componente verticale del campo magnetico estratto in corrispondenza dell'anomalia target VRB A04 è riportato nell'immagine sottostante; l'anomalia è caratterizzata dalla presenza di due picchi positivi di variazione del campo magnetico i cui valori variano da 400 $\mu\text{A/m}$ a 1600 e 1800 $\mu\text{A/m}$. Nel complesso l'anomalia si sviluppa su una distanza di circa 7.0 m.

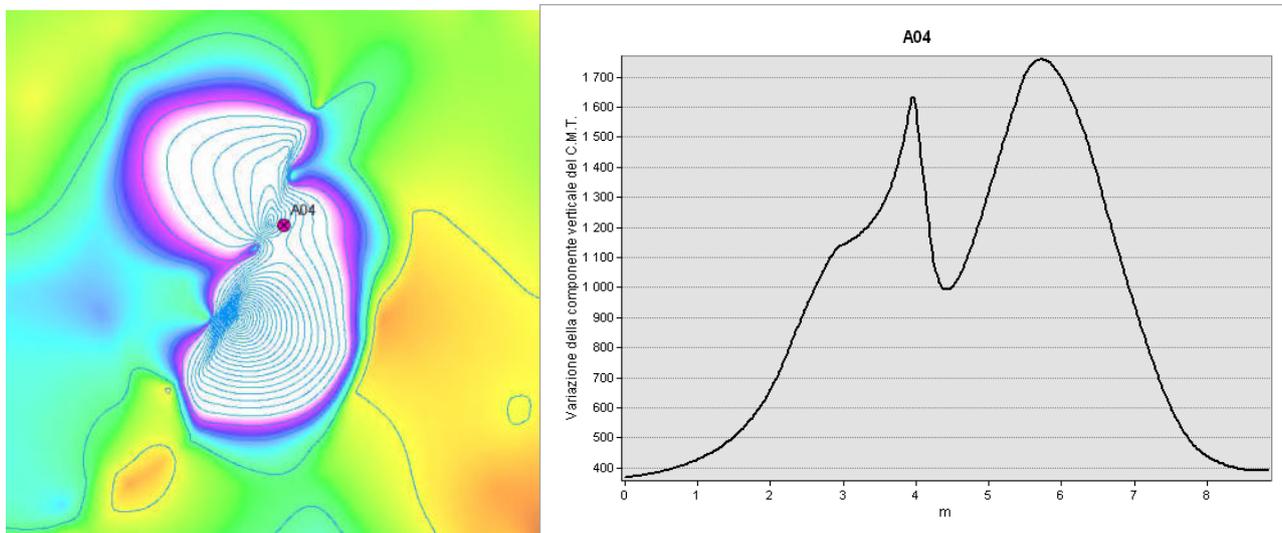


Immagine 34 - Distribuzione dei valori di variazione verticale del C.M.T. dell'anomalia A04

Il profilo della distribuzione dei valori di componente verticale del campo magnetico estratto in corrispondenza dell'anomalia target VRB A05 è riportato nell'immagine sottostante; l'anomalia è caratterizzata dalla presenza di un picco positivo di variazione del campo magnetico i cui valori variano da 320 $\mu\text{A/m}$ a 680 $\mu\text{A/m}$. Nel complesso l'anomalia si sviluppa su una distanza di circa 2.5 m.

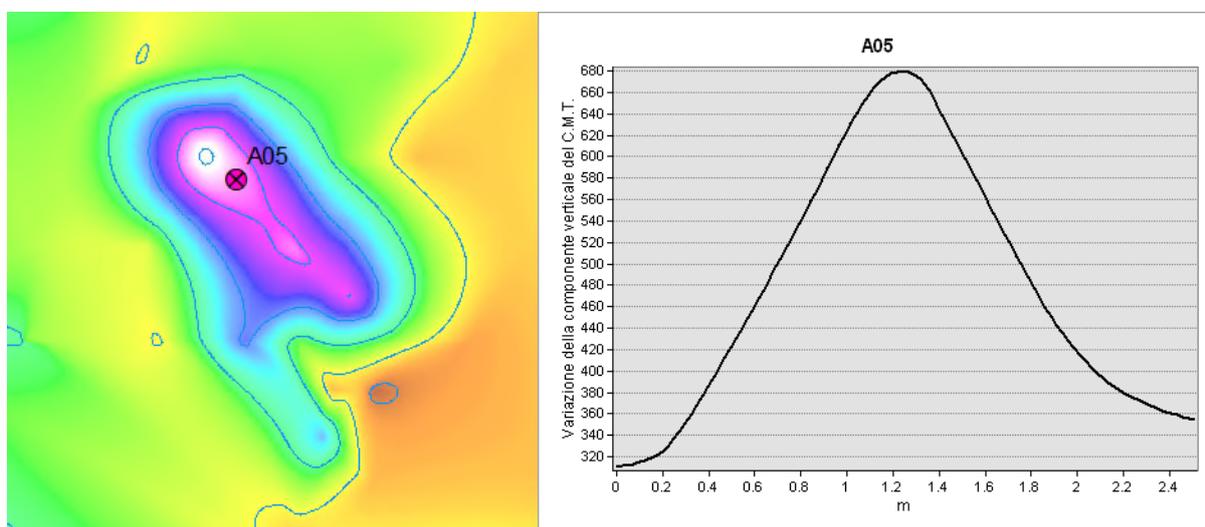


Immagine 35 - Distribuzione dei valori di variazione verticale del C.M.T. dell'anomalia A05

Nella seguente tabella sono riportate le coordinate UTM fuso 33 (WGS84) delle anomalie riscontrate nell'area.

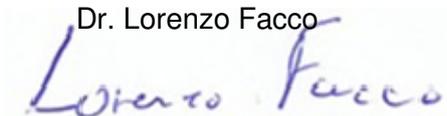


NOME	EST	NORD
A01	404 650.61	5 053 187.22
A02	404 703.22	5 053 217.24
A03	404 611.40	5 053 127.17
A04	404 639.71	5 053 127.56
A05	404 619.14	5 053 113.28

Tabella 02 - Coordinate UTM FUSO 33 (WGS84) di ubicazione dei punti di anomalia

Il tecnico incaricato

Dr. Lorenzo Facco



7 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 residuale 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, riportata nella relazione STR.0522.RTC.001, documenta un'attività bellica rilevante sul territorio in esame.

A supporto dell'analisi storiografica, dunque, al fine di contestualizzare il livello di rischio per le aree in esame, è stata eseguita una campagna di indagini strumentali indirette, di tipo geofisico, volte ad individuare eventuali masse metalliche presenti, riconducibili a potenziali elementi bellici.

L'analisi strumentale indiretta ha evidenziato la presenza di anomalie ferromagnetiche verosimilmente associabili ai target di interesse della Valutazione del Rischio Bellico (tipicamente bombe d'aereo 500/1000 libbre).

La sovrapposizione di tali dati con le ubicazioni dei sondaggi ha permesso di realizzare questi ultimi con il supporto dei dati strumentali volti a appurare l'assenza di anomalie magnetiche, e tale sovrapposizione è avvenuta contestualmente alle indagini. Ciò premesso, per le aree analizzate, la combinazione dei dati dei rilievi strumentali permette di asserire quanto segue:

PER LA PARTE A TERRA le anomalie di interesse della VRB sono quelle individuate dagli identificatori: A01, A02, A03, A04 e A05. Per tali aree (e immediato intorno, inteso come area centrata nel punto individuato, e di raggio pari a 5 m), identificate e localizzate nella tavola 21125_TAV14_GRD_VLF, 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) e dei proietti d'artiglieria di medio e grosso calibro, o altri residuati bellici potenzialmente pericolosi.

PER LA PARTE A MARE le anomalie di interesse della VRB sono quelle individuate dagli identificatori: Mag_28, Mag_29, Mag_30, Mag_31, Mag_32, Mag_33, Mag_34 e Mag_35. Per tali aree (e immediato intorno, inteso come area riportata sulle tavole grafiche, allargate di 10 m per lato), identificate e localizzate nella tavola 21125_T_E_001, 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) e dei proietti d'artiglieria di medio e grosso calibro, o altri residuati bellici. Si specifica che l'anomalia Mag_35 corrisponde al relitto della corazzata WIEN

CORAZZATA WIEN: L'anomalia Mag_35 individuata sulle tavole ed attribuita in modo certo alla Corazzata Wien è da considerarsi a tutti gli effetti **REPERTO BELLICO**. Come tale non è possibile, per tale ambito e solo per quello, procedere a Bonifica Bellica Sistemica, ma è eventualmente possibile, premesso il benessere della *Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio del Friuli-Venezia Giulia*, la consegna diretta al Ministero della Difesa per l'eliminazione del residuo. Si consiglia pertanto, viste le competenze e l'interesse del Ministero per tale relitto, di modificare il progetto non procedendo a sondaggi o costruzioni su tale sito.

Per tutte le restanti aree, a terra e a mare, si ritiene di poter orientare la valutazione del rischio bellico residuo, di competenza del Coordinatore della Sicurezza in fase di progettazione, verso un rischio ACCETTABILE, dove riferito al target delle bombe d'aereo (500/1000 libbre) e dei proietti d'artiglieria di medio e grosso calibro.

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:

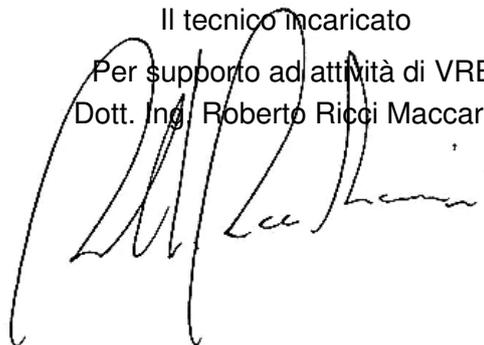
- Qualora il CSP valuti **RISCHIO NON ACCETTABILE** si rende necessario attivare la procedura di bonifica (bonifica bellica sistemica preventiva) e tutte le eventuali misure di prevenzione e protezione allo scavo ritenute migliorative e/o integrative per la situazione in oggetto.



- 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

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

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Roberto Ricci Maccarini", written over the typed name.

8 APPENDICE FOTOGRAFICA INDAGINE STRUMENTALE



Foto - Magnetometro marino Explorer Marine Magnetics

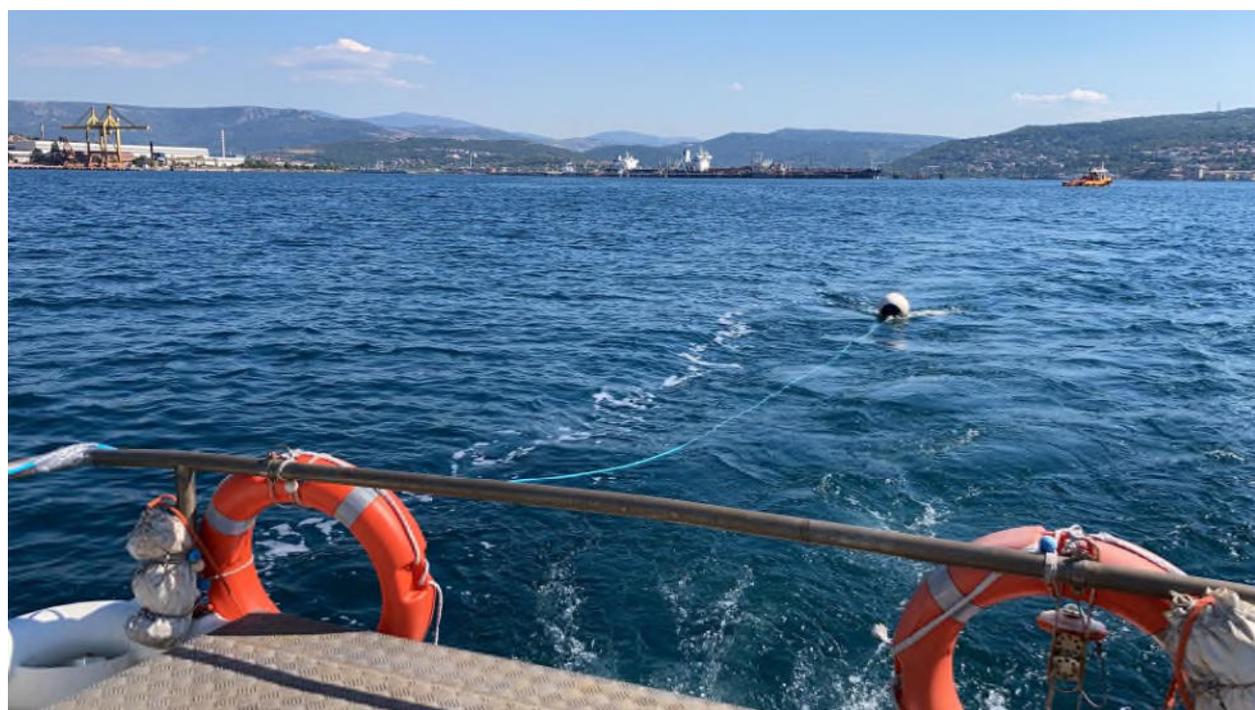


Foto - Esecuzione rilievo con magnetometro marino



Foto - Sistema GNSS Trimble R8s



Foto - Sistema GNSS Trimble R8s e trasduttore SBP Innomar Smart



Foto - Consolle di acquisizione dati magnetici e SBP



Foto - Consolle di acquisizione SBP



Foto - Esecuzione del rilievo georadar multicanale con IDS Stream X

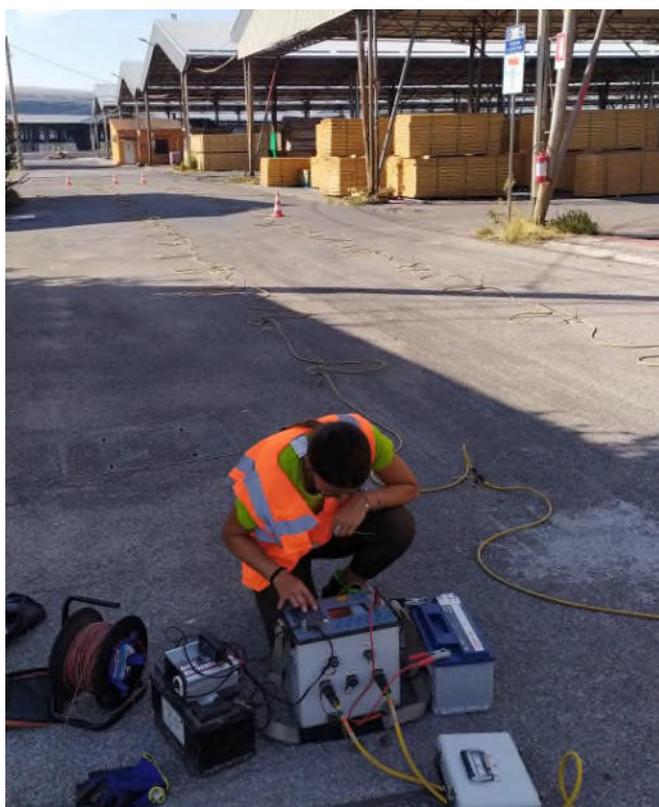


Foto - Esecuzione ERT 3D con georesistivimetro IRIS Syscal Pro



Foto - Esecuzione del rilievo elettromagnetico con strumentazione EMFAD VLF

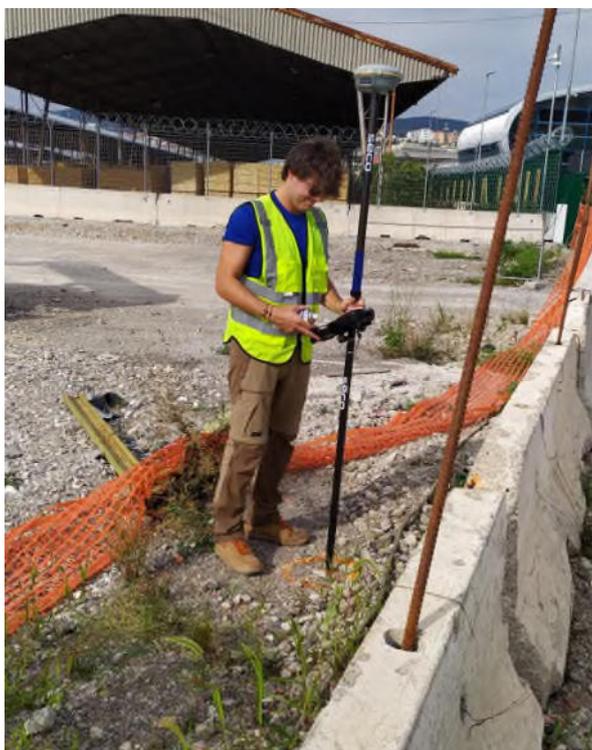
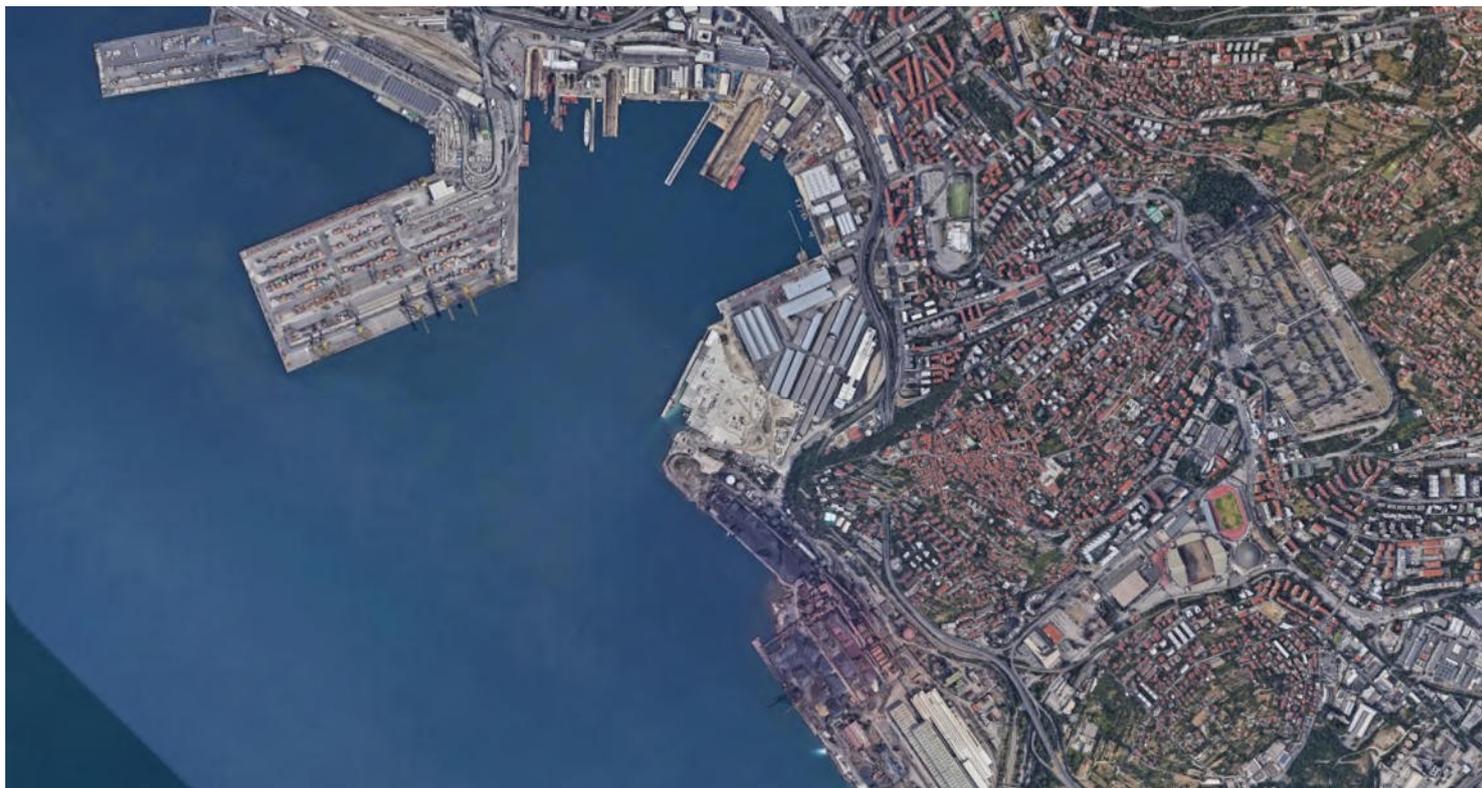


Foto - Esecuzione del rilievo topografico con Trimble R8s



PROGETTO INTEGRATO DI MESSA IN SICUREZZA, RICONVERSIONE INDUSTRIALE E SVILUPPO ECONOMICO PRODUTTIVO NELL'AREA DELLA FERRIERA DI SERVOLA

ATTIVITÀ SPECIALISTICA DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DELLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

ELABORATO Interferenze con la CORAZZATA WIEN - Relazione archeologica - Stralcio di sintesi sulle indagini ai fini della valutazione del Rischio Bellico Residuo	SCALA	COMMESSA
		COD. ELABORATO X.00

PROGETTISTA:	
--------------	--

DATA	REV	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APPR.
12.04.22	00	Emissione			

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica – Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 3 di 41
--	---	--------------

1 [Sommarario](#)

1	Sommario	3
2	Sommario figure	4
3	Premessa	6
4	La corazzata Wien	7
4.1	La costruzione e servizio	7
4.2	L'attività bellica.....	12
4.3	L'affondamento.....	13
4.4	La demolizione	16
4.5	La riscoperta della Wien.....	19
4.6	La situazione attuale	21
5	Sopralluogo del 28/29 novembre 2022	31
6	I progetti del nuovo Molo VIII	32
6.1	Soluzione ASC	32
6.2	Soluzione BB	34
7	Stralcio di sintesi sulle attività di indagine ai fini della Valutazione del Rischio Bellico	36
7.1	Indagini eseguite e risultati	36
8	Estratti tavole di elaborazione.....	39

	<p>Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola</p> <p><i>Relazione Tecnica – Valutazioni interferenze con relitto Wien</i></p>	<p>Pag. 4 di 41</p>
--	--	---------------------

2 Sommario figure

Figura 1 - La corazzata di difesa costiera austrungarica WIEN, nel suo primo allestimento. Tratto da U.S. Navy's Office of Naval Intelligence in Washington, District of Columbia da una foto scattata da B. Circovich di Trieste	8
Figura 2 - Uno dei disegni di progetto delle corazzate della classe Monarch cui apparteneva la Wien.....	9
Figura 3 - La corazzata di difesa costiera austrungarica WIEN ritratta in una cartolina del 1895.....	10
Figura 4 - Cartolina	11
Figura 5 - Il porto di Trieste all'inizio del XX secolo.	11
Figura 6 - La corazzata di difesa costiera austrungarica WIEN, nell'allestimento del 1915	13
Figura 7 - M.A.S. Italiano in porto a Venezia	14
Figura 8 - Disegno ricostruttivo del momento dell'esplosione dei siluri contro la Wien .	15
Figura 9 - L'equipaggio del M.A.S. 9: Da sin. S. Nocch. Pietro Foggi; Mar. Francesco Mazzella; 2° nocch. Giuseppe Battaglini; T. V. Luigi Rizzo; 2° C. po Torp. Arturo Martini; Sc. Mc. Armando Sansolini (cerchio rosso); Mc. Camini; seduti: Torp. E. Attilio Poltri; Torp. Sil. Luigi Orsi.	15
Figura 10 - Riproduzione della pagina de Il Piccolo del maggio del 1925.....	17
Figura 11 - Fotografia autografa di L. Rizzo, con i versi di « Mare nostrum » di G. D'Annunzio in occasione del recupero della poppa della Wien.....	18
Figura 12 - La poppa della Wien con il nome della corazzata conservata al Museo storico navale di Venezia	18
Figura 13- Le imbarcazioni impegnate nei recuperi del 2017.....	20
Figura 14 - Frammenti metallici recuperati nel 2017	20
Figura 15 - Frammenti metallici recuperati nel 2017	20
Figura 16 - Rilievo Side Scan Sonar georiferito con indicazione della depressione in cui giacciono i resti dello scafo della Wien	22
Figura 17 - Rielaborazione grafica del rilievo batimetrico georiferito con indicazione della depressione in cui giacciono i resti dello scafo della Wien.....	23

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica – Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 5 di 41
--	---	--------------

Figura 18 - Modellazione 3d del rilievo batimetrico con sovrapposizione della sagoma della Wien alla depressione esistente sul fondo.....	24
Figura 19 - Porzione dello scafo della Wien	25
Figura 20 - Porzione dello scafo della Wien	25
Figura 21 - Porzione dello scafo della Wien	26
Figura 22 - Porzione dello scafo della Wien	26
Figura 23 - Porzione dello scafo della Wien	27
Figura 24 - Porzione dello scafo della Wien	28
Figura 25 - Porzione dello scafo della Wien	28
Figura 26 - Porzione dello scafo della Wien	29
Figura 27 - Porzione dello scafo della Wien	29
Figura 28 - Porzione dello scafo della Wien	30
Figura 29 - Le strutture da realizzare NON interferiscono con il relitto della Wien	32
Figura 31 - Le strutture da realizzare NON interferiscono con il relitto della Wien	33
Figura 30 - Le strutture di progetto distano circa 20 metri dalla posizione del relitto della Wien	33
Figura 32 - Le strutture da realizzare INTERFERISCONO con il relitto della Wien	34
Figura 33 - Le strutture da realizzare NON interferiscono con il relitto della Wien	35
Figura 34 - Le strutture da realizzare NON interferiscono con il relitto della Wien	35
Figura 35 - Estratto tavola 21125_T_E_001 – Individuazione delle anomalie (rossa: forte intensità – arancioni: media intensità – blu: debole intensità - retino magenta: anomalia areale)	39
Figura 36 - Estratto tavola 21125_T_C_001 – Mappa del gradiente magnetico rilevato per le aree in esame a mare.....	40
Figura 37 - Estratto tavola 21125_T_B_002 – Individuazione relitto Wien mediante Sub bottom profiler	41

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica - Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 6 di 41
--	---	--------------

3 PREMESSA

Il progetto a cui si fa riferimento è relativo alla realizzazione delle opere a terra e a mare necessarie per l'operatività del nuovo terminal portuale che si prevede sull'impronta che il vigente Piano Regolatore Portuale (PRP in seguito) destina al Molo VIII sulla cosiddetta ex "area a caldo" della ferriera di Trieste.

In tale ambito si sono rese necessarie una serie di indagini conoscitive preliminari, fra cui quelle eseguite per la Valutazione del Rischio Bellico residuo. La presente nota vuole riportare in sintesi i risultati delle indagini strumentali eseguite a mare ai fini della Valutazione del Rischio Bellico residuo.

Le indagini, commissionate al Consorzio S.T.E.R.N. dalla Committenza - la società HHLA PLT Italy s.r.l. - sono state sviluppate sia per le aree a terra, sia per quelle a mare, ed hanno interessato il sedime delle future realizzazioni dell'opera in oggetto.

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. Per la parte a mare, infine, le indagini hanno interessato, mediante sovrapposizione di due tipologie di indagini, tutto lo specchio d'acqua interessato dal futuro molo VIII, per una superficie compressiva di circa 380.000 m².

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica – Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 7 di 41
--	---	--------------

4 LA CORAZZATA WIEN

4.1 La costruzione e servizio

La corazzata Wien era classificata nella flotta austroungarica quale "nave da difesa costiera". Rientrava così nella politica della Marina austriaca (K.u.K Kriegsmarine) di "fleet in being": anziché avventurarsi in un rischioso scontro navale l'Austria preferì mantenere le proprie navi nelle rispettive baie, obbligando conseguentemente la flotta italiana a un'identica azione di difesa. Proprio l'azione dei MAS fu un tentativo di "rompere" quest'impasse.

La Wien, come la Monarch e la Budapest, aveva un dislocamento di 5500 tonnellate e un armamento principale composto da 4 cannoni da 240 mm¹. La nave era ormai vecchia, sorpassata: il suo inventore, Siegfried Popper, l'aveva progettata ancora nel 1890. La Wien fu costruita nel cantiere San Rocco dello Stabilimento Tecnico Triestino; i lavori iniziarono il 16 febbraio 1893; il 6 luglio 1895 la nave scese in mare e infine venne ultimata nel 1896. Nel 1897 partecipò alle manovre a Spithead per i 60 anni di regno della regina Vittoria.

Per vent'anni, dal 1896 al 1917, la Wien si limitò a servire presso il porto militare di Pola; poi nel 1913 sembrò avviarsi a un prematuro pensionamento, con il passaggio a nave-scuola d'artiglieria².

¹ Sieche, Erwin F. (1999). "Austria-Hungary's Monarch Class Coast Defense Ships". Warship International. Toledo, Ohio: International Naval Research Organization. XXXVI (3): 220–260. ISSN 0043-0374; Noppen, Ryan (2012). Austro-Hungarian Battleships 1914–1918. New Vanguard. 193. Botley, UK: Osprey Publishing. ISBN 978-1-84908-688-2.

²Vedi <https://clubtouristitriestini.blogspot.com/2020/12/10-dicembre-1917-affondamento-della.html> di Zeno Saracino; e https://it.wikipedia.org/wiki/SMS_Wien.

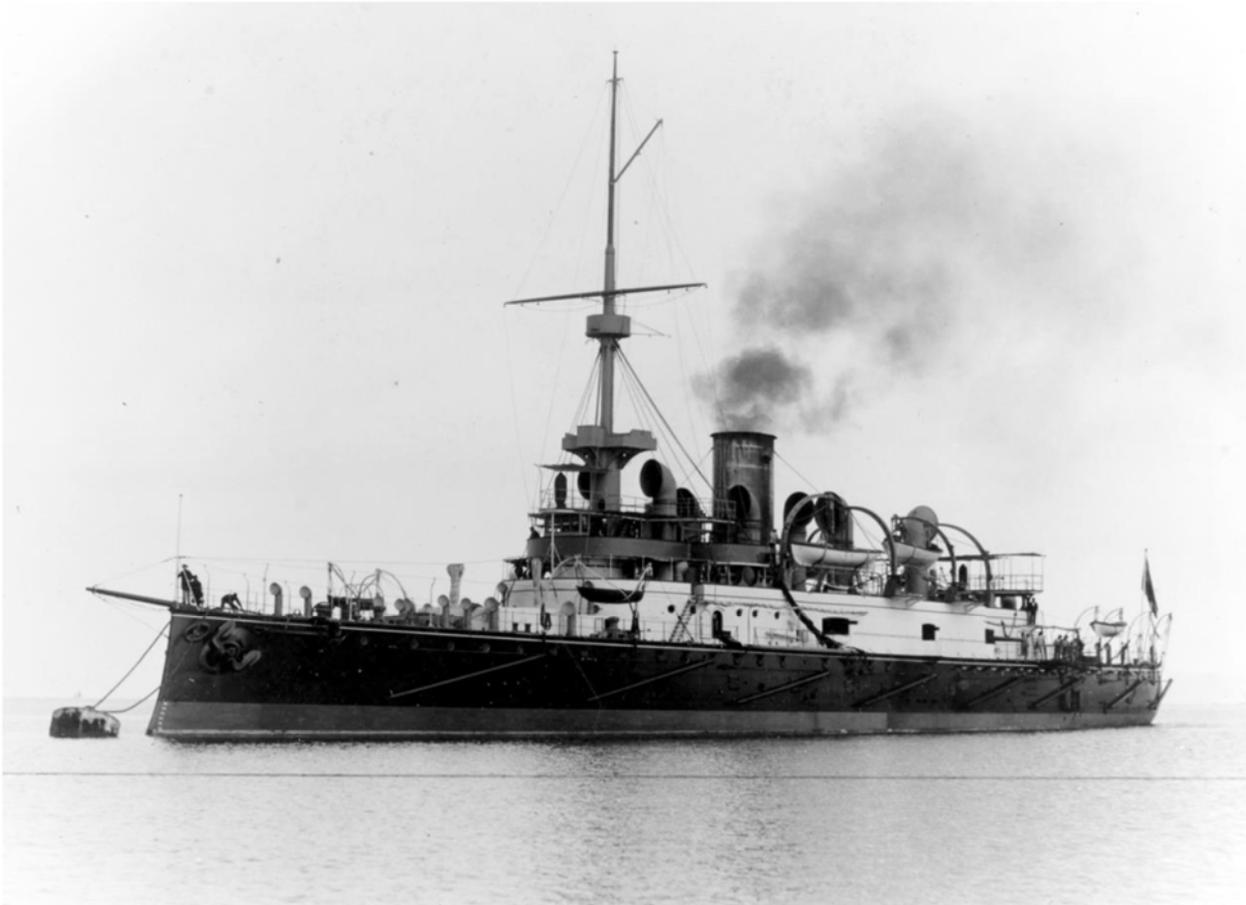


Figura 1 - La corazzata di difesa costiera austrungarica WIEN, nel suo primo allestimento. Tratto da U.S. Navy's Office of Naval Intelligence in Washington, District of Columbia da una foto scattata da B. Circovich di Trieste

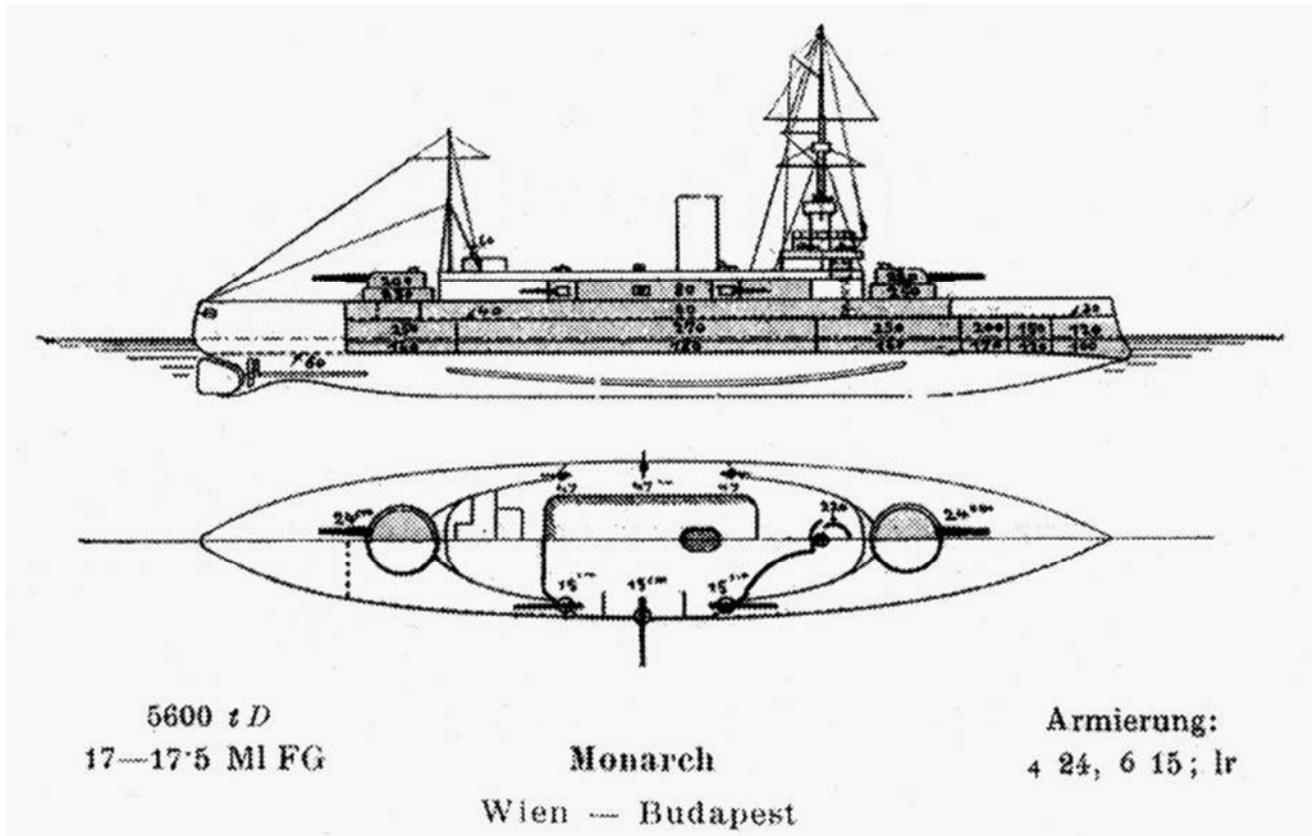


Figura 2 - Uno dei disegni di progetto delle corazzate della classe Monarch cui apparteneva la Wien



Figura 3 - La corazzata di difesa costiera austro-ungarica WIEN ritratta in una cartolina del 1895.



Figura 4 - Cartolina

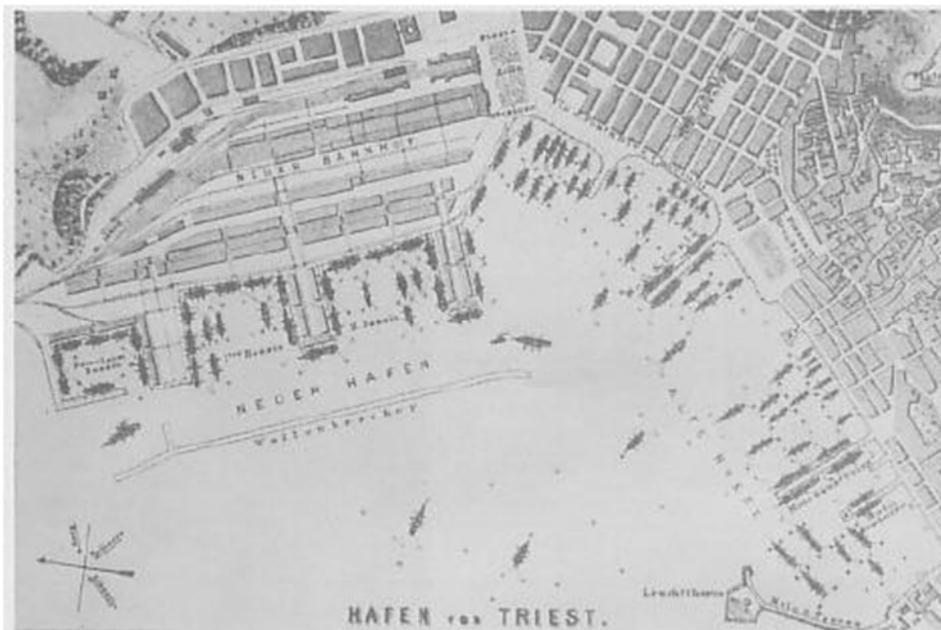


Figura 5 - Il porto di Trieste all'inizio del XX secolo.

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica - Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 12 di 41
--	---	---------------

4.2 L'attività bellica

Ma lo scoppio della Prima Guerra Mondiale cambiò radicalmente le carte in tavola: la Wien fu nuovamente attrezzata per il conflitto e mandata sul fronte orientale. Appostati sulla cima del monte Lovćen, i soldati montenegrini bombardavano impunemente la base navale austriaca di Teodo, nel golfo di Cattaro. La Wien fu mandata, assieme alle altre due navi della classe Monarch, tra cui la Budapest, a controbattere il fuoco del nemico; successivamente coprì con i suoi cannoni l'avanzare della fanteria austriaca. Verso l'agosto del 1917 la Wien e la Budapest vennero dislocate da Cattaro a Pola e presto nella stessa Trieste, minacciata dall'aviazione italiana. Dal 28 agosto 1917 la Wien fu infatti munita di cannoni antiaerei, rivolti a colpire in special modo gli idrovolanti in arrivo da Venezia. Il 5 settembre la Wien fu danneggiata da una prima bomba; fu trasferita a Pola, riparata e ritornò in servizio. Il 30 ottobre fu coinvolta, a Trieste, nella dodicesima battaglia dell'Isonzo; e il 16 novembre, in combinazione con la Budapest, 13 cacciatorpediniere e 3 idrovolanti, bombardò le batterie della marina italiana a Cortellazzo. La Wien aprì il fuoco alle 10:35 da una distanza di circa 9 chilometri mettendo fuori uso la maggior parte dei pezzi di artiglieria italiani in mezz'ora. La Wien fu bersagliata da 11 aerei italiani, prima di fronteggiare 7 cacciatorpediniere italiane e 3 MAS. Quest'ultimi si avvicinarono a 1000 metri di distanza dallo scafo e scaricarono 4 siluri che però mancarono tutti la corazzata. La Wien poté riprendere il tiro neutralizzando ulteriori batterie sulla costa che, però, prima di essere messe fuori uso, riuscirono a mettere a segno sette colpi sulla Wien, senza tuttavia causare né particolari danni né perdite tra l'equipaggio. Imperturbabile, la Wien ritornò a Trieste.

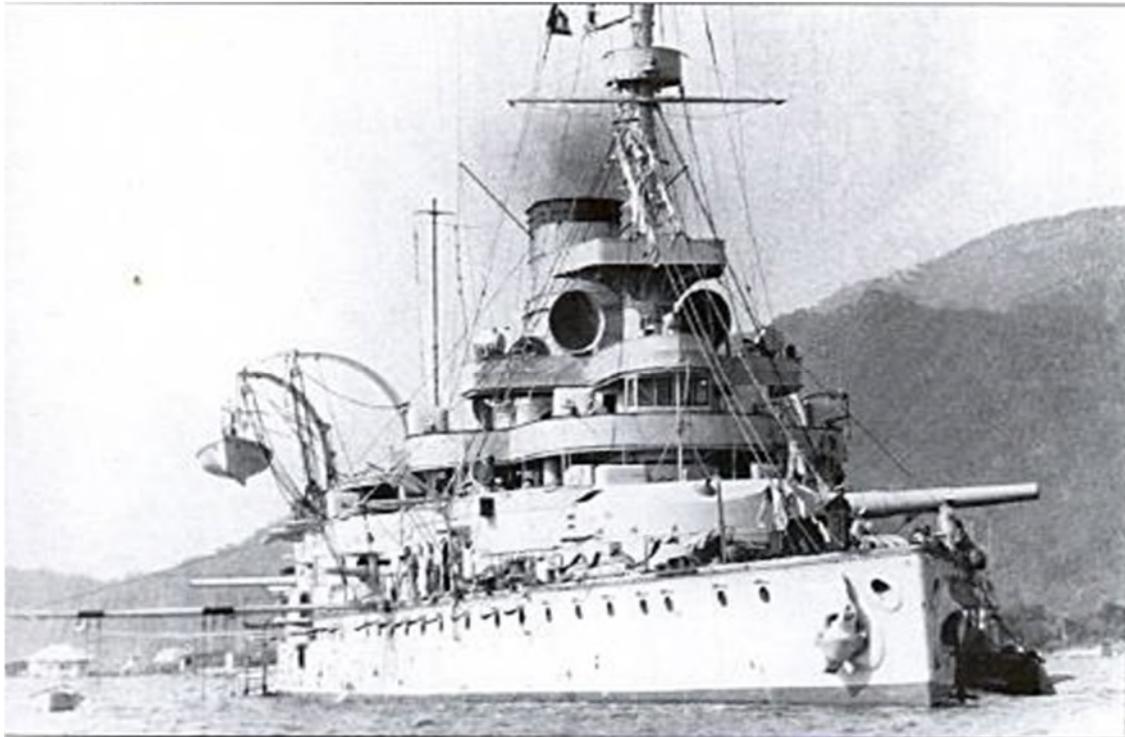


Figura 6 - La corazzata di difesa costiera austro-ungarica WIEN, nell'allestimento del 1915

4.3 L'affondamento

Il ripiegamento del fronte italiano dall'Isonzo avvenuto in seguito allo sfondamento austriaco dell'ottobre 1917 a Caporetto aveva portato le truppe italiane a stabilire una linea resistenza sul corso del fiume Piave.

Su questa estrema linea di difesa, superata la quale le truppe austro-tedesche avrebbero potuto giungere in poche ore a Venezia e Vicenza e forse dilagare nella Pianura Padana, il Comando Supremo italiano convogliò tutte le residue forze disponibili.

Oltre ad un attraversamento del corso del Piave, i comandi italiani avevano anche previsto la possibilità di un suo aggiramento da parte del nemico attraverso uno sbarco oltre la foce, e a questo scopo avevano fortificato l'isolotto di Cortellazzo, posto alla foce del fiume, munendolo di numerosa artiglieria in grado di colpire le posizioni nemiche sulla terraferma e di contrastare efficacemente qualsiasi manovra sottocosta.

In vista dell'offensiva del dicembre 1918 con la quale a Vienna si pensava di mettere definitivamente fuori causa l'Italia dalla guerra, i comandi imperiali decisero di neutralizzare la posizione italiana di Cortellazzo bombardandola con i grossi calibri di due

unità navali, la Wien e la Budapest, corazzate costiere particolarmente adatte all'azione contro obiettivi a terra.

Gli italiani tuttavia avevano ampiamente previsto la possibilità di una analoga mossa da parte austroungarica, ed avevano dislocato nella zona una squadriglia di Mas, piccole unità veloci armate di siluri al comando del capitano di fregata Costanzo Ciano.

Ciano intercettate le unità nemiche al largo di Cortellazzo il 16 novembre le affrontò con una ardita manovra di attacco che costrinse la squadra navale nemica a desistere dall'azione. Favorevolmente colpiti dalle possibilità dei Mas, i comandi italiani decisero quindi un'ulteriore azione, stavolta offensiva, per colpire nelle proprie basi la flotta nemica togliendole anche per il futuro ogni residua velleità offensiva sulla costa veneta.

La notte del 9 dicembre 1917 una squadriglia al comando del tenente di vascello Luigi Rizzo (Mas 9 e 13) entrò nella rada di Trieste poco prima della mezzanotte e, tagliati i cavi di acciaio delle tre ostruzioni che proteggevano il porto militare, vi si insinuò silurando alle 2.32 la Wien che affondò rapidamente e la Budapest che riportò solo lievi danni.



Figura 7 - M.A.S. Italiano in porto a Venezia



Figura 8 - Disegno ricostruttivo del momento dell'esplosione dei siluri contro la Wien



Figura 9 - L'equipaggio del M.A.S. 9: Da sin. S. Nocch. Pietro Foggi; Mar. Francesco Mazzella; 2° nocch. Giuseppe Battaglini; T. V. Luigi Rizzo; 2° C. po Torp. Arturo Martini; Sc. Mc. Armando Sansolini (cerchio rosso); Mc. Camini; seduti: Torp. E. Attilio Poltri; Torp. Sil. Luigi Orsi.

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica – Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 16 di 41
--	---	---------------

4.4 La demolizione

Le scarse notizie che è stato possibile recuperare sono tutte di carattere cronachistico e derivano da una serie di brevi accenni individuati in articoli dell'epoca conservati nell'archivio on line del Piccolo di Trieste³.

Nel 1925 vennero recuperati come pezzi di ricordo lo sperone di prua e il pezzo della poppa con 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. L'ancora venne regalata all'ammiraglio, all'epoca capitano di vascello, Carlo Pignatti Morano di Custoza.

³<http://teca.madeword.it/attilioHortis/>



Figura 10 - Riproduzione della pagina de Il Piccolo del maggio del 1925

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

Alla città di Trieste
Per devoto omaggio
Trieste maggio 1925

L. Rizzo



Signor nostro rendimi l'Adriatico,
Libera alle sue genti l'Adriatico,
Patria ai Veneti tutto l'Adriatico.

G. D'Annunzio, *Mare nostrum*.

Figura 11 - Fotografia autografa di L. Rizzo, con i versi di « Mare nostrum » di G. D'Annunzio in occasione del recupero della poppa della Wien.



Figura 12 - La poppa della Wien con il nome della corazzata conservata al Museo storico navale di Venezia

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica – Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 19 di 41
--	---	---------------

4.5 La riscoperta della Wien

Sono stati recuperati oggi, al largo della cittadina rivierasca, alcuni frammenti della **corazzata "Wien"** affondata da Luigi Rizzo nel dicembre 1917. A cento anni di distanza, i frammenti erratici della corazzata della Marina austroungarica, silurata la notte del 10 dicembre 1917, saranno restaurati ed esposti nella mostra "Nel mare dell'intimità. L'archeologia subacquea racconta l'Adriatico" organizzata dall'Ente regionale per il Patrimonio Culturale della Regione Fvg. Allestita all'ex Pescheria - Salone degli Incanti. Il recupero dei frammenti della grande corazzata è stato eseguito da personale addestrato al primo soccorso sanitario, all'utilizzo del defibrillatore semi-automatico e alla somministrazione di ossigeno terapeutico e da una task force composta da personale sommozzatore formato per gli interventi subacquei in ambienti confinati, equipaggiato con attrezzature individuali per soccorsi subacquei e in ambienti acquatici, la squadra dei sommozzatori dei Vigili del Fuoco di Trieste, coordinata dal capo reparto Furio Scropetta. I sommozzatori hanno lavorato a venti metri di profondità in condizioni ambientali rese difficoltose dalla quasi totale assenza di visibilità dovuta alla natura fangosa del fondale in questo tratto di mare⁴.

I resti della nave da battaglia "Wien" compaiono davanti alla luce delle torce come spettri di metallo contorto, ingentiliti dalle corone fluttuanti degli spirografi, simili a fiori colorati disseminati fra le lamiere. Se ne era persa la traccia per cinquant'anni, dopo le ultime demolizioni effettuate dai palombari, fino al momento della riscoperta, avvenuta nel 2008.

Ciò che rimane del relitto dell'unità da guerra austroungarica appare come un grande scheletro rovesciato, coperto da uno spesso strato di fango dal quale emergono pezzi contorti della fiancata, alcune ordinate incrostate come costole di una gigantesca carcassa, ma anche parti di un ponte, frammenti irriconoscibili di quella che fu un'unità da combattimento da 5600 tonnellate⁵.

⁴Tratto da https://www.ilgazzettino.it/norddest/trieste/il_mare_restituisce_resti_corazzata_wien_dopo_100_anni-3360685.html

⁵<https://ilpiccolo.gelocal.it/trieste/cronaca/2014/06/29/news/tra-i-resti-della-wien-affondata-dai-mas-nel-17-1.9504931>

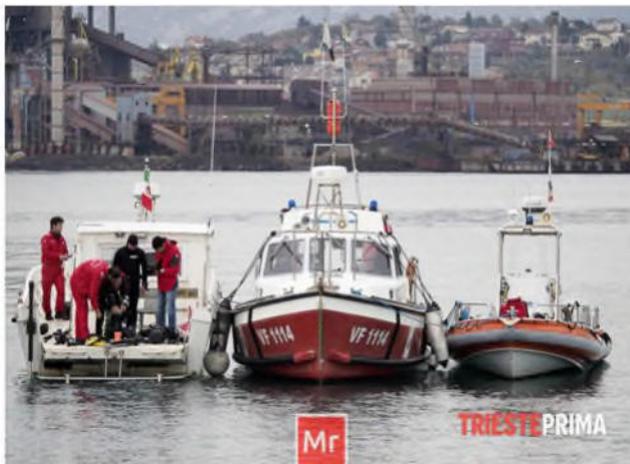


Figura 13- Le imbarcazioni impegnate nei recuperi del 2017



Figura 14 - Frammenti metallici recuperati nel 2017



Figura 15 - Frammenti metallici recuperati nel 2017

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica – Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 21 di 41
--	---	---------------

4.6 La situazione attuale

In relazione al progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola, in ottemperanza alle prescrizioni della S.A.B.A.P. F.V.G. del 21/10/2021 N. 20626 concernenti l'accertamento dello stato di conservazione del relitto, erano state programmate due giornate di immersione per i giorni del 28 e 29 novembre 2021. Causa le avverse condizioni meteo è stato possibile immergersi nella sola giornata di domenica 28 novembre, se pure in condizioni di pessima visibilità subacquea.

Il relitto è stato individuato sulla base dei rilevamenti strumentali effettuati in precedenza (Figg. 16-17-18).

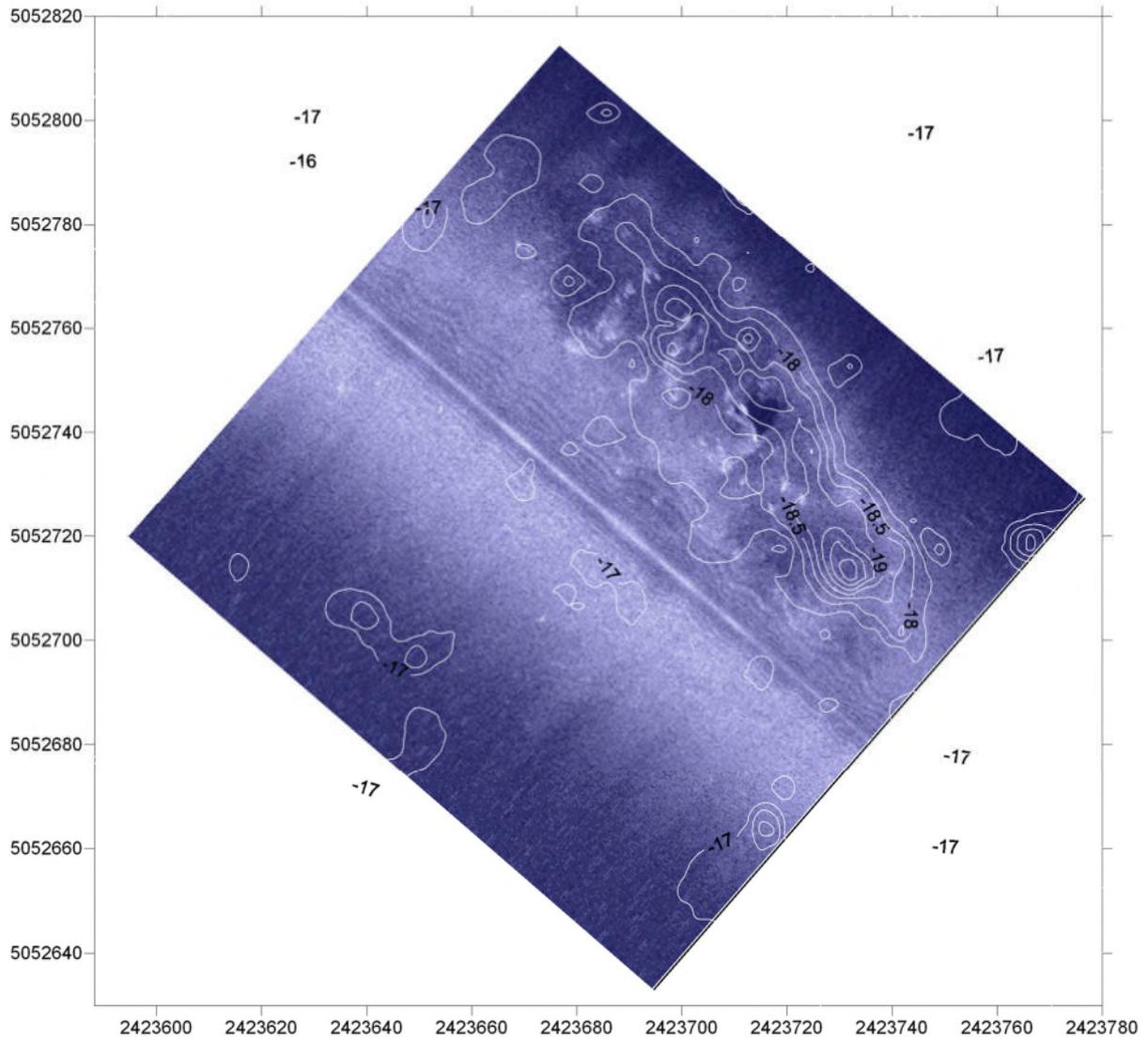


Figura 16 - Rilievo Side Scan Sonar georiferito con indicazione della depressione in cui giacciono i resti dello scafo della Wien

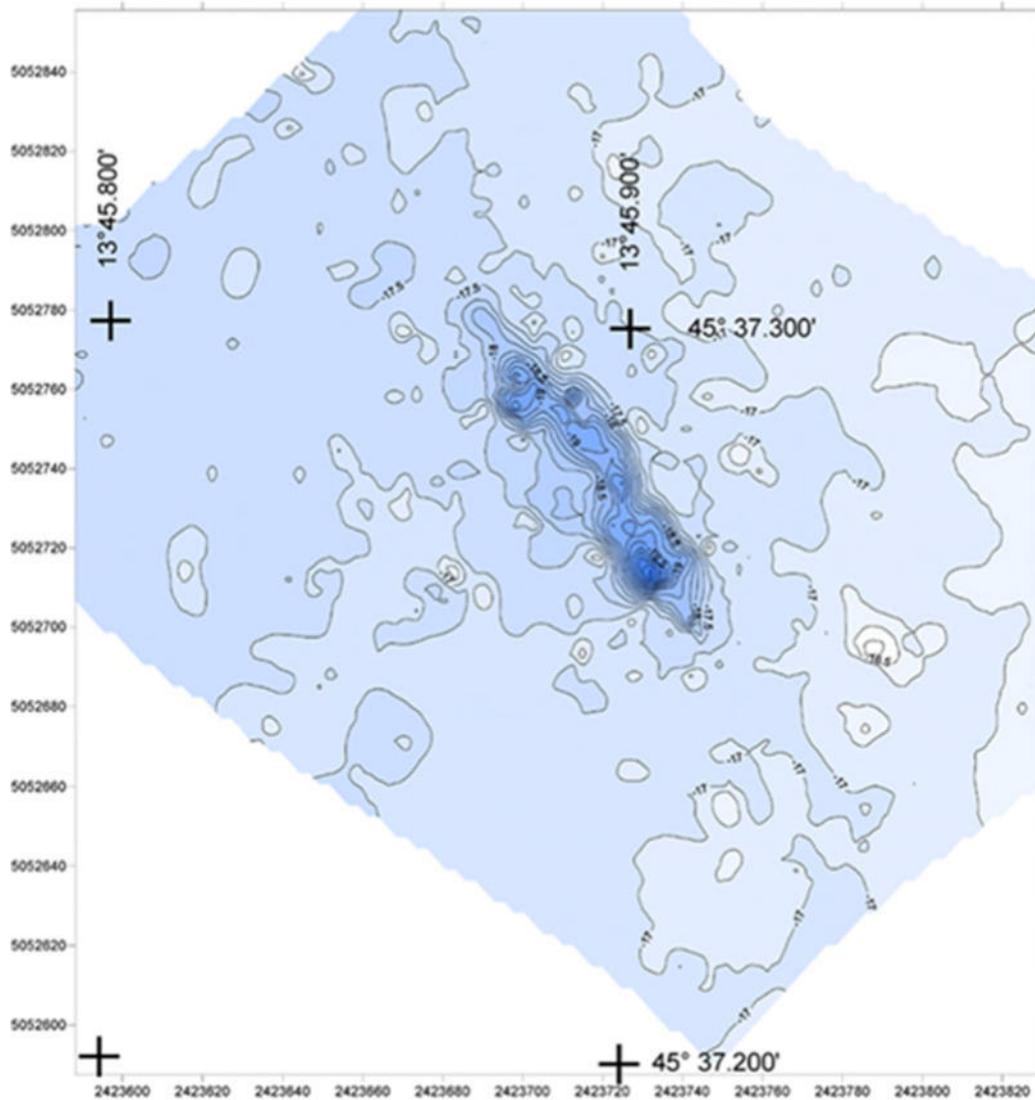


Figura 17 - Rielaborazione grafica del rilievo batimetrico georiferito con indicazione della depressione in cui giacciono i resti dello scafo della Wien

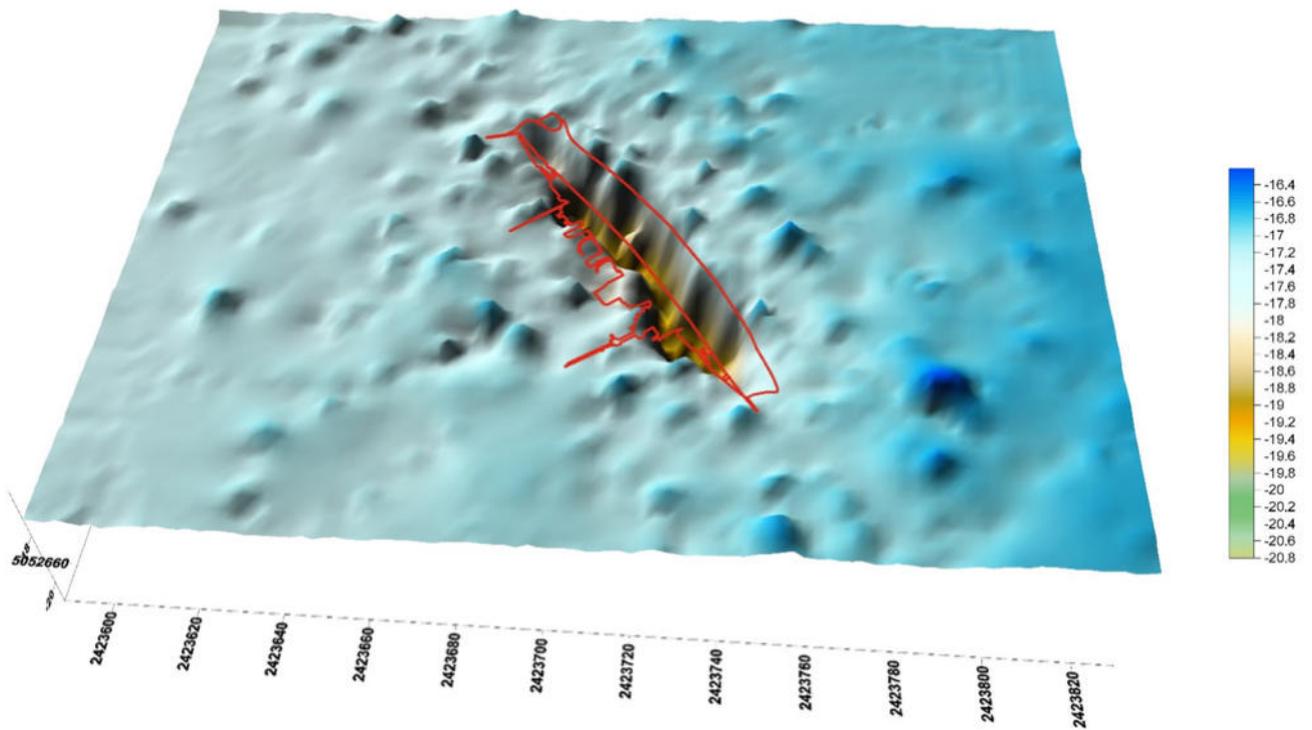


Figura 18 - Modellazione 3d del rilievo batimetrico con sovrapposizione della sagoma della Wien alla depressione esistente sul fondo.



Figura 19 - Porzione dello scafo della Wien



Figura 20 - Porzione dello scafo della Wien



Figura 21 - Porzione dello scafo della Wien



Figura 22 - Porzione dello scafo della Wien

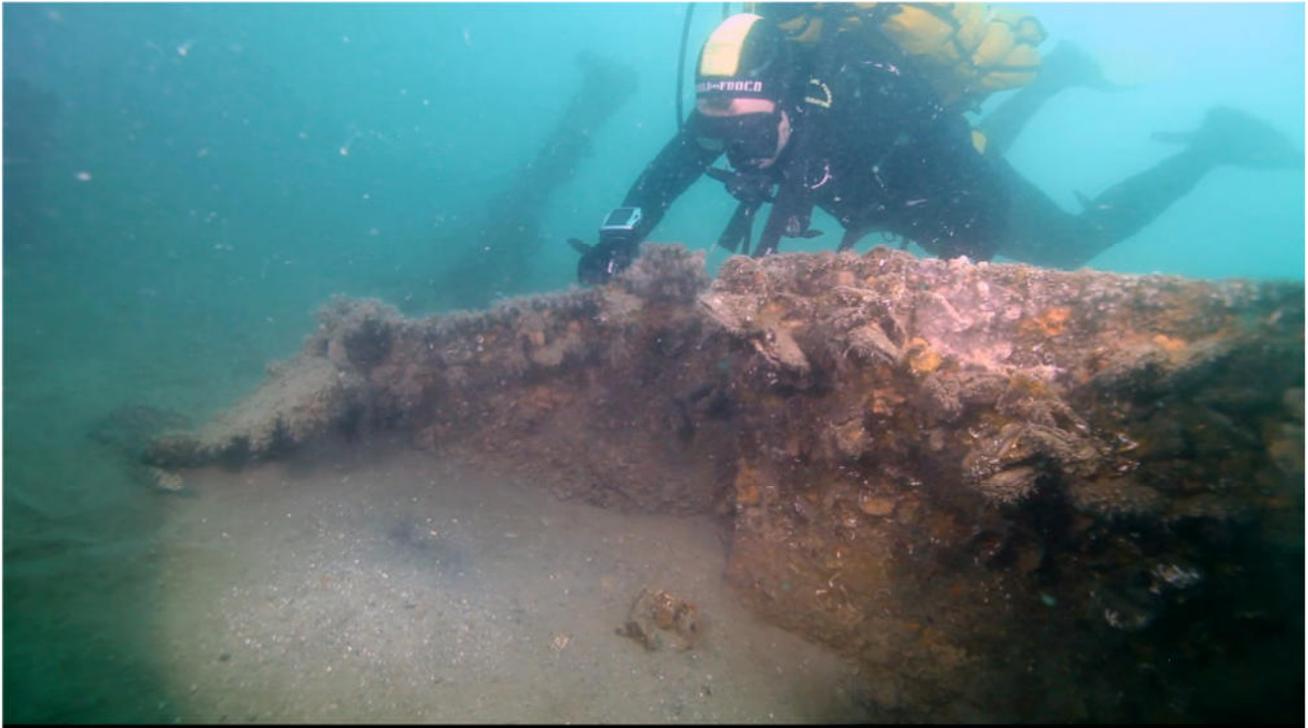


Figura 23 - Porzione dello scafo della Wien



Figura 24 - Porzione dello scafo della Wien



Figura 25 - Porzione dello scafo della Wien



Figura 26 - Porzione dello scafo della Wien



Figura 27 - Porzione dello scafo della Wien

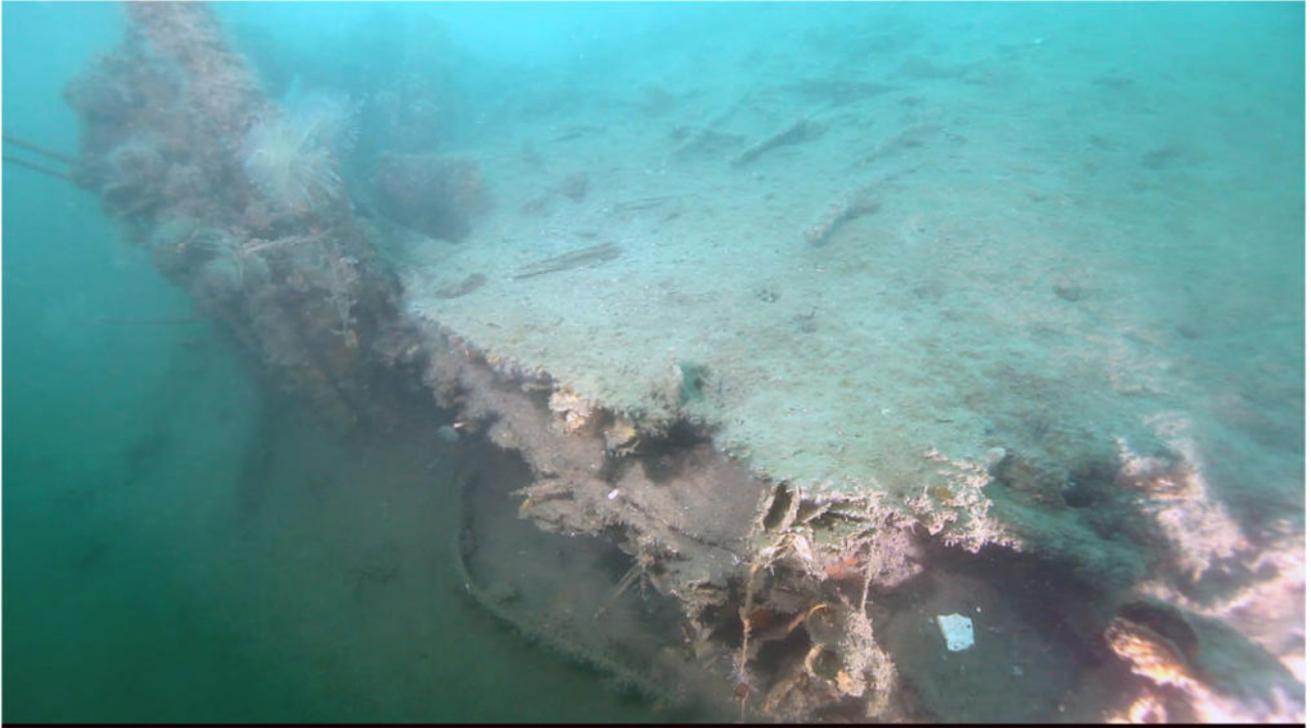


Figura 28 - Porzione dello scafo della Wien

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica - Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 31 di 41
--	---	---------------

5 SOPRALLUOGO DEL 28/29 NOVEMBRE 2022

Per iniziativa della Soprintendenza, è stato organizzato un sopralluogo, con la gestione del Nucleo Sommozzatori della Guardia Costiera di San Benedetto del Tronto. A tale sopralluogo, su incarico della Committenza, ha partecipato anche lo scrivente dott. Gaddi, per conto del Consorzio S.T.E.R.N.

La ricognizione diretta, effettuata insieme ai sommozzatori della C.P. ha permesso di accertare che dal fondale fangoso emergono solo piccole porzioni di lamiere contorte non identificabili con nessun elemento strutturale dello scafo che originariamente era lungo 99 metri; l'altezza massima di questi elementi rispetto al fondo è di circa 1 metro, con un'estensione in lunghezza che non supera i 3 metri (Figg. 19-28). Le riprese video fotografiche effettuate domenica 28 novembre sono state visionate e discusse in una riunione congiunta nella sede della C.P. di Trieste lunedì 29 novembre al fine di programmare al meglio la seconda immersione. Giunti sul punto le avverse condizioni meteo hanno impedito, per motivi di sicurezza, lo svolgimento dell'attività programmata. L'intero gruppo di lavoro, formato dai sommozzatori della C.P., dal dott. Dossola della S.A.B.A.P. F.V.G. e dal sottoscritto, per conto di STERN, ha convenuto che i dati raccolti in precedenza fossero esaustivi e sufficienti per comprendere la situazione sul fondo.

Lo scafo non è visibile se non per brevi tratti.

Nessuna parte strutturale è riconoscibile.

Il sedimento del fondale, finissimo e volatile non appare idoneo ad essere rimosso.

Il rischio di intercettare residuati bellici durante eventuali operazioni di scavo o pulizia NON E' ACCETTABILE.

6 I PROGETTI DEL NUOVO MOLO VIII

In questa fase della progettazione preliminare sono allo studio una serie di soluzioni tecniche differenti per la realizzazione delle opere a mare previste dal progetto.

6.1 Soluzione ASC

La soluzione denominata ASC, che sembra quella destinata alla realizzazione, prevede la realizzazione di una banchina portuale che si protende in mare rispetto alla linea di costa attuale come illustrato nelle figure 29, 30, e 31, senza interferire con il relitto della corazzata Wien, e posizionando la più vicina delle banchine circa 20 metri a Nord dello scafo.

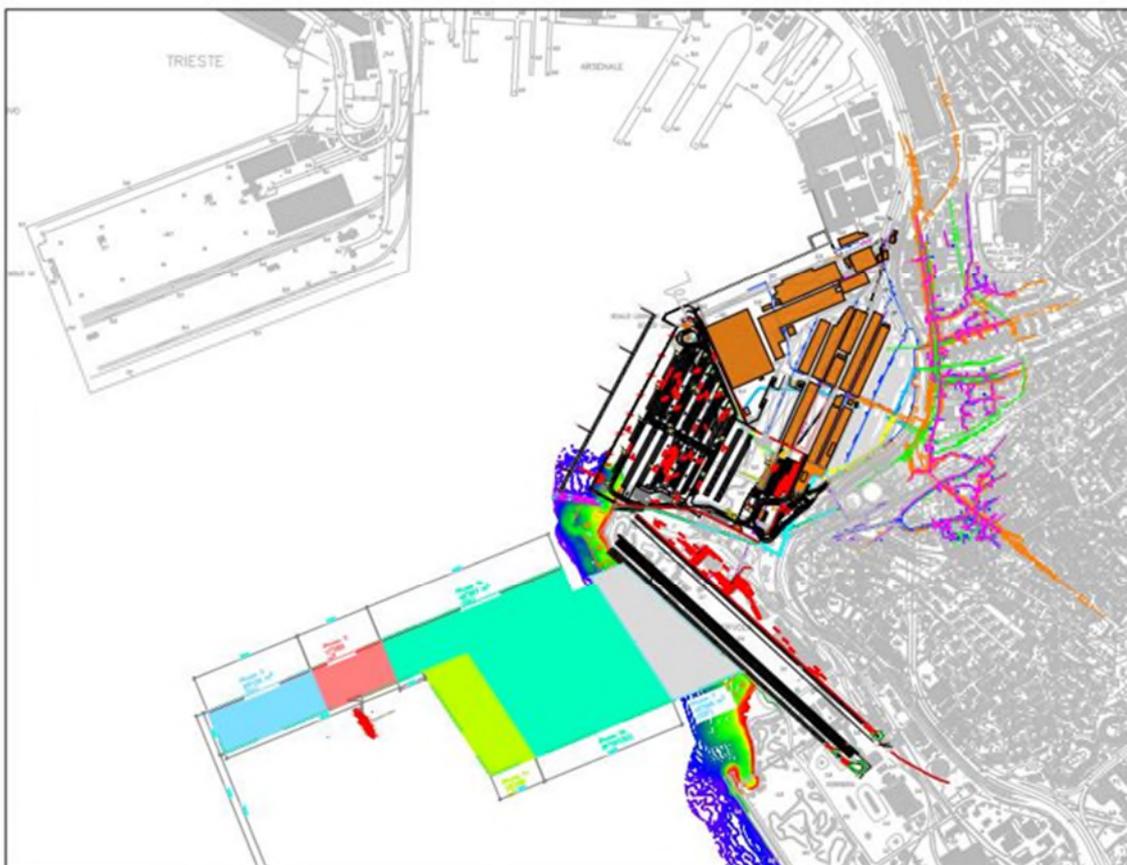


Figura 29 - Le strutture da realizzare NON interferiscono con il relitto della Wien



Figura 30 - Le strutture da realizzare NON interferiscono con il relitto della Wien

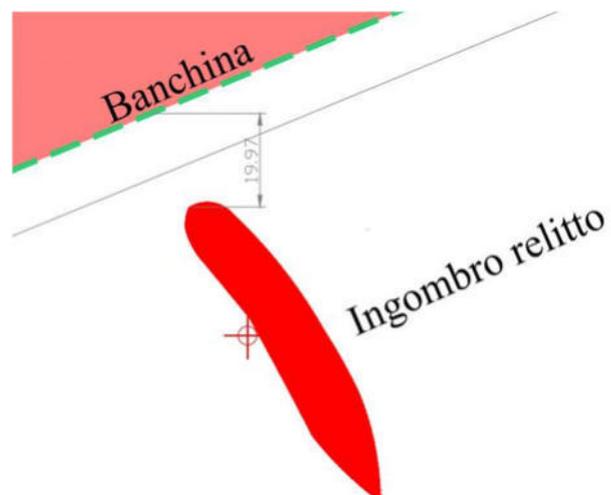


Figura 31 - Le strutture di progetto distano circa 20 metri dalla posizione del relitto della Wien

6.2 Soluzione BB

La soluzione progettuale denominata BB, che al momento non viene considerata di probabile realizzazione, pianifica un diverso sviluppo dell'infrastruttura portuale con il modulo della piattaforma denominato Phase 3c che si posiziona sopra il relitto e crea un'evidente interferenza che, al momento, non trova alcuna soluzione tecnica atta ad annullare l'interferenza (Figg. 30, 31, 32).

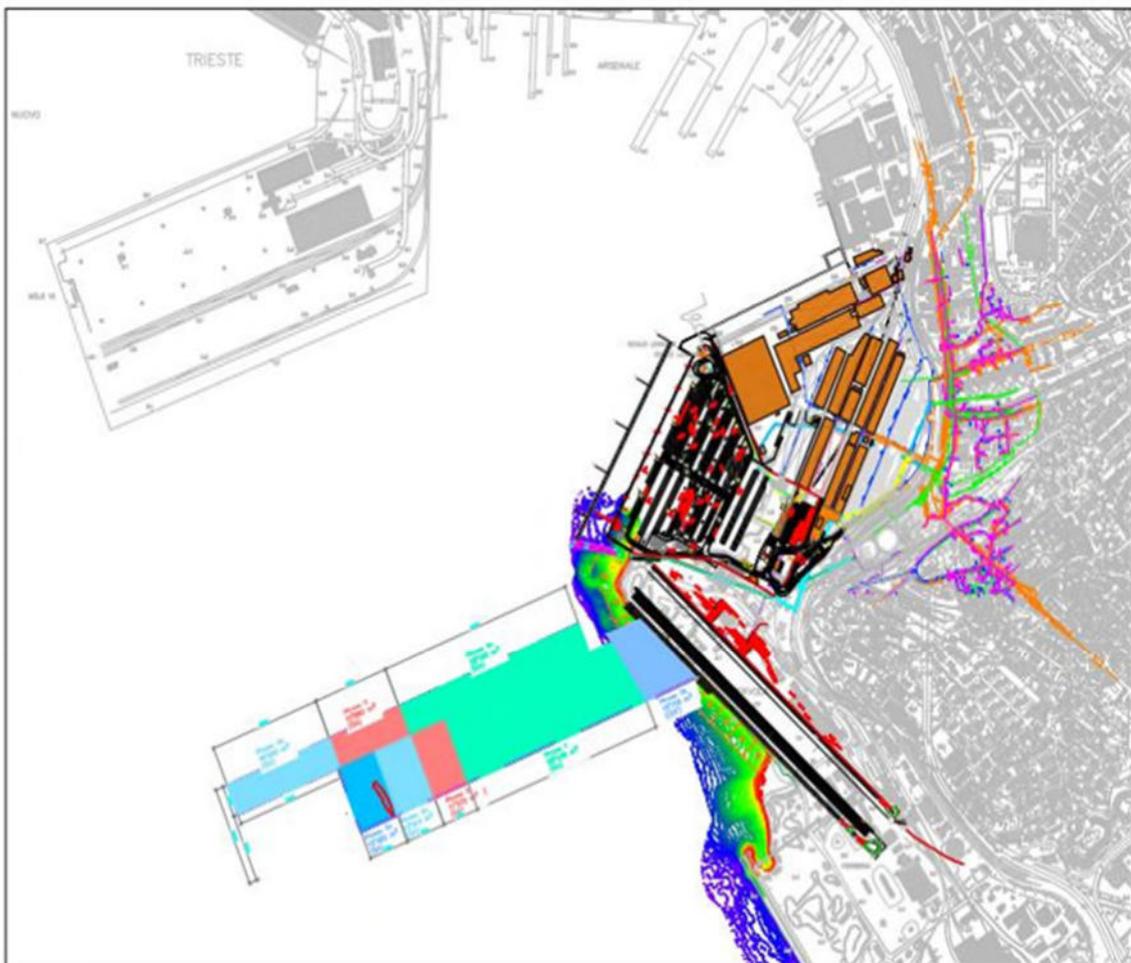


Figura 32 - Le strutture da realizzare INTERFERISCONO con il relitto della Wien

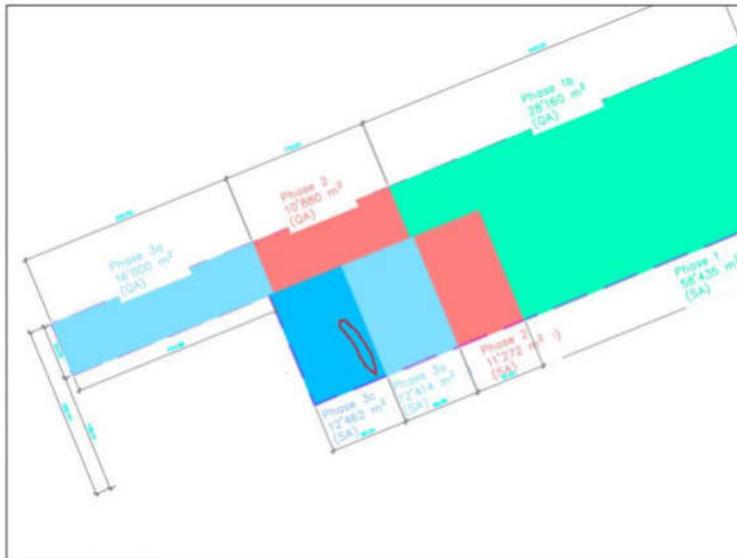


Figura 33 - Le strutture da realizzare NON interferiscono con il relitto della Wien

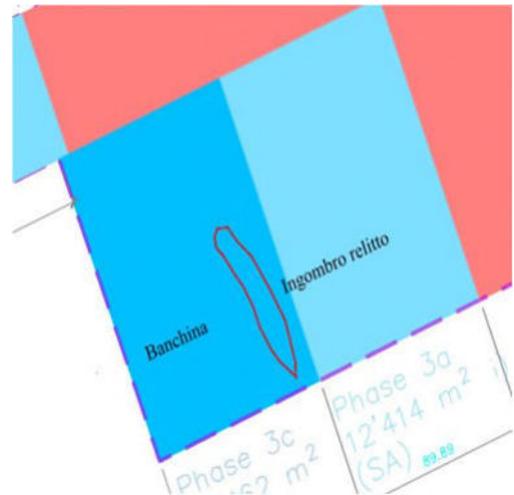


Figura 34 - Le strutture da realizzare NON interferiscono con il relitto della Wien

Il tecnico incaricato
Dr. Arch. Dario Gaddi

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica – Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 36 di 41
--	---	---------------

7 STRALCIO DI SINTESI SULLE ATTIVITÀ DI INDAGINE AI FINI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO

7.1 Indagini eseguite e risultati

Per le indagini strumentali le tecniche di prospezione geofisica valutate più efficaci e messe in atto 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

Obiettivo prefissato della presente analisi era 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. Si specifica pertanto che le indagini strumentali condotte sono state progettate e tarate esclusivamente per tale fine, e non per fini differenti.

I risultati della valutazione sono riportati nelle relazioni finale STR.0522.RTC.001 (parte storica) e STR.0522.RTC.002 (parte strumentale) del 12.11.2021.

Nell'analisi e valutazione del 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.*

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica – Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 37 di 41
--	---	---------------

Quindi è un criterio comunque di tipo probabilistico, non essendo possibile scoprire l'origine delle anomalie individuate, ed essendo, questa incombenza, demandata ad un eventuale step successivo, di messa in sicurezza (Bonifica Bellica Sistemática o Occasionale, ben distinta come attività, da quella della Valutazione del Rischio).

Il primo strumento disponibile ed utilizzabile in sede di valutazione rischio bellico residuo è rappresentato dallo studio storico preliminare (analisi storiografica). L'analisi storiografica, riportata nella relazione STR.0522.RTC.001, documenta un'attività bellica rilevante sul territorio in esame.

A supporto dell'analisi storiografica, dunque, al fine di contestualizzare il livello di rischio per le aree in esame, è stata eseguita una campagna di indagini strumentali indirette, di tipo geofisico, volte ad individuare eventuali masse metalliche presenti, riconducibili a potenziali elementi bellici.

L'analisi strumentale indiretta, realizzata con le metodologie descritte alla pagina precedente, ha evidenziato la presenza di alcune anomalie ferromagnetiche verosimilmente associabili ai target di interesse della Valutazione del Rischio Bellico (tipicamente bombe d'aereo 500/1000 libbre).

La sovrapposizione di tali dati con le ubicazioni dei sondaggi ha permesso di realizzare questi ultimi con il supporto dei dati strumentali volti ad appurare l'assenza di anomalie magnetiche, e tale sovrapposizione è avvenuta contestualmente alle indagini. Ciò premesso, per le aree analizzate, la combinazione dei dati dei rilievi strumentali ha permesso di asserire quanto segue:

PER LA PARTE A MARE le anomalie di interesse della VRB sono quelle individuate dagli identificatori: Mag_28, Mag_29, Mag_30, Mag_31, Mag_32, Mag_33, Mag_34 e Mag_35. Per tali aree (e immediato intorno, inteso come area riportata sulle tavole grafiche, allargate di 10 m per lato), identificate e localizzate nella tavola 21125_T_E_001, 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) e dei proiettili d'artiglieria di medio e grosso calibro, o altri residui bellici. Si specifica che l'anomalia Mag_35 corrisponde al relitto della corazzata WIEN.

CORAZZATA WIEN: L'anomalia Mag_35 individuata sulle tavole ed attribuita in modo certo alla Corazzata Wien è da considerarsi a tutti gli effetti REPERTO BELLICO. Come tale non è possibile, per tale ambito e solo per quello, procedere a Bonifica Bellica Sistemática, ma è eventualmente possibile, premesso il benessere della *Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio del Friuli-Venezia Giulia*, la

	Progetto integrato di messa in sicurezza, riconversione industriale e sviluppo economico produttivo nell'area della ferriera di Servola <i>Relazione Tecnica – Valutazioni interferenze con relitto Wien</i>	Pag. 38 di 41
--	---	---------------

consegna diretta al Ministero della Difesa per l'eliminazione del residuo. Si consiglia pertanto, viste le competenze e l'interesse del Ministero per tale relitto, di modificare il progetto non procedendo a sondaggi o costruzioni su tale sito.

L'anomalia Meg_35 è l'unica anomalia a forte intensità, mentre le altre anomalie individuate risultano di media intensità e, pur essendo inserite fra quelle per il quale il rischio non è accettabile, risultano verosimilmente ascrivibili ad elementi puntuali posti sul fondo o sotto la superficie del fondo, e non ad elementi sporgenti dal fondo, come invece in parte è per l'anomalia Mag_35 della corazzata (la scansione del Sub-bottom profiler consente un'efficace disamina di ciò. In tav. 21125_Tav_B_02 si riporta l'analisi dei risultati del SBP in corrispondenza del relitto)

Per tutte le restanti aree, a terra e a mare, si ritiene di poter orientare la valutazione del rischio bellico residuo, di competenza del Coordinatore della Sicurezza in fase di progettazione, verso un rischio ACCETTABILE, dove riferito al target delle bombe d'aereo (500/1000 libbre) e dei proiettili d'artiglieria di medio e grosso calibro.

Si specifica che le indagini condotte sono state finalizzate all'individuazione di masse target ai fini della VRB, ascrivibili ad oggetti metallici compatti di medio-grande dimensione. Non è stata finalizzata ad altri ritrovamenti o interpretazioni. L'esclusione o inclusione delle anomalie dal novero di quelle target è legata, oltre che a considerazioni in merito all'intensità della perturbazione magnetica, a possibili allineamenti e/o coincidenze con dati differenti. Il risultato pertanto è utilizzabile solamente ai fini della VRB.

8 ESTRATTI TAVOLE DI ELABORAZIONE

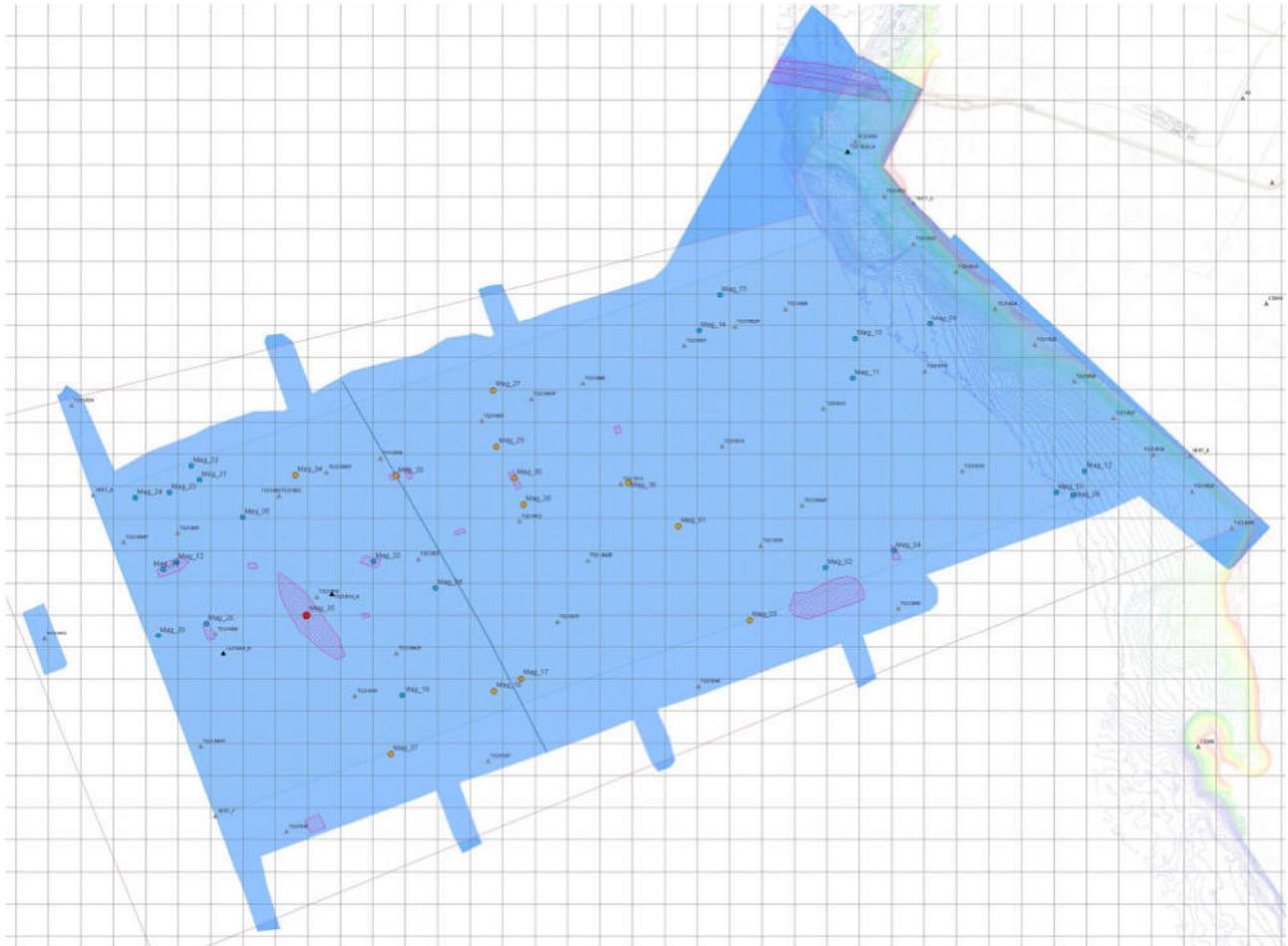


Figura 35 - Estratto tavola 21125_T_E_001 – Individuazione delle anomalie (rossa: forte intensità – arancioni: media intensità – blu: debole intensità – retino magenta: anomalia areale)

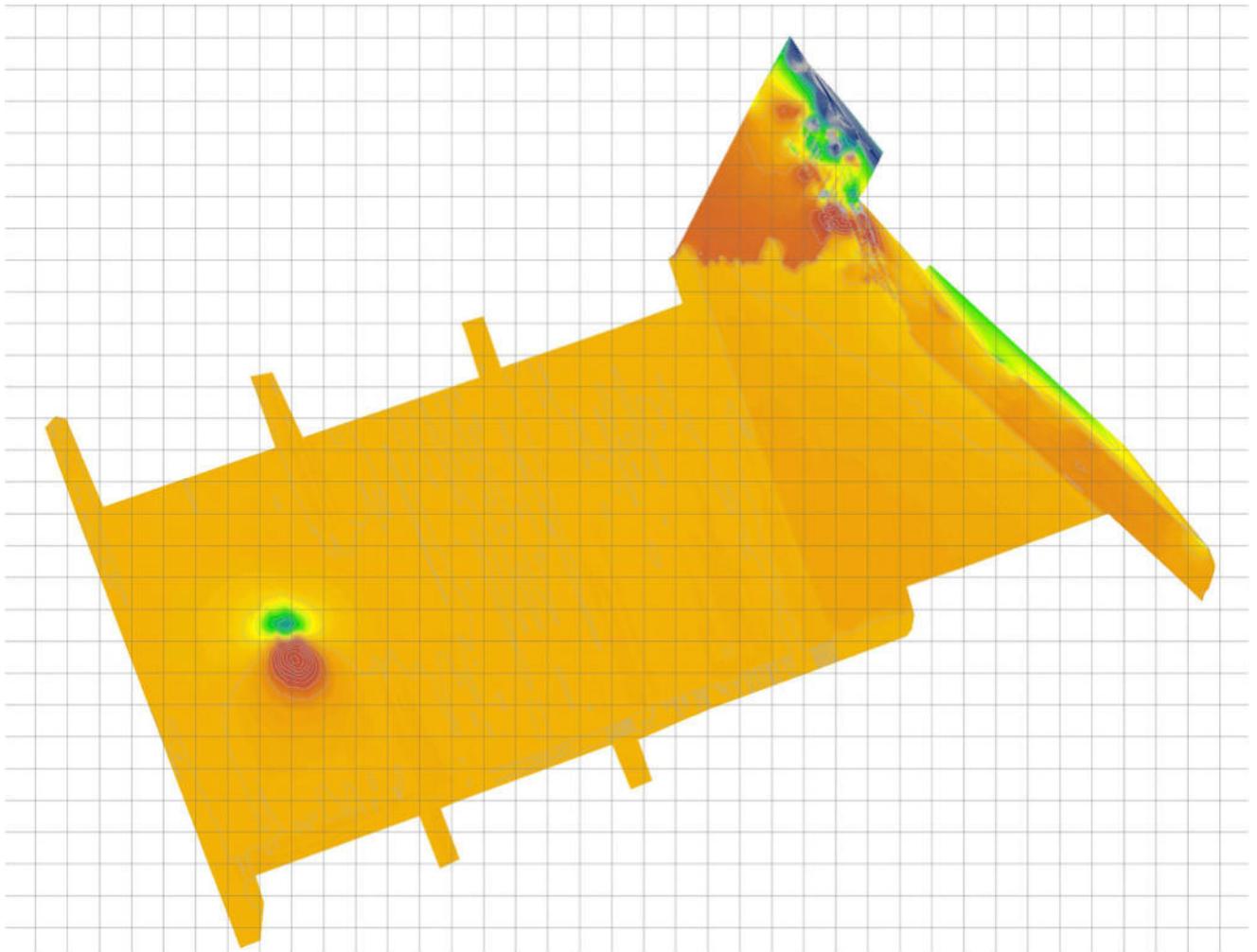


Figura 36 - Estratto tavola 21125_T_C_001 - Mappa del gradiente magnetico rilevato per le aree in esame a mare

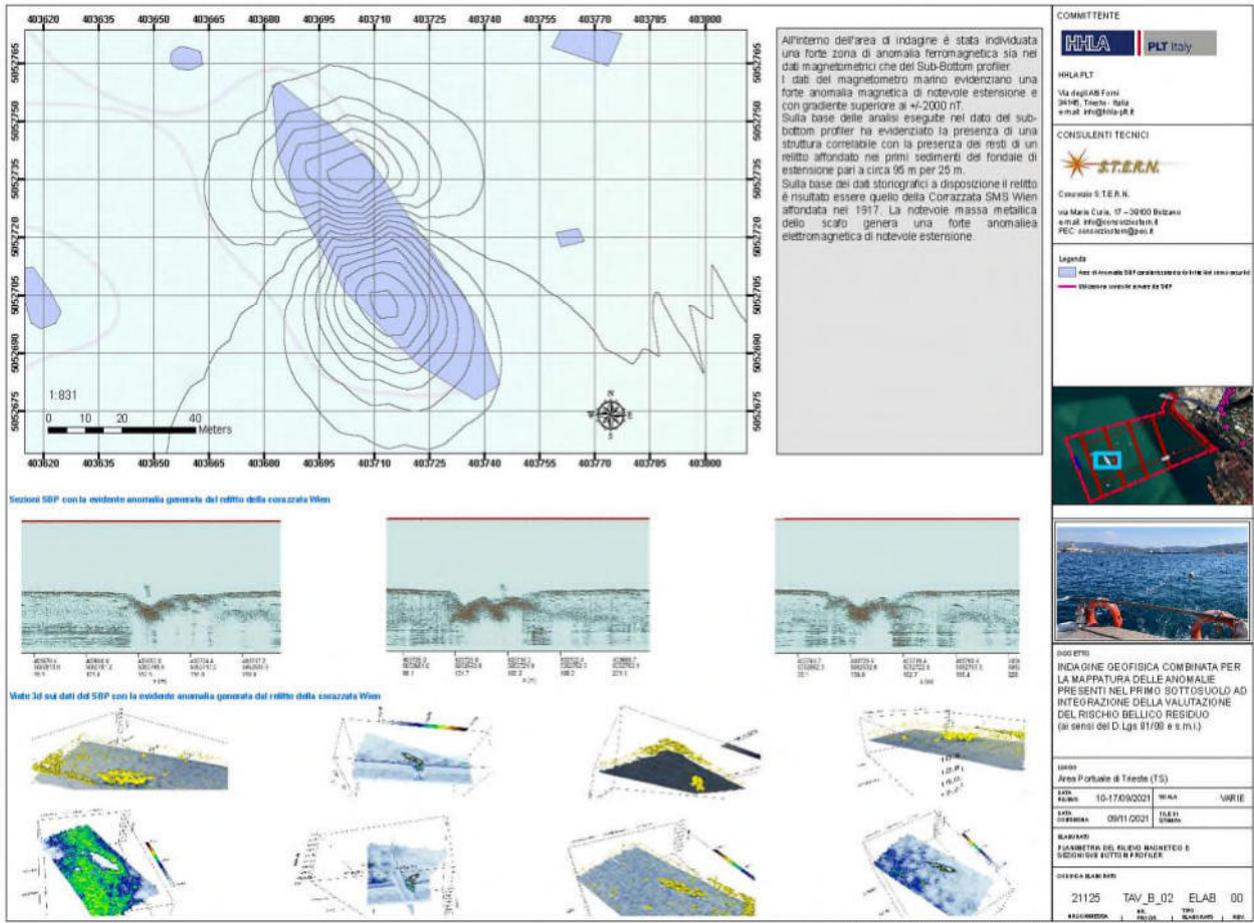


Figura 37 - Estratto tavola 21125_T_B_002 – Individuazione relitto Wien mediante Sub bottom profiler

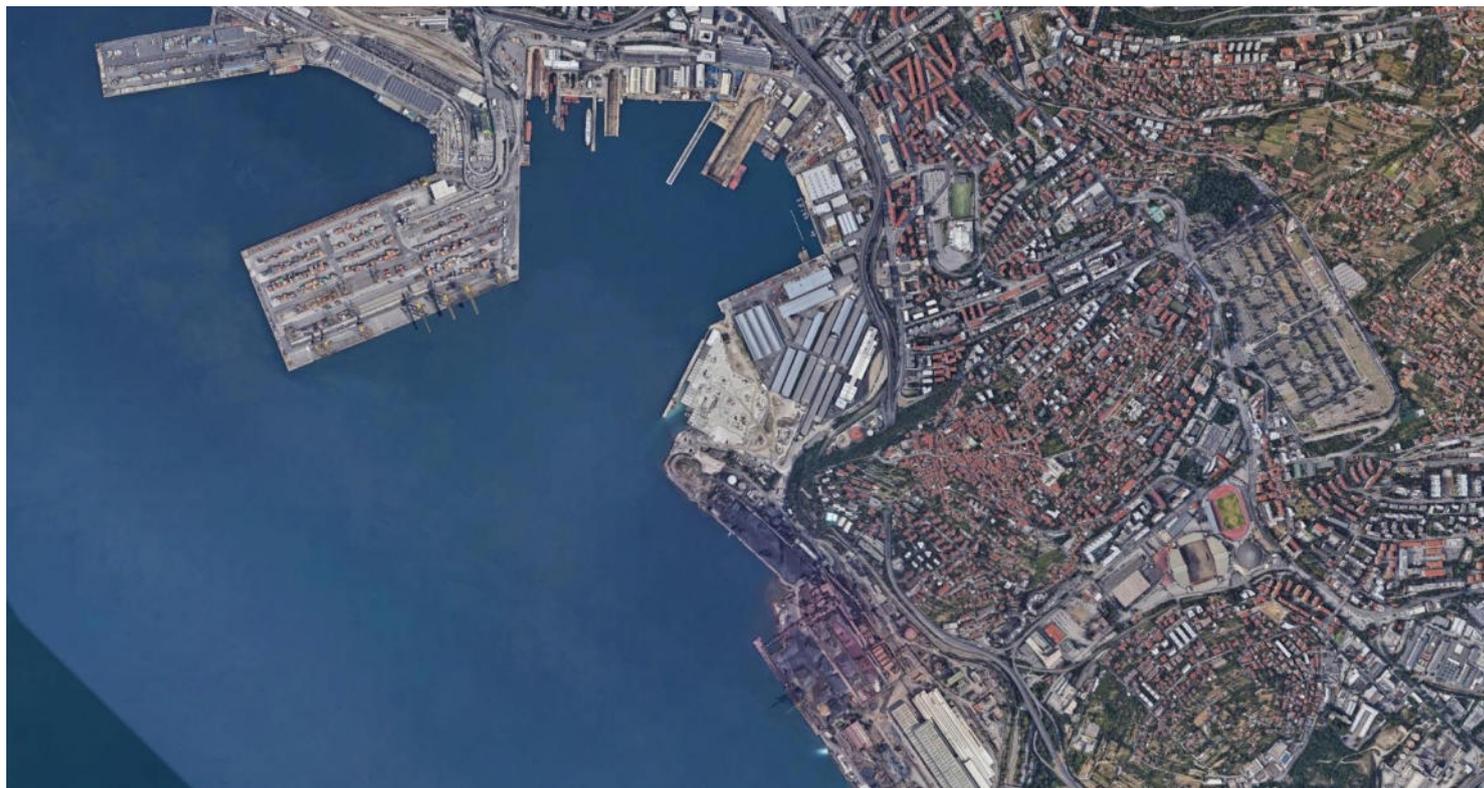
Per il Consorzio S.T.E.R.N.

Roberto Ricci Maccarini

CONSORZIO S.T.E.R.N.

Via Marie Curie, 17
 39100 BOLZANO

C.F. e P.IVA: 02945340210



PROGETTO INTEGRATO DI MESSA IN SICUREZZA, RICONVERSIONE INDUSTRIALE E SVILUPPO ECONOMICO PRODUTTIVO NELL'AREA DELLA FERRIERA DI SERVOLA

ATTIVITÀ SPECIALISTICA DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DELLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

ELABORATO Piano delle indagini sulle aree a terra e a mare - Ricostruzione paleoambientale a mezzo sondaggi a carotaggio continuo e datazione con radiocarbonio	SCALA	COMMESSA
		COD. ELABORATO X.00

PROGETTISTA:	
--------------	--

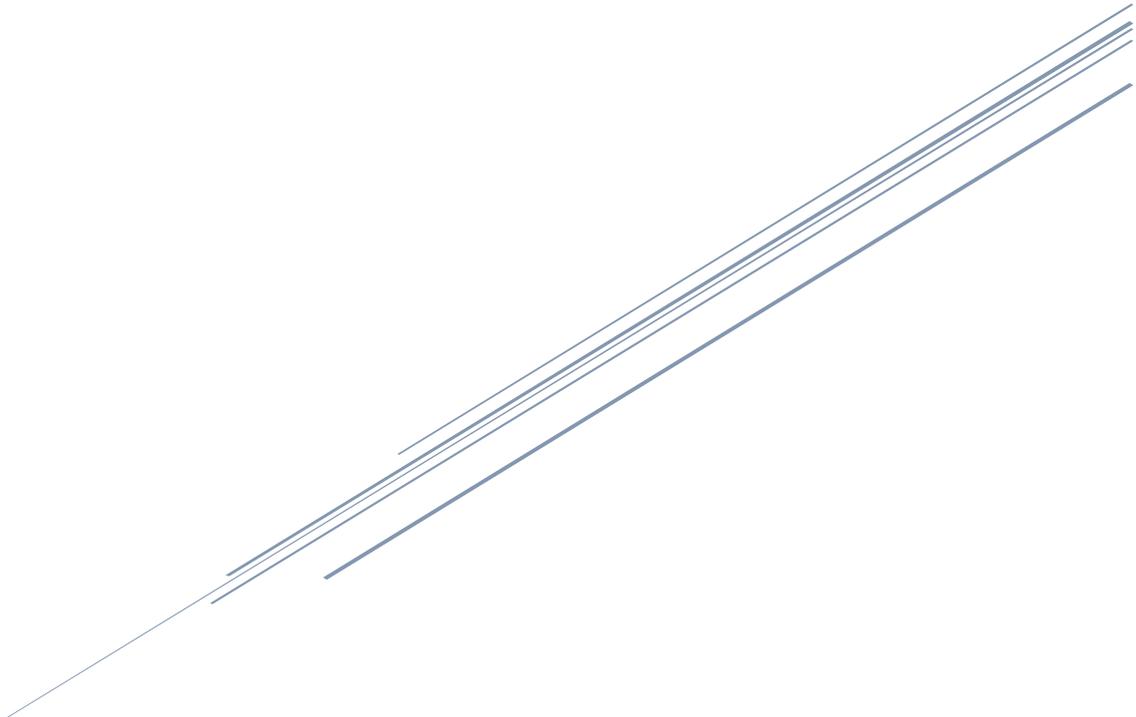
DATA	REV	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APPR.
12.04.22	00	Emissione			

Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio
del Friuli Venezia Giulia

Piattaforma Logistica di Trieste s.r.l.

Progetto:

Piano delle indagini sulle aree a terra e a mare interessate dalla
progettazione delle opere ferroviarie e portuali



Ricostruzione paleoambientale
a mezzo sondaggi a carotaggio continuo
e datazione con radiocarbonio

Dott. Alberto Lezziero

Indice

Introduzione	2
Descrizione stratigrafica dei sondaggi	4
TS21/041.....	4
TS21/052.....	11
TS21/050.....	14
TS21/043.....	20
Datazione radiometrica con il metodo del radiocarbonio.	24
Interpretazione della sequenza stratigrafica.....	26
Inquadramento geologico e dati paleoambientali disponibili.....	30
Considerazioni cronologiche sulle sequenze attraversate dai sondaggi.....	34
Bibliografia.....	37

Introduzione

Nel corso del progetto “Piattaforma logistica di Trieste - Piano delle indagini sulle aree a terra e a mare interessate dalla progettazione delle opere ferroviarie e portuali”, su indicazione della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio del Friuli Venezia Giulia, sono stati analizzate le sequenze sedimentarie attraversate da 4 sondaggi a carotaggio continuo eseguite nell’area di progetto ed è stata effettuata una datazione al radiocarbonio con tecnica AMS di un campione di guscio di mollusco del genere *Ostrea* proveniente da uno dei sondaggi. In fig.1 è possibile individuare la posizione delle verticali indagate, le cui coordinate geografiche sono inserite in tab. 1.

Carotaggio	Coord. est	Coord. nord	Profondità (m)	Quota l.m.m. (m)
TS21/041	2423616.74	5052619.48	-45.00	17.50
TS21/043	2423983.40	5052777.86	-23.00	-16
TS21/050	2423733.10	5052875.42	-33.00	-17
TS21/052	2424110.93	5053011.22	-20.00	-15.00

Tab. 1. Caratteristiche delle verticali indagate

I sondaggi sono stati descritti nelle giornate del 25-11-2021 e 21-03-2022 allo scopo di valutare i paleoambienti presenti nel sottofondo marino dell’area di progetto e eventualmente identificare evidenze di attività antropica significativa dal punto di vista archeologico.

Le cassette catalogatrici erano conservate in area portuale e la qualità del materiale recuperato è risultata sufficiente per una descrizione sedimentologica di dettaglio e per la raccolta del campione per analisi radiocronologiche.

Sono state selezionate le verticali caratterizzate dalla maggiore percentuale di recupero, privilegiando la posizione all’interno dell’area di studio, per avere dati omogeneamente distribuiti.

L’interpretazione delle sequenze deposizionali è stata eseguita tramite la valutazione del tipo di sedimento e delle sue strutture interne, oltre all’eventuale contenuto in malacofauna.

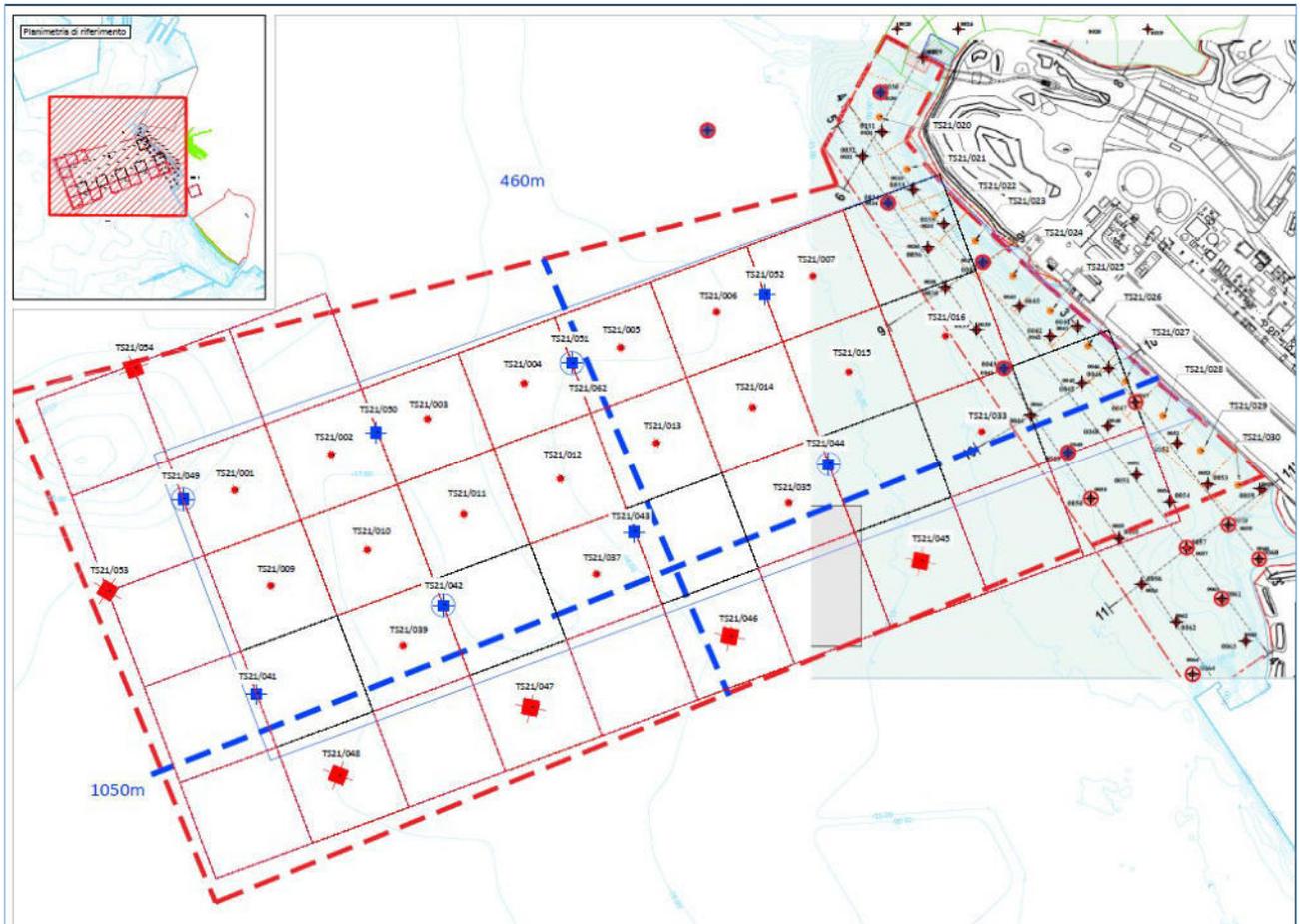


Fig. 1. Ubicazione delle indagini eseguite in area di progetto

Descrizione stratigrafica dei sondaggi

TS21/041

- 0.00 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro, bioturbato, con rari frammenti millimetrici di gusci di molluschi. Le bioturbazioni sono riempite di limo argilloso nerastro.
- 1.15 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 2.20 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con gusci di molluschi (*Ostrea*) e rare screziature ocracee.
- 2.30 m Limo argilloso massivo, leggermente sovraconsolidato, di colore grigio scuro con rari gusci di molluschi (*Ostrea*, *Cerastoderma*).
- 6.00 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con frammenti di gusci di molluschi (*Ostrea*).
- 7.50 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con gusci di molluschi (*Ostrea*, *Cerastoderma*).
- 8.00 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con resti vegetali.
- 8.80 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro.
- 9.90 m Argilla limosa massiva di colore grigio chiaro.
- 11.45 m Limo organico massivo di colore bruno con resti di gusci sottili di molluschi.
- 11.90 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro.
- 12.30 m Limo organico massivo di colore bruno.
- 12.65 m Limo argilloso massivo di colore grigio chiaro, leggermente sovraconsolidato, con livelli millimetrici di limo sabbioso.
- 13.00 m Limo organico massivo di colore bruno.
- 13.20 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro.
- 13.45 m Limo organico massivo di colore bruno.
- 13.65 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro.
- 13.75 m Limo organico massivo di colore bruno.
- 14.00 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro, sovraconsolidato.
- 14.45 m Limo organico massivo di colore bruno.
- 14.55 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro, leggermente sovraconsolidato.
- 14.70 m Sabbia fine massiva, a tratti limosa di colore grigio.
- 15.00 m Sabbia medio-fine massiva, a tratti limosa di colore grigio.
- 15.15 m Sabbia fine limosa massiva di colore grigio con livelli limosi millimetrici rimaneggiati.
- 15.48 m Limo organico massivo di colore grigio-brunastro, passante a limo torboso a letto.

- 15.80 m Torba di colore bruno scuro, sovarconsolidata.
- 16.50 m Limo sabbioso massivo, a tratti argilloso, di colore grigio chiaro, leggermente sovraconsolidato.
- 17.00 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro.
- 18.75 m Limo argilloso massivo, a tratti sabbioso, di colore grigio chiaro.
- 20.15 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro.
- 20.65 m Limo argilloso massivo di colore grigio chiaro.
- 20.85 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro.
- 21.65 m Limo argilloso massivo di colore grigio chiaro.
- 22.20 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro.
- 22.45 m Limo argilloso grigio scuro massivo con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 23-00 m
- 23.90 m Limo argilloso grigio scuro massivo con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 24.85 m Limo argilloso grigio scuro massivo con frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 25.70 m Limo argilloso grigio scuro massivo con frequenti, a tratti molto frequenti, frammenti millimetrici di gusci di molluschi e con livelli millimetrici di limo sabbioso.
- 26.15 m Sabbia fine limosa grigio scura massiva con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 26.35 m Alternanza di livelli centimetrici di limo argilloso e sabbioso con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi, a tratti di maggiori dimensioni del genere *Ostrea*.
- 27.00 m Limo argilloso grigio scuro massivo con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi (frequenti del genere *Turritella*).
- 27.45 m Limo argilloso grigio scuro massivo, a tratti sabbioso, con frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 27.90 m Limo argilloso grigio scuro massivo con frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 28.45 m Limo argilloso grigio scuro massivo con frequenti frammenti di gusci di molluschi del genere *Ostrea*.
- 30.35 m Limo argilloso grigio scuro massivo con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi ed integri del genere *Ostrea*.
- 31.05 m Limo argilloso grigio scuro massivo con livelli millimetrici di limo sabbioso, rari centimetrici, e con rari frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 32.75 m Limo argilloso organico bruno con livelli millimetrici di torba ed inclusi torbosi.
- 32.90 m Limo argilloso grigio, a tratti sabbioso, bioturbato con rari inclusi torbosi.
- 33.85 m Argilla limosa grigia massiva con inclusi torbosi con inclusi torbosi e resti vegetali, più frequenti a letto.
- 35.00 m Da limo sabbioso a limo argilloso, grigio chiaro massivo con resti vegetali.

- 35.30 m Limo sabbioso grigio scuro massivo leggermente sovraconsolidato.
- 36.30 m Sabbia fine limosa grigia massiva con rari inclusi e livelli torbosi.
- 36.80 m Sabbia fine limosa grigia massiva leggermente sovarconsolidata.
- 37.30 m Da sabbia medio fine limosa massiva a ghiaia fine.
- 37.55 m Da limo sabbioso a sabbia medio fine limosa, grigi massivi.
- 37.80 m Sabbia fine limosa massiva nerastra.
- 38.00 m Ghiaia fine e media, massiva, calcarea.
- 39-85 m Limo sabbioso grigio scuro, a tratti sabbia fine limosa, grigio scuro massivo.
- 40. 50/-45.00 m Limo sabbioso, a tratti sabbia fine limosa, ocraceo massivo.



Fig. 2. Sondaggio TS21/041, 0.00-5.00 m



Fig. 3. Sondaggio TS21/041, 5.00-10.00 m



Fig. 4. Sondaggio TS21/041, 10.00-15.00 m



Fig. 5. Sondaggio TS21/041, 15.00-20.00 m



Fig. 6. Sondaggio TS21/041, 20.00-25.00 m



Fig. 7. Sondaggio TS21/041, 25.00-30.00 m



Fig. 8. Sondaggio TS21/041, 30.00-35.00 m



Fig. 9. Sondaggio TS21/041, 35.00-40.00 m



Fig. 10. Sondaggio TS21/041, 40.00-42.00 m

TS21/052

- 0.00 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro, molto bioturbato, con frammenti di gasteropodi vermetidi e rari frammenti millimetrici di materiale antropico (ciottoli millimetrici spigolosi).
- 1.20 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con rari frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 2.00 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con frequenti gusci di molluschi (*Ostrea*, *Gibbula*, *Cardium*) e frammenti di gasteropodi vermetidi.
- 3.75 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con rari frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 5.10 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con molto rari frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 7.50 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con frammenti millimetrici di gusci di molluschi
- 9.80 m Limo argilloso massivo di colore grigio chiaro con rari gusci sottili di molluschi e con livelli millimetrici di limo organico di colore bruno chiaro.
- 10.70 m Limo argilloso massivo di colore grigio chiaro.
- 13.65 m Limo organico massivo di colore bruno chiaro con livelli millimetrici di torba a letto.
- 14.55 m Torba massiva di colore bruno, sovraconsolidata.
- 15.00 m Limo organico massivo di colore bruno scuro con livelli millimetrici di torba a letto.
- 15.90 m Torba massiva di colore bruno, leggermente sovraconsolidata.
- 16.40 m Limo argilloso, a tratti sabbioso, massivo di colore grigio chiaro, sovraconsolidato.
- 16.85 m Limo organico massivo di colore bruno.
- 17.00/-20.00 m Limo argilloso massivo di colore grigio chiaro, con rari livelli di limo sabbioso.

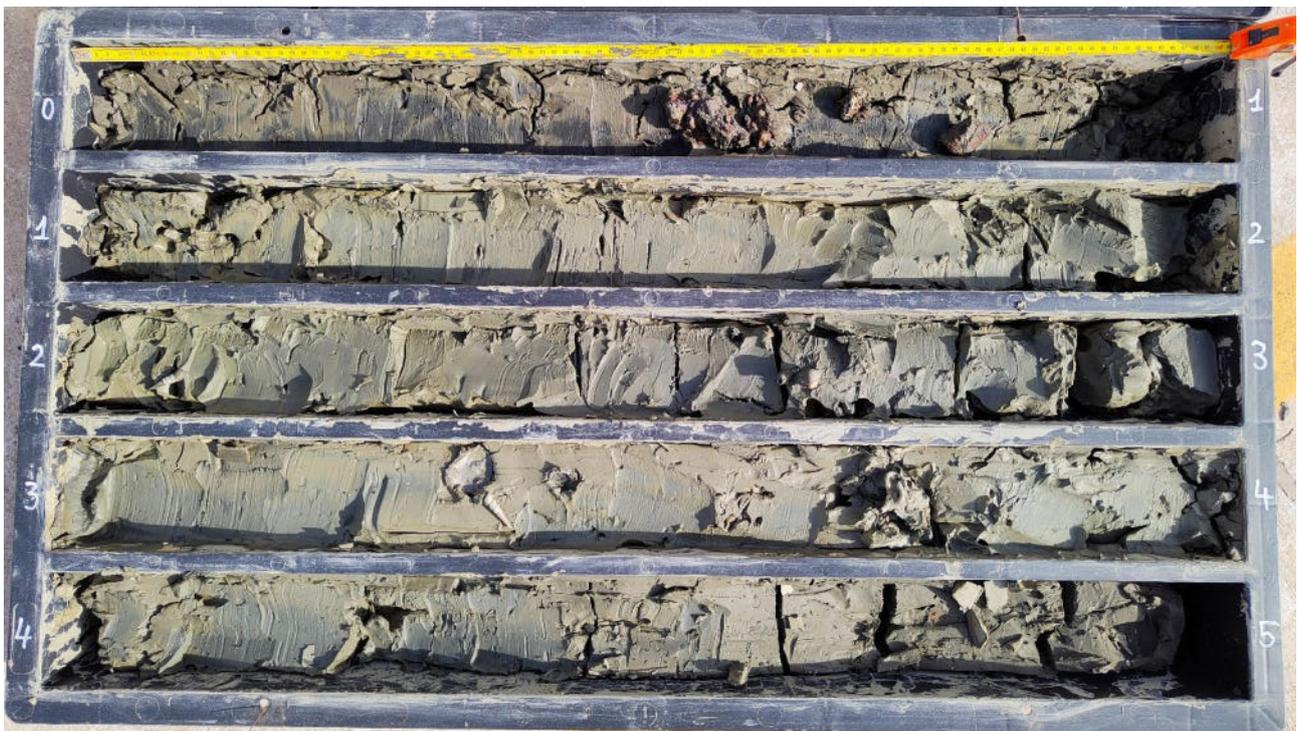


Fig. 11. Sondaggio TS21/052, 0.00-5.00 m



Fig. 12. Sondaggio TS21/052, 5.00-10.00 m



Fig. 13. Sondaggio TS21/052, 10.00-15.00 m



Fig. 14. Sondaggio TS21/052, 15.00-20.00 m

TS21/050

- 0.00 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro, bioturbato, con frammenti di gusci di molluschi (*Tapes*).
- 1.10 m Limo argilloso massivo di colore grigio scuro con gusci di molluschi (*Ostrea, Cerastoderma*).
- 2.00 m Limo sabbioso massivo di colore grigio scuro con molto frequenti gusci di molluschi (*Ostrea, Cerastoderma, Scaphopoda*).
- 3.00 m Limo sabbioso massivo di colore grigio scuro con molto frequenti gusci di molluschi (*Ostrea, Cerastoderma, Gibbula*).
- 3.45 m Limo sabbioso massivo di colore grigio scuro con molto frequenti gusci di molluschi (*Ostrea, Cerastoderma, Scaphopoda*).
- 4.15 m Limo sabbioso massivo di colore grigio scuro, bioturbato, con rari frammenti di gusci di molluschi
- 5.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio-verde, bioturbata, con frammenti di gusci di molluschi (*Cerastoderma/Cardium*).
- 7.70 m Argilla limosa massiva di colore grigio-verde, bioturbata, con frammenti millimetrici di gusci di molluschi e rari livelli millimetrici limosi.
- 8.20 m Argilla limosa massiva di colore grigio-verde, bioturbata, con frammenti millimetrici di resti vegetali.
- 9.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio-verde, bioturbata, con frammenti millimetrici di gusci sottili di molluschi.
- 10.30 m Argilla limosa massiva di colore grigio-verde, bioturbata.
- 11.55m Limo organico massivo di colore bruno chiaro.
- 12.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio-verde, bioturbata.
- 12.55 m Limo organico massivo di colore bruno.
- 13.60 m Limo argilloso massivo di colore bruno chiaro con livelli millimetrici di limo sabbioso e frammenti millimetrici di gusci sottili di molluschi.
- 13.73 m Limo argilloso massivo di colore bruno chiaro con frequenti inclusi torbosi.
- 14.00 m Limo organico massivo di colore bruno.
- 14.35 m Da limo sabbioso a sabbia fine limosa con livelli millimetrici di limo sabbioso, massivi di colore grigio.
- 14.55 m Limo organico massivo di colore bruno scuro.
- 14.75 m Torba di colore bruno scuro
- 15.00 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro ,con livelli millimetrici di limo argilloso.
- 15.10 m Limo organico massivo di colore bruno chiaro.
- 15.40 m Limo organico massivo di colore bruno scuro.
- 15.53 m Torba di colore bruno scuro.

- 15.90 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro, leggermente sovraconsolidato, con screziature ocracee.
- 16.40 m Limo sabbioso massivo di colore ocraceo, leggermente sovraconsolidato.
- 16.50 m campione C1.
- 17.20 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro con screziature ocracee e rare concrezioni calcaree millimetriche.
- 19.10 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro, sovraconsolidato, con screziature ocracee e rare concrezioni calcaree millimetriche.
- 19.25 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro con screziature ocracee.
- 20.10 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro con livelli millimetrici di sabbia fine limosa e con screziature ocracee.
- 20.35 m Argilla limosa massiva di colore grigio chiaro con rare screziature ocracee.
- 21.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio chiaro.
- 21.45 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro con screziature ocracee
- 21.85 m Argilla limosa massiva, bioturbata, di colore grigio scuro con frammenti millimetrici di resti vegetali.
- 22.60 m Argilla limosa massiva, bioturbata, di colore grigio scuro con frammenti millimetrici di gusci di molluschi e di resti vegetali.
- 22.85 m Argilla limosa massiva, bioturbata, di colore grigio scuro con frequenti frammenti di gusci di molluschi (*Ostrea*, *Turritella*) e di resti vegetali.
- 23.00 m Limo argilloso grigio scuro massivo con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 23.25 m Sabbia fine limosa grigio scura massiva con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 23.80 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi e livelli millimetrici di sabbia fine limosa.
- 24.00 m Sabbia fine limosa grigio scura massiva con frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 24.60 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro con frammenti millimetrici di gusci di molluschi e livelli millimetrici di sabbia fine limosa
- 24.90 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro con rari millimetrici di gusci di molluschi.
- 25.75 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro con frequenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 26.10 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro con frammenti di gusci di molluschi (*Ostrea*, *cerastoderma*).
- 27.00 m campione C12.
- 27.70 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 28.55 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro con frammenti millimetrici di gusci di molluschi molto frequenti.

- 30.55 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro con livelli millimetrici di resti vegetali ed inclusi torbosi.
- 30.70 m Campione C13.
- 31.40 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro, a tratti bioturbata.
- 31.90 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro, fortemente bioturbata.
- 32.30 m Argilla limosa massiva di colore grigio-bruno con livelli millimetrici di resti vegetali e frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 32.45/-33.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio, bioturbata.



Fig. 15. Sondaggio TS21/050, 0.00-5.00 m

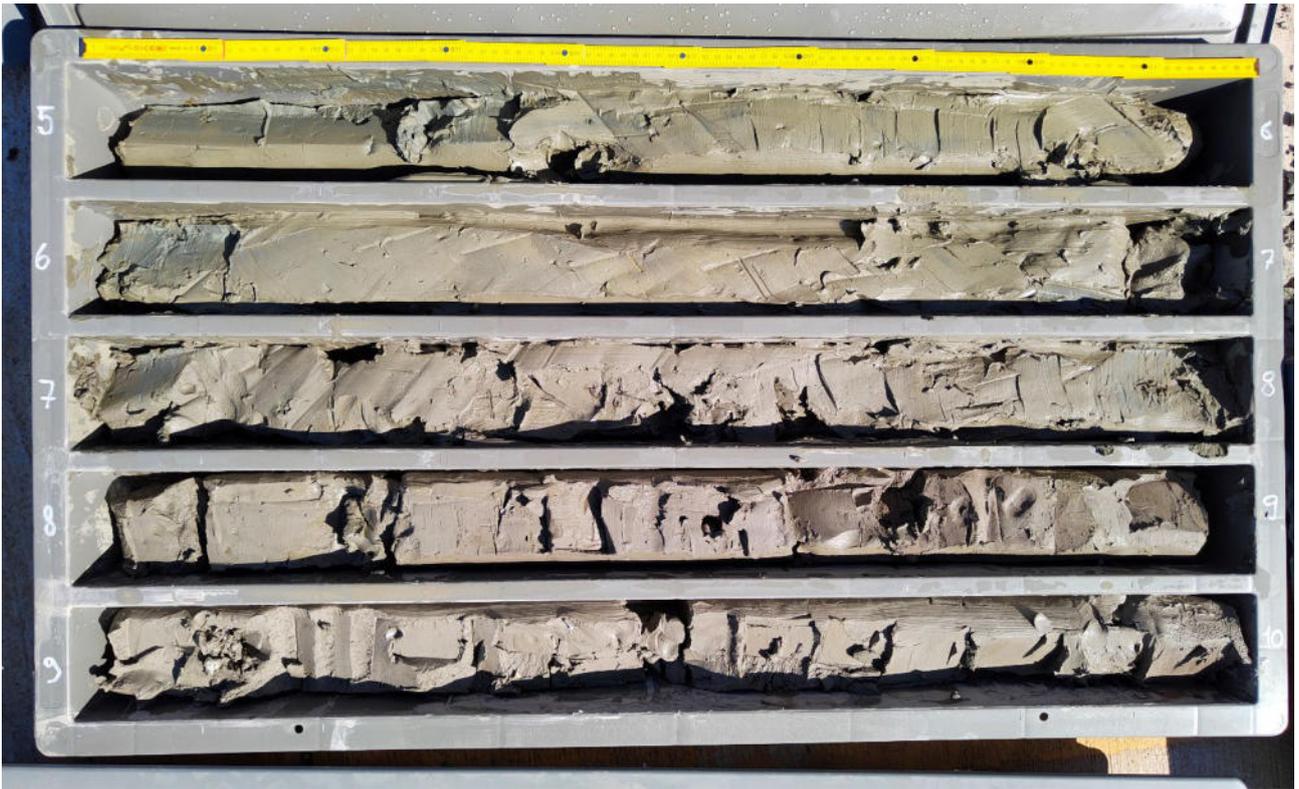


Fig. 16. Sondaggio TS21/052, 5.00-10.00 m



Fig. 17. Sondaggio TS21/052, 10.00-15.00 m



Fig. 18. Sondaggio TS21/052, 15.00-20.00 m



Fig. 19. Sondaggio TS21/052, 20.00-25.00 m



Fig. 20. Sondaggio TS21/052, 25.00-30.00 m



Fig. 21. Sondaggio TS21/052, 30.00-33.00 m

TS21/043

- 0.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro, bioturbata, con rari livelli millimetrici di colore nerastro.
- 2.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro, bioturbata, con molto rari gusci di molluschi in frammenti ed integri (*Ostrea*).
- 4.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio chiaro, a tratti bioturbata.
- 5.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro, a tratti bioturbata.
- 5.60 m Campione C11
- 8.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro, bioturbata.
- 10.00 m Argilla limosa massiva di colore grigio scuro, fortemente bioturbata, con rari frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 11.55m Limo organico massivo di colore bruno chiaro.
- 11.60 m Campione C12.
- 12.20 m Limo organico massivo di colore bruno chiaro.
- 12.70 m Torba di colore bruno scuro.
- 13.00 m Limo organico massivo di colore bruno chiaro.
- 13.40 m Torba di colore bruno scuro.
- 13.80 m Limo organico massivo di colore bruno chiaro con inclusi torbosi.
- 14.10 m Torba di colore bruno scuro, leggermente sovraconsolidata.
- 15.00 m Campione C13.
- 15.60 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro ,con livelli millimetrici di limo argilloso.
- 16.00 m Torba di colore bruno scuro
- 16.40?m limo sabbioso massivo grigio chiaro.
- 16.45 m? Torba di colore bruno scuro.
- 17.00 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro con screziature ocracee.
- 17.60 m Limo argilloso, a tratti sabbioso, massivo di colore grigio chiaro, leggermente sovraconsolidato, con screziature ocracee.
- 19.00 m Limo sabbioso massivo di colore grigio chiaro, sovraconsolidato, con screziature ocracee e concrezioni calcaree di dimensioni da millimetriche fino a 2 cm.
- 20.60 m Sabbia fine limosa, a tratti sabbia medio-fine limosa, massiva di colore grigio chiaro, addensata, con screziature ocracee.
- 21.25 m Sabbia fine limosa massiva con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi.
- 21.65 m Limo sabbioso massivo di colore grigio bruno con resti vegetali.
- 22.25/-23.00 m Sabbia fine limosa massiva con frequenti frammenti millimetrici di gusci di molluschi.



Fig. 22. Sondaggio TS21/043, 0.00-5.00 m



Fig. 23. Sondaggio TS21/043, 5.00-10.00 m



Fig. 24. Sondaggio TS21/043, 10.00-15.00 m



Fig. 25. Sondaggio TS21/043, 15.00-20.00 m



Fig. 26. Sondaggio TS21/043, 20.00-23.00 m

Datazione radiometrica con il metodo del radiocarbonio.

All'interno di un livello superficiale nella verticale TS21/050, è stato rivenuto un guscio di mollusco del genere *Ostrea*. Con lo scopo di datare l'età della deposizione del materiale sedimentario, il guscio è stato sottoposto a datazione con il metodo del radiocarbonio mediante la tecnica della spettrometria di massa ad alta risoluzione (AMS), presso il Centro di Datazione e Diagnostica (CEDAD) dell'Università del Salento (tab. 2)

Codice	Codice CeDaD	Provenienza
TS21/050 3,05m	LTL22398	Golfo di Trieste

Tab. 2. Elenco materiale analizzato e codice identificativo

I macrocontaminanti presenti nel campione, sono stati individuati mediante osservazione al microscopio ottico e rimossi meccanicamente. Il trattamento chimico di rimozione delle contaminazioni dal campione è stato effettuato sottoponendo il materiale selezionato ad attacchi chimici alternati acido-alcalino-acido.

Il materiale estratto è stato successivamente convertito in anidride carbonica mediante combustione a 900°C in ambiente ossidante, e quindi in grafite mediante riduzione. Si è utilizzato H₂ come elemento riducente e polvere di ferro come catalizzatore.

La quantità di grafite estratta dal campione è risultata sufficiente per una accurata determinazione sperimentale dell'età.

La concentrazione di radiocarbonio è stata determinata confrontando i valori misurati delle correnti di ¹²C e ¹³C, e i conteggi di ¹⁴C con i valori ottenuti da campioni standard di Saccarosio C6 forniti dalla IAEA.

La datazione convenzionale al radiocarbonio è stata corretta per gli effetti di frazionamento isotopico sia mediante la misura del termine $\delta^{13}\text{C}$ effettuata direttamente con l'acceleratore, sia per il fondo della misura. Campioni di concentrazione nota di Acido Ossalico forniti dalla NIST (National Institute of Standard and Technology) sono stati utilizzati come controllo della qualità dei risultati.

Per la determinazione dell'errore sperimentale nella data al radiocarbonio è stato tenuto conto sia dello scattering dei dati intorno al valore medio, sia dell'errore statistico derivante dal conteggio del ¹⁴C.

La Tab. 3 riporta la datazione al radiocarbonio (non calibrata) per il campione con l'indicazione dell'errore assoluto della misura.

Campione	Datazione al radiocarbonio (BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)^(**)	Note
LTL22398	1983 ± 25	3.3 ± 0.4	

Tab 3. valore misurato della radiocarbon age.

(**) Il valore riportato del termine di frazionamento isotopico degli isotopi stabili del carbonio ($\delta^{13}\text{C}$) si riferisce a quello misurato con il sistema AMS. Tale valore, pertanto, può differire dal termine di frazionamento naturale e da quello misurato mediante IRMS.

(*) Con BP si intende qui una datazione convenzionale al radiocarbonio non calibrata il cui calcolo implica (cfr. M. Stuiver, H.A. Polach, Radiocarbon, Vol. 19, No.3, 1977, 355-363):

- L'uso del tempo di dimezzamento di Libby (5568 anni) rispetto al valore corretto di 5730 anni;
- L'anno 1950 come anno di riferimento.
- L'utilizzo diretto o indiretto dell'acido ossalico come standard di riferimento.

Il valore ottenuto dalla datazione del guscio di mollusco è stato poi calibrato con il servizio Oxcal online ottenendo la data calendario (tab.4)

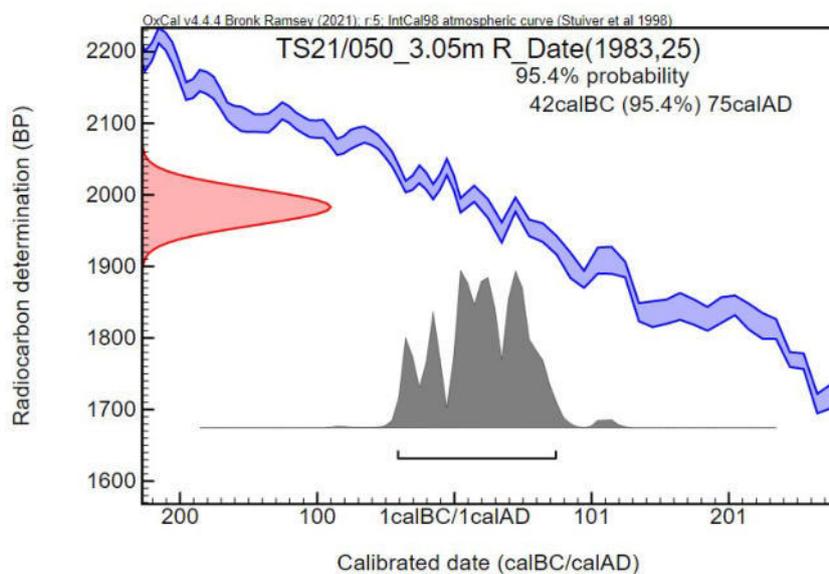


Fig. 27. Curva di calibrazione campione LTL22398

<i>Campione</i>	<i>Datazione non calibrata (BP)</i>	<i>Datazione calibrata (calBC-AD)</i>
LTL22398	1983 ± 25	42 calBC (95.4%)75 calAD

Tab. 4. Valore della datazione calibrata

Interpretazione della sequenza stratigrafica

La sequenza sedimentaria attraversata dai 4 sondaggi a carotaggio continuo TS21/041, TS21/043, TS21/050 e TS21/052, descritti in dettaglio nel precedente capitolo, è di seguito interpretata procedendo dal basso stratigrafico, seguendo la sequenza cronologica della deposizione dei materiali sedimentari.

Le 4 verticali hanno raggiunto profondità differenti, da -45 m dal fondale marino in corrispondenza di TS21/041 a -20 m in TS21/052. L'interpretazione terrà conto dei dati correlabili delle differenti sequenze singole descritte. Per poter correlare le stratigrafie, le profondità utilizzate in questo capitolo sono corrette con la reale quota dal livello medio marino della bocca foro (vedi tab.5).

Le verticali descritte sono ubicate omogeneamente all'interno dell'area di studio, per ottenere una visione quanto più possibile completa del sottofondo marino dell'area oggetto di studio. (vedi fig.1)

Carotaggio	Profondità raggiunta (m)	Quota bocca foro dal.m.m. (m)	Quota raggiunta da l.m.m (m)
TS21/041	-45.00	17.50	-62.50
TS21/043	-23.00	-16	-39.00
TS21/050	-33.00	-17	-50.00
TS21/052	-20.00	-15.00	-35.00

Tab. 5. Quote da bocca foro e da l.m.m dei sondaggi analizzati

La sequenza inizia a - 62.50 m in TS21/041, la verticale posta più ad occidente all'interno dell'area di studio, con depositi alluvionali caratterizzati da energia medio-bassa. Si potrebbe trattare di un ambiente arginale o di piana fluviale prossimale, posto non troppo lontano da un canale alluvionale attivo. I depositi sono oggetto di esposizione ad agenti atmosferici: si tratta con tutta probabilità di una sequenza troncata, vista l'assenza di una chiara paleosuperficie e la presenza di alterazioni cromatiche legate ad ossidazione del ferro (screziature). Da -57.35 m non si notano più le evidenze di esposizione subaerea e il dinamismo dell'ambiente aumenta. Si passa verosimilmente ad un ambiente di argine, molto vicino ad un canale attivo, con energia alternativamente media ed elevata, legata probabilmente ad un periodo di piene a maggiore frequenza.

Da -57.35 m l'energia di deposizione si alza drasticamente in corrispondenza di un evento di piena ad elevato dinamismo, come indicato dall'apparizione di sedimenti ghiaiosi. Di seguito l'energia dell'evento esondativo decresce dando vita ad una sequenza di *finig upward*, fino ad arrivare a depositi limoso-sabbiosi a quota - 55.05 m. Da qui la sequenza riparte con un nuovo evento esondativo ad alta energia, simile al precedente, a cui seguono fasi di decrescita del dinamismo delle acque fluviali, passando da depositi clastici fino alla deposizione per decantazione tipica delle piane alluvionali distali. Dato lo spessore esiguo dei materiali sedimentari depositati dai due eventi potrebbe trattarsi di episodi di rotta che portano le acque del canale

fluviale principale ad invadere le piane di decantazione rilasciando depositi a maggiore granulometria e provocando troncature delle sequenze sottostanti. Quest'ultimo episodio procede con la chiusura più tipica delle sequenze di *fining upward*, ovvero con la formazione di un ambiente paludoso, con acque stagnanti e ricche di vegetazione che danno vita a livelli prima arricchiti in materia organica, da -50.40 m, ed in seguito francamente torbosi. Nelle interpretazioni delle sezioni sismiche eseguite per le indagini geologiche dell'area di progetto è ben visibile tale livello torboso identificabile con continuità in tutta l'area (fig.28)

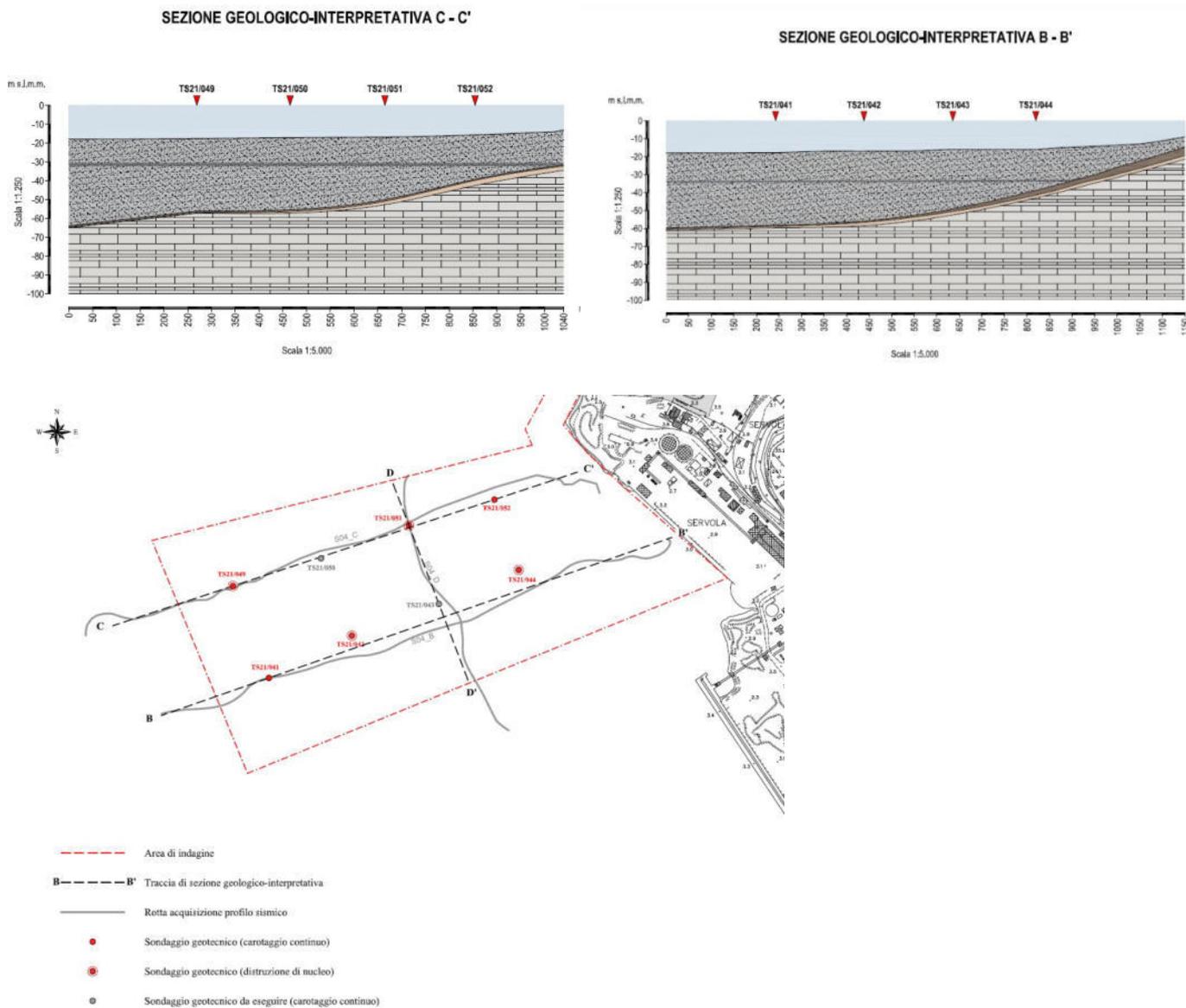


Fig 28. Interpretazione ed ubicazione dei profili sismico eseguiti nel corso delle indagini geologiche preliminari

A partire da 50.25 m l'ambiente cambia drasticamente e si assiste all'ingressione di acque salmastre. Si tratta di un ambiente a bassa energia, con ridotto dinamismo delle acque, di tipo lagunare o marino protetto, non caratterizzato dalle elevate energie tipiche delle aree di spiaggia. L'ambiente marino/lagunare è intercettato

anche dalla porzione più bassa della verticale TS21/050, da -50.00 m, posta poco più ad Est di TS21/41, fin qui descritta.

Le condizioni ambientali marino-salmastre si mantengono ad energia limitata per un periodo di tempo rappresentato da circa 4 metri di depositi limoso-argillosi all'interno delle 2 verticali sopra citate. Si tratta di un ambiente caratterizzato da acque calme ma non stagnanti, con deposizione per decantazione, con fondali caratterizzati da buona ossigenazione e dalla presenza di malacofauna.

Al top di questa fase caratterizzata da deposizione fine si identificano due eventi a maggiore energia, tra -44.50 m e -43.65 m in TS21/041 e -41.60 e -40.50 m in TS21/, caratterizzati da alternanze di energia bassa e medio-bassa, fino ad arrivare a deposizione sabbioso-limoso. Considerata la vicinanza delle due verticali potrebbe trattarsi di periodi di peggioramento climatico, con aumento della frequenza degli eventi di tempesta, o di momenti di maggiore vicinanza alla linea di costa, con energie comunque sempre non troppo elevate.

La sequenza prosegue con il ritorno a condizioni di minore energia, molto simili a quelle precedentemente descritte, con fondali ben ossigenati a deposizione per decantazione, fino a quote variabile tra -39.95 m in TS21/041 e -38.85 m in TS21/050. A partire da quota -39.00 m e fino a -37.25, anche la verticale TS21/043, ubicata nella porzione centrale dell'area in progetto, intercetta i depositi marini legati alla fase descritta ma caratterizzati da un maggiore idrodinamismo, probabilmente anche in questo caso legato ad un periodo di peggioramento climatico o alla presenza di una vicina spiaggia.

I livelli sopra descritti lasciano il posto ad un nuovo drastico cambiamento ambientale: si torna a condizioni continentali alluvionali. L'energia delle acque fluviali è differente nelle diverse parti dell'area di studio e, a partire da qui, tutte e 4 le verticali intercettano la sequenza sedimentaria, fino al fondale attuale

Nell'area occidentale si osservano condizioni di piana alluvionale distale e prossimale, caratterizzati dall'alternarsi di livelli argillosi e limoso-sabbiosi, fino a quota -34.00 m. Nella zona orientale prevale la deposizione per decantazione, a bassa energia, con rari episodi a maggiore idrodinamismo, probabilmente code di eventi di rotta fluviale, fino a quota -32.00 m. Nell'area centrale le condizioni assumono un aspetto più peculiare: siamo in presenza di attività alluvionale a maggiore energia con evidenza di emersione subaerea. Sembra che questa zona possa aver rappresentato una porzione rilevata, forse un paleoalveo, di cui rimane solo il livello inferiore caratterizzato dalla presenza di fenomeni di ossidazione del ferro e formazione di concrezioni calcaree e aree sovraconsolidate. La porzione superiore, che doveva culminare con una paleosuperficie, sarebbe stata oggetto di erosione. Il livello descritto raggiunge quote variabili intorno a -33 m.

Successivamente si identifica una fase caratterizzata da energia molto bassa, con formazione di aree paludose e deposizione fortemente organica. Si sedimentano livelli torbosi e limosi ricchi in materia organica, a tratti intervallati da esondazioni che creano livelli limoso-argillosi e limoso-sabbiosi subito ricoperti nuovamente da sedimenti organici. Questa fase è riconoscibile fino a quote variabili tra -29.80 m in area

ovest, -27.55 m nell'area centrale e -28.65 m in zona est. Si segnala la presenza di un nuovo episodio di emersione di cui rimane traccia nell'aspetto sovraconsolidato dei depositi fini tra -32.05 m e -31.50 m nell'area occidentale.

Di seguito le condizioni idrodinamiche deducibili dai sedimenti indicano ambienti di piana alluvionale distale, con deposizione per decantazione, fino a quote variabili tra -28.95 m in area ovest, -26.00 m in zona centrale -24.80 m in area est, verso l'attuale terraferma. La porzione superiore di questo livello è nuovamente caratterizzato da un peggioramento delle condizioni idrodinamiche, con deposizione di livelli arricchiti in materia organica. Le quote più elevate da mare verso terraferma e l'affermarsi di condizioni di tipo marino-lagunare al termine di questa fase, indicano il verificarsi nell'area di studio di un episodio trasgressivo.

Gli ultimi 9-10 m di depositi, rappresentati per la gran parte da sedimenti fini caratterizzati dalla presenza di malacofauna, a tratti molto abbondante, indicano condizioni di energia bassa, al riparo dagli agenti naturali a maggiore impatto. I fondali sono comunque sempre ben ossigenati e sede di forte attività bentonica, come testimoniano le bioturbazioni diffuse. Nel solo caso di TS21/050, sito nella porzione centro-occidentale dell'area di studio, le condizioni idrodinamiche dell'antico fondo marino sono leggermente più energetiche, arrivando a depositare sedimenti limoso-sabbiosi, da -22.00 m all'attuale fondale.

Inquadramento geologico e dati paleoambientali disponibili

Lungo la costa orientale del golfo di Trieste sono presenti rocce carbonatiche (principalmente calcari e in misura minore dolomie), e alternanze marne-arenarie (Flysch), formatesi fra circa 120 e 40 milioni di anni fa, e successivamente deformate da pieghe e faglie durante la genesi della catena delle Dinaridi. In area marina, le rocce carbonatiche sono ubicate al di sotto del Flysch, al di sopra del quale si sono depositati sedimenti di origine marina/transizionale e continentale di età variabile in funzione della profondità (da 1-2 milioni di anni ad alcune centinaia di metri di profondità fino ai superficiali di età attuale). Di conseguenza, da indagini nella zona a mare, utilizzando il metodo della “sismica a riflessione multicanale”, è stato possibile valutare la presenza di ulteriori strutture legate al sistema delle faglie dinariche presenti a terra. Tali indagini evidenziano la presenza nel golfo di un sistema di faglie con orientamento nord-ovest/sud-est (approssimativamente parallelo alla linea di costa) e legate alla formazione della catena dinarica. La struttura principale si estende lungo la costa e la sua presenza si desume dal fatto che le rocce carbonatiche che affiorano sul Carso Triestino si trovano in mare a pochi chilometri dalla costa alla profondità di circa 1200 metri. Altre faglie sono presenti nel golfo, alcune con deformazioni che interessano anche i sedimenti recenti (Busetti et al., 2010; fig. 29)

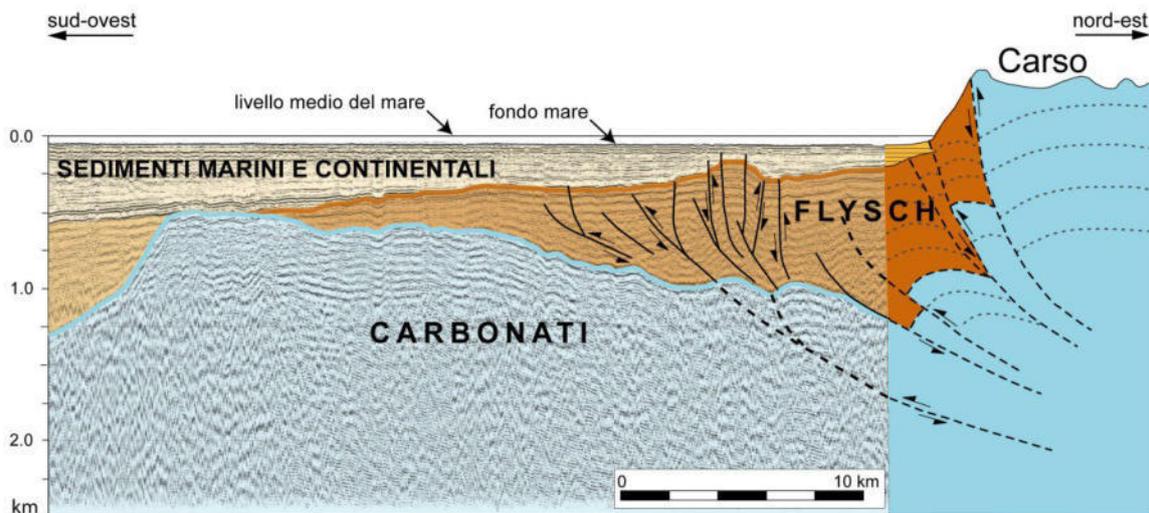


Fig.29 – Sezione attraverso il Golfo di Trieste e il Carso composta da un profilo sismico multicanale a mare e da una sezione geologica a terra. I carbonati (principalmente calcari) affiorano nel Carso Triestino, mentre nel golfo sono presenti alla profondità di circa 1200 metri in prossimità della costa. Questa differenza costituisce il rigetto verticale della faglia di Trieste. I carbonati sono coperti dalle arenarie e marne del Flysch, presente anche lungo la costa. Nel golfo il Flysch è deformato dall'attività di un sistema di faglie con andamento approssimativamente parallelo alla linea di costa. Queste faglie interessano anche i sedimenti soprastanti, costituiti da depositi marini e continentali di età fino all'attuale, indicando che tali strutture hanno avuto un'attività recente (tratta da M. Busetti et al., 2010)

Dal punto di vista geomorfologico, la zona costiera del Friuli Venezia Giulia da Monfalcone a Lignano è caratterizzata da una costa bassa costituita dagli ambienti deltizi dell'Isonzo e del Tagliamento che rispettivamente delimitano ad est ed ovest la Laguna di Grado e Marano. L'immediato entroterra, fino ad un massimo di circa 8 km dal margine interno della laguna, attualmente si trova fino a 2 metri sotto il livello del

mare. Quest'area, originariamente paludosa, a partire dal medioevo, ma in modo più significativo nel periodo 1920- 1940, è stata bonificata per essere destinata all'agricoltura. Attualmente il margine interno della laguna è delimitato da una serie di argini artificiali atti a proteggere le aree topograficamente depresse dall'ingressione marina, che le riporterebbe alla loro precedente condizione naturale di ambienti di transizione. Le lagune di Marano e Grado, formatesi circa 5500 e 1000 anni BP rispettivamente, in conseguenza dell'ultima fase di innalzamento del livello marino, hanno un'attuale tendenza evolutiva su scala centenaria, caratterizzata da una progressiva traslazione verso terra di tutto il sistema di isole e banchi di sabbia (Marocco, 1991)

Scendendo nel dettaglio in relazione alle conoscenze del sottosuolo delle aree circostanti l'area oggetto di studio, si può affermare che i processi sedimentari olocenici in Adriatico settentrionale iniziano in concomitanza con l'ultima fase di innalzamento del livello marino, datata intorno a 18000 anni BP, a seguito dell'ultimo periodo glaciale. La risalita delle acque marine fu inizialmente molto rapida, circa 10 mm/anno, fino a ca 6000 anni BP (Amorosi et al., 1999) seguita da una fase di *stazionamento alto* corrispondente agli ultimi 6000 anni, quando il tasso scese a circa 0.5 mm/anno (Preti, 1999). Come conseguenza delle condizioni di *high stand*, attraverso la circolazione lungo costa dei sedimenti litorali, si forma un sistema ininterrotto di lagune costiere (lagune di Venezia, Caorle e Marano) nel tratto compreso tra il fiume Po e l'Isonzo (Bortolami et al., 1977; Marocco, 1991).

Le attuali ipotesi circa l'innalzamento del livello marino nel golfo di Trieste sono in gran parte basate sulle ricerche disponibili per il settore costiero sloveno centrale e meridionale (Ogorelec et al., 1984, 1991, 1997). In quest'area, i sedimenti olocenici più antichi, provenienti dalla porzione più interna della baia di Koper, alla profondità di 48 l.m.m. risalgono a ca 11000 anni BP (Ogorelec et al., 1991, 1997) in accordo con la curva di risalita del livello marino di Fairbanks (1989, 1990). Più a Sud nella baia di Pirano, un livello torboso continentale di quota -26.5 m l.m.m. è datato a 9180 ± 120 anni BP e ad esso si sovrappone una sequenza di depositi acqua salmastra (Faganeli et al., 1987). In aree più vicine alla zona di studio, l'età convenzionale ^{14}C della base di 2 sondaggi (fig.30), 9030 ± 70 e 9140 ± 40 anni BP per GT1, 9160 ± 120 anni BP per GT3 (Covelli et al., 2006), è attribuita ad ambienti transizionali che testimoniano il passaggio da condizioni continentali a lagunari (fig.30). Quindi l'ingressione marina olocenica nel golfo di Trieste sarebbe giunta in corrispondenza nella costa istriana circa 10000 anni BP ed in seguito avrebbe raggiunto la paleopianura veneto-friuliana.

Un altro fattore di costruzione dell'apparato sedimentario costiero dell'area indagata è l'aggradazione della costa alluvionale, alimentata dai paleofiumi Tagliamento ed Isonzo (Colantoni et al., 1985; Marocco, 1991). La situazione attuale della zona settentrionale del golfo è caratterizzata dalla presenza lungo costa di un primo esteso prisma sedimentario che copre una fascia continua che va dall'apparato deltizio dell'Isonzo (ad est) al delta del fiume Tagliamento ed oltre (ad ovest), fino alla profondità di ca. 12-13 m. A questi depositi continentali sono sovrapposti i depositi marino-lagunari trasgressivi descritti in precedenza. L'età di questi ultimi, sulla base di considerazioni climatiche ed eustatiche generali e in relazione alla età di formazione del

delta del Tagliamento e della laguna di Caorle (ca. 9.000 anni BP; Marocco, 1991), può essere individuata in un periodo tra i 16.000 e 11.300 anni BP (Gordini et al., 2002) per l'area di afferenza dei grandi delta Fluviali. I sottostanti sedimenti pelitico -torbosi continentali, ascrivibili al sistema di stazionamento basso (LST, Lowstand System Tract) hanno età Pleniglaciale (da 19.945 a 22.120 anni BP).

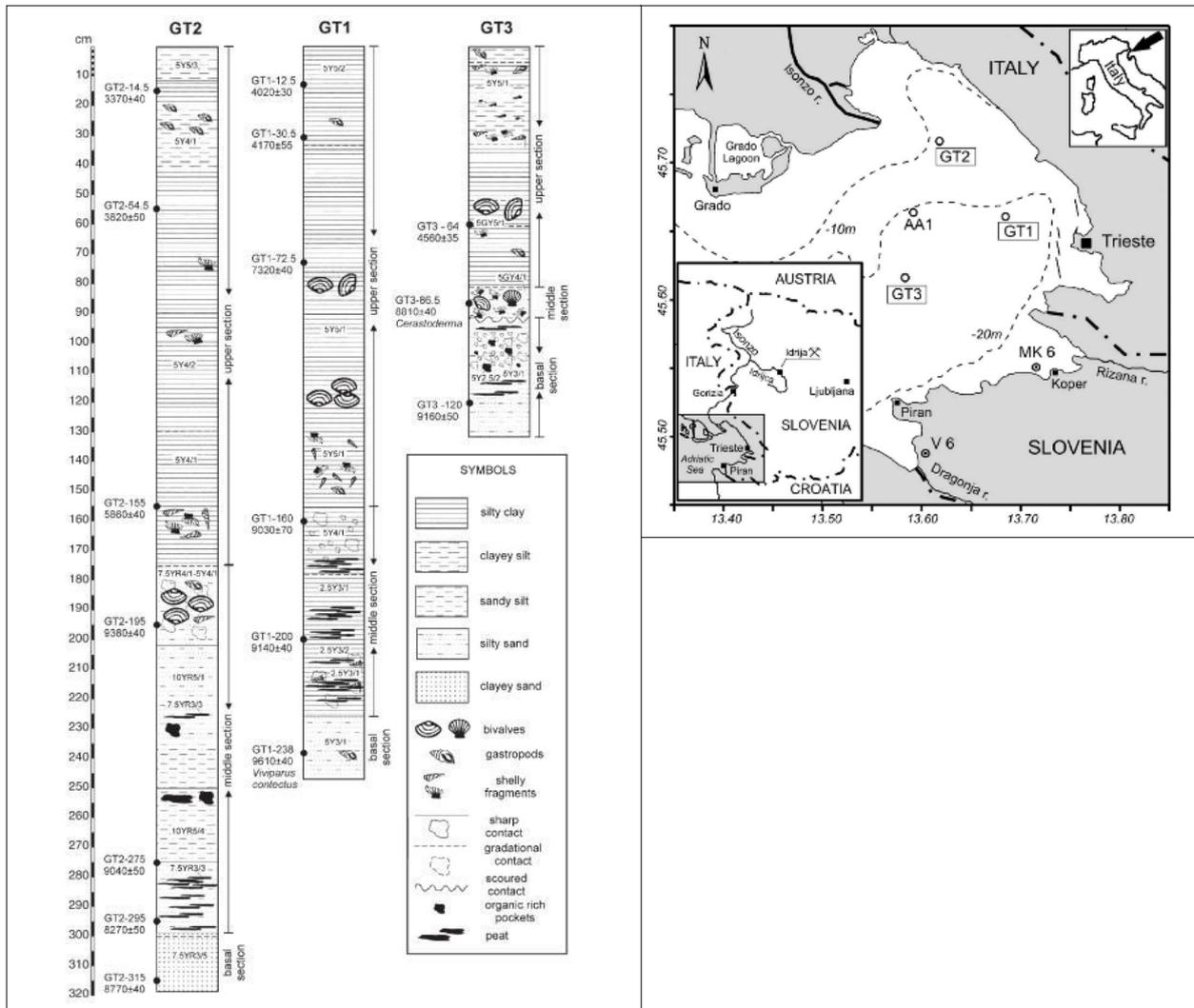
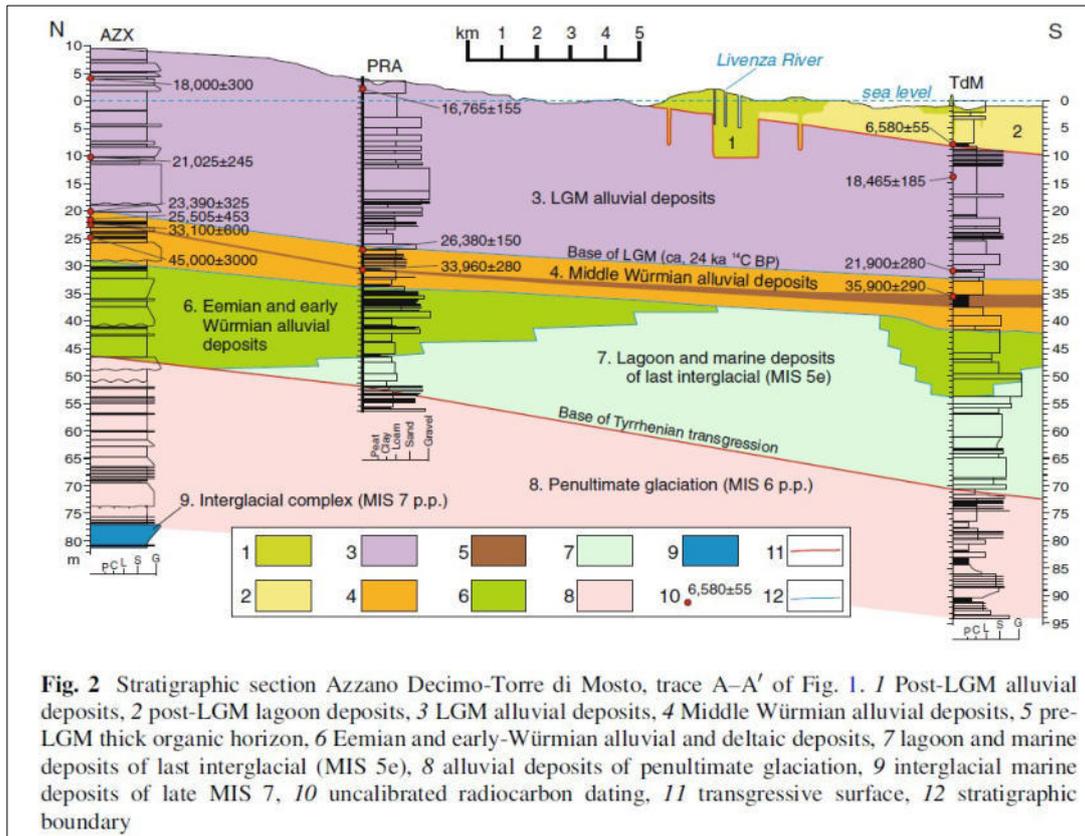


Fig.30 . Dettaglio ed ubicazione di indagini nel sottosuolo del Golfo di Trieste (Covelli et al., 2006),

Sulla cronologia di dettaglio dei depositi continentali pleistocenici presenti al disotto del LGM (last glacial maximum, intorno a 20000 anni BP) non si hanno informazioni, e si può far riferimento agli studi eseguiti nel sottosuolo della laguna di Venezia e della pianura veneto-friulana (Fontana et al., 2010, fig. 31).

Nelle sequenze studiate visibili nella figura x sono riconoscibili episodi caratterizzati da deposizione torbosa, tra -25 m -35 m, di età comprese tra 35000 e 45000 anni BP ca. Questi depositi sono riferibili al periodo

Fig. 31. Ricostruzione del sottosuolo dell'area lagunare Veneziana da Fontana et. al. (2010)



glaciale detto wurmiano e ricoprono i depositi trasgressivi della ingressione Tirreniana, così chiamata nella stratigrafia marina mediterranea (Asioli et al., 2005).

Al di sotto dei depositi rappresentanti l'evento trasgressivo tirreniano, identificato nella pianura veneziana a -45 m, si rinvencono nuovamente depositi alluvionali legati alla penultima glaciazione (MI6, Fontana et al., 2010), privi di datazioni radiometriche.

Considerazioni cronologiche sulle sequenze attraversate dai sondaggi

L'analisi delle sequenze deposizionali attraversate da 4 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nei fondali marini interessati dal progetto "Piattaforma logistica di Trieste - Piano delle indagini sulle aree a terra e a mare interessate dalla progettazione delle opere ferroviarie e portuali", e la datazione con metodo del radiocarbonio di un guscio di mollusco del genere *Ostrea* contenuto nei sedimenti descritti, richiesti dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio del Friuli Venezia Giulia ha permesso la ricostruzione degli ambienti sedimentari del sottofondo dell'area di studio.

Le verticali descritte ed interpretate sono correlabili con i livelli individuati in bibliografia ed elencati nel precedente paragrafo (fig. 32) come di seguito indicato in dettaglio.

Dalla base della sequenza, a -62.50 m da l.m.m., sono riconoscibili depositi alluvionali correlabili agli eventi sedimentari verificatisi nel corso della penultima glaciazione, intercettati dalle verticali TS21/041 e TS21/050, identificati nel sottosuolo altoadriatico più a Sud (Fontana et. al. 2010).

Risalendo lungo la sezione si intercetta l'evidenza della trasgressione tirreniana, intorno a -50 m da l.m.m., nei sondaggi già indicati oltre che in TS21/043, con l'evidenza di un ambiente marino-lagunare ad energia in prevalenza non elevata, con rari episodi a maggiore idrodinamismo. Si tratta della stessa fase identificata in area veneta a quote variabili tra -50 e -70 m da l.m.m..

Di seguito, in tutte e 4 le verticali si ha evidenza del passaggio alle fasi deposizionali continentali legate all'ultima fase glaciale, tra ca. -40/-37 m da l.m.m., intercettando prima i sedimenti medio-wurmiani e poi quelli relativi alla forte sedimentazione verificatisi nell'LGM. Come indicato nelle considerazioni cronologiche dedotte da bibliografia, all'interno di questo livello si verificano episodi di impaludamento che lasciano come testimonianza strati torbosi intorno a 45000 e 35000 anni BP e soprattutto intorno all'acme LGM, circa 18-20000 anni BP. È a quest'ultimo evento che molto probabilmente sono legati i livelli torbosi visibili nella sequenza studiata intorno a -30/-28 m da l.m.m..

La sequenza deposizionale procede con il passaggio ai depositi marino-lagunari dell'ultima trasgressione, tra -29 m e -25 m da l.m.m., databile intorno a 10000 anni BP. All'interno di questo livello, che arriva fino al fondo marino attuale, è stato possibile campionare un guscio di mollusco del genere *Ostrea*, a quota -20.05 m da l.m.m., che indica un'età di 1983 ± 25 anni BP (età calibrata 42 calBC-75 cal AD). Lo strato datato rappresenta un fondale marino ad energia medio-bassa, ben ossigenato e soggetto a leggero idrodinamismo. Le caratteristiche dello deposito datato indicano un ambiente dove verosimilmente potevano essere attive correnti trattive relative a fondali ben ossigenati ma non in corrispondenza di linee costiere, dove l'energia è decisamente maggiore.

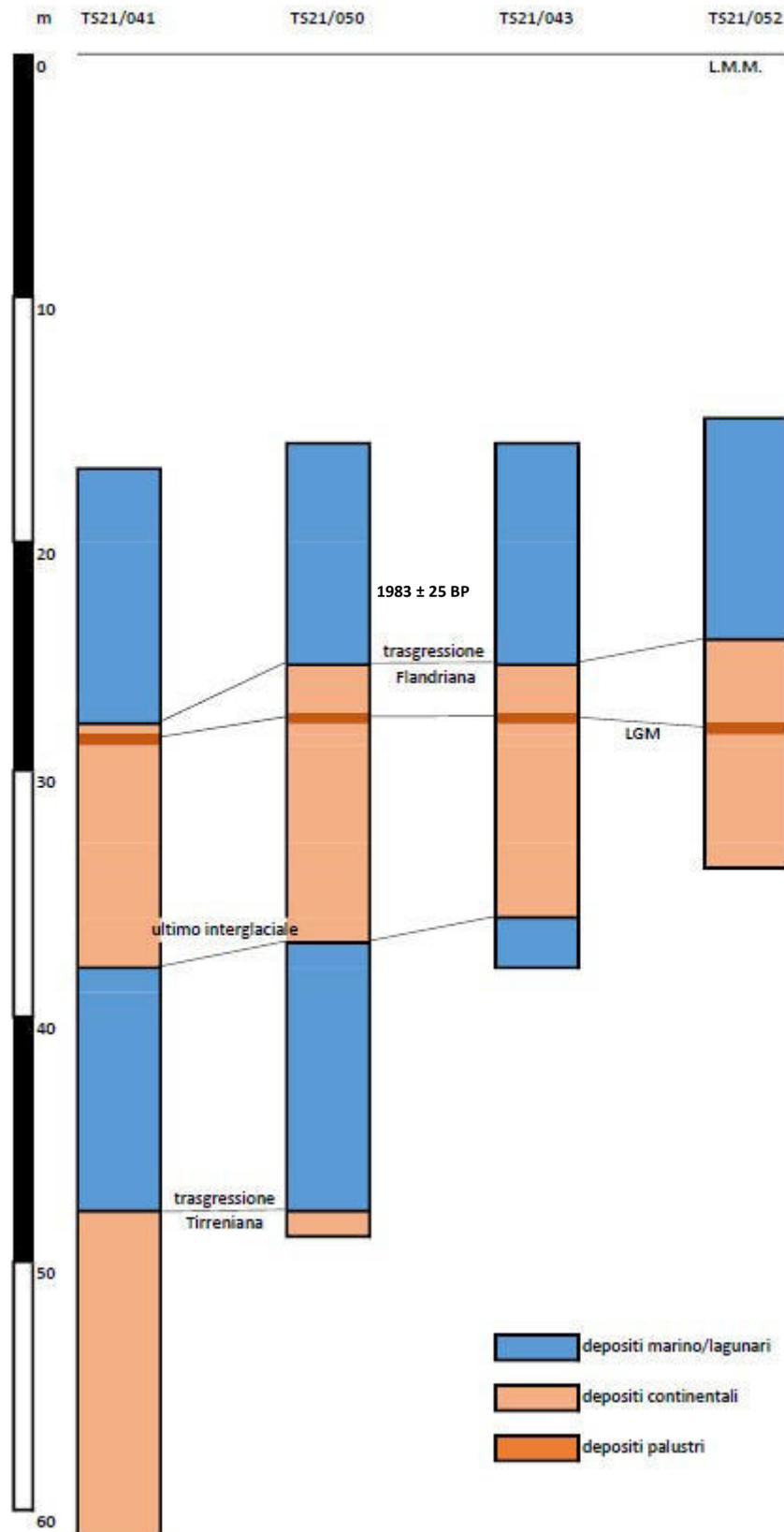


Fig. 32. Correlazione ed interpretazione dei paleoambienti e ipotesi cronologiche. Si riconoscono, dal basso:

1. Il penultimo periodo interglaciale (MI6)
2. La trasgressione Tirreniana ed i successivi depositi marino-lagunari
3. L'ultimo periodo Interglaciale con evidenza del LGM rappresentato da depositi torbosi di probabile età 18000 BP
4. L'ultima trasgressione (Flandriana) con una data al radiocarbonio relativa ad un guscio di *Ostraea*

All'interno di tutta la sequenza trasgressiva flandriana non sono state rinvenute indicazioni di presenza di depositi attribuibili ad una linea di costa.

Milano, 17-06-2022

Dott. Alberto Lezziero

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'A' followed by a series of connected loops and a horizontal tail stroke.

Bibliografia

- Amorosi, A., Colalongo, M.L., Pasini, G., Preti, D., 1999. Sedimentary response to Late Quaternary sea-level changes in the Romagna coastal plain (Northern Italy). *Sedimentology* 46, 99–121.
- Asioli A, Capotondi L, Cita Sironi MB (2005) The Tyrrhenian stage in the Mediterranean: definition, usage and recognition in the deep-sea record. A proposal. *Rendiconti Lincei* 16(4):297–310
- Bortolami, G.C., Fontes, J.C., Markgraf, V.J., Saliere, F., 1977. Land, sea and climate in the Northern Adriatic region during late Pleistocene and Holocene. *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 21, 139–156.
- Busetto M., Volpi V., Barison E., Giustiniani M., Marchi M., Ramella R., Wardell N., e Zanolla C., 2010a. Cenozoic seismic stratigraphy and tectonic evolution of the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). *GeoActa*, SP 3(2010), 1-14.
- Covelli, S., Fontolan, G., Faganeli, J., Ogrinc, N., 2006. Anthropogenic markers in the Holocene stratigraphic sequence of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *Marine Geology* 230 (1, 2), 29e51.
- Faganeli, J., Ogorelec, B., Misic, M., Dolenc, T., Pezdic, J., 1987. Organic geochemistry of two 40-m sediment cores from the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 25, 157–167.
- Fairbanks, R.G., 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: Influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature* 342, 637–642.
- Fairbanks, R.G., 1990. The age and origin of the “Younger Dryas climate event” in Greenland ice cores. *Paleoceanography* 5, 937–948.
- A. Fontana • P. Mozzi • A. Bondesan, 2010. Late pleistocene evolution of the Venetian–Friulian Plain, *Rend. Fis. Acc. Lincei* (2010) 21 (Suppl 1):S181–S196
- Marocco, R., 1991. Evoluzione tardopleistocenica-olocenica del delta del F. Tagliamento e delle Lagune di Marano e Grado (Golfo di Trieste). *Il Quat.* 4, 223–232.
- Ogorelec, B., Misic, M., Faganeli, J., Sercelj, A., Cimerman, F., Dolenc, T., Pezdic, J., 1984. Quaternary sediment of the borehole V-3 in the Bay of Koper. *Slov. Morje Zaledje, Ljubljana* 6/7, 165–186.
- Ogorelec, B., Misic, M., Faganeli, J., 1991. Marine geology of the Gulf of Trieste (northern Adriatic): sedimentological aspects. *Mar. Geol.* 99, 79–92.
- Ogorelec, B., Faganeli, J., Misic, M., Cermelj, B., 1997. Reconstruction of paleoenvironment in the Bay of Koper (Gulf of Trieste, northern Adriatic). *Annales* 11, 187e200.
- Preti, M., 1999. The Holocene transgression and the land–sea interaction south of the Po delta. *G. Geol.* 61, 143–159.

Per il Consorzio S.T.E.R.N.

Roberto Ricci Maccarini

CONSORZIO S.T.E.R.N.

Via Marie Curie, 17

39100 BOLZANO

C.F. e P.IVA: 02945340210

