

WaltherPark

Piazza Walther Von Vogelweide 22, Bolzano (BZ)

ANALISI STRUMENTALE A SUPPORTO DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO DELL'OPERA (Ai sensi del D.Lgs 81/08 e s.m.i.)

AREA: Via Alto Adige, Via Mayr Nusser, Piazza Walther - Bolzano

• ANALISI STRUMENTALE GEOFISICA

GEOSIDE GEOFISICA snc

TITOLO ELABORATO:					DATA:
RELAZIONE TECNICA					07.03.2019
CODIFICA ELABORATO					
STR	0138	RTC	001	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@consorzioestern.it PEC: consorzioestern@pec.it p.IVA: 02945340210 numero REA: 218776			 VINCA srls / vGmbH Via Marie Curie, 17 – 39100 Bolzano (BZ)  GEOSIDE snc Contrà Borgo Sole 19, 35013 Cittadella (PD)  BORD srl via Longhin, 83 – 35129 Padova (PD)  ECOGAIA SRL Via Cantù 2B - 35010 Cadonoghe (PD)		
REV. N.	DATA	DESCRIZIONE	RED.	APPR.	
00	07.03.2019	PRIMA EMISSIONE	RRM/LF	RRM	

IMPRONTA

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI BOLZANO

Dot. Ing. ROBERTO RICCI MACCARINI

NO. 1360

INGENIEURKAMMER
DER PROVINZ BOZEN

1 INDICE

1	INDICE	2
2	GENERALITA'	3
3	FINALITA'	4
4	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	5
	4.1 Legge N. 177/2012	5
	4.2 D.M. nr.82 del 11 maggio 2015 (Regolamento attuativo messa in sicurezza)	6
5	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	7
6	ANALISI STRUMENTALE.....	8
	6.1 METODOLOGIA DELLE OPERAZIONI DI RILIEVO ED ACQUISIZIONE DEI DATI	9
	6.2 METODOLOGIE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATE	10
	6.2.1 INDAGINI MAGNETOMETRICHE	10
	6.2.2 INDAGINI GEORADAR	16
	6.2.3 RILIEVO TOPOGRAFICO	20
	6.3 ANALISI ED ELABORAZIONE DEI DATI.....	22
	6.3.1 DATI MAGNETICI	22
	6.3.2 DATI RADAR	22
	6.3.3 DATI TOPOGRAFICI	22
	6.4 RISULTATI	23
7	VALUTAZIONI FINALI	27
8	APPENDICE FOTOGRAFICA INDAGINE STRUMENTALE	29

2 GENERALITA'

Il **Consorzio S.T.E.R.N.** è stato incaricato dalla Committenza – Waltherpark S.p.A. - di eseguire un'attività di supporto tecnico amministrativo alla valutazione del rischio bellico residuo, prevista ad onere e cura del Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione, al fine di consentire allo stesso la definizione del livello di rischio applicabile all'intervento progettuale, ai sensi del T.U.S. 81/2008 come emendato dalla legge 177/2012, presente per l'area interessata in Via Alto Adige presso la città di Bolzano.

L'attività di supporto alla valutazione di rischio bellico residuo consta, nel presente caso, in una campagna di indagini strumentali per 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 snc**, anch'essa consorziata.

L'obiettivo della valutazione è quello di fornire, alla figura normativamente preposta alla valutazione del rischio bellico residuo, un supporto tecnico, secondo la specifica tecnica di seguito descritta. La valutazione, 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.

Accertato in via preventiva che il territorio in esame non è stato estraneo ad eventi bellici, l'obiettivo della presente campagna di misure è quello di fornire alle persone preposte alla Valutazione del Rischio (CSP) uno strumento in grado di indagare la possibile presenza di anomalie dovute alla presenza di masse tipo riconducibili a potenziali ordigni bellici.

Le tecniche di prospezione geofisica valutate più efficaci e messe in atto per il caso specifico sono state:

- rilievo gradiometrico con sistema Gem System GSM-19;
- rilievo georadar multicanale GPR con sistema IDS (Ingegneria dei Sistemi);
- rilievo topografico per la georeferenziazione delle misure geofisiche con strumentazione Stazione Totale Image Scanner Trimble SX10.

I risultati di tale indagine sono descritti nella presente relazione e riportati nelle tavole grafiche allegate alla presente.

Sono dunque parte integrante della presente relazione anche gli elaborati grafici:

- da **STR.0138.EGR.001** da **STR.0138.EGR.006**

Le indagini sono state eseguite nelle giornate del 11-12-19-20 Febbraio 2019.

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.

La compenetrazione tra i dati documentali [analisi storiografica], lo stato di fatto sovrapposto allo stato di progetto [analisi stato di fatto] ed i dati empirici raccolti su campo [analisi strumentale] permetterà la definizione di massima del grado di rischio bellico residuo dell'area progettuale. L'analisi storiografica è eseguita mediante raccolta dati ed informazioni storiche prodotte da archivi ufficiali, escludendo informazioni non preventivamente censite, relative per esempio a memorialistica soggettiva (diari, scritti postumi) prodotta da singoli combattenti non suffragate da bibliografia ufficiale.

L'analisi documentale deve essere eseguita mediante la raccolta, integrazione, armonizzazione e valutazione complessiva dei dati messi a disposizione dalla committente, in relazione ai diversificati interventi di antropizzazione che hanno interessato o modificato il piano campagna esistente del sito oggetto di monitoraggio di campo, nel corso del periodo post bellico. Come verrà più specificatamente descritto nel seguito, non essendoci state evidenti modifiche del piano campagna dagli eventi bellici ad oggi, tale spessore può cautelativamente ritenersi esaurito ad una profondità di 7.00 m dal p.c. odierno.

L'analisi strumentale eseguita sull'area progettuale, vista la tipologia di opere antropiche previste, con relativa incidenza sotto piano di campagna consegnato, è stata eseguita con esplorazione indiretta dal piano campagna attuale esistente con analisi geofisica magnetica, mediante prospezione gradiometrica differenziale e mediante georadar multicanale, in grado di rilevare eventuali anomalie magnetiche riconducibili a massa target fino anche ad una profondità di 10.0/11.0 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 29/12/2015;
- Decreto Legislativo 81/2008 (Testo Unico Sicurezza.)
- Linee guida per la VRB del C.N.I. del 26.05.2017

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'innescio accidentale di ordigno inesplosivo rinvenuto nelle attività di scavo (allegato I.)*
- ✓ *Inserire in fase analisi rischi aggiuntivi al rischio di esplosione derivante dall'innescio 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 indagini geofisiche sono state eseguite lungo tutta via Alto Adige presso la città di Bolzano, in particolare dall’incrocio con Piazza Walther fino a via Mayr Nusser.



Immagine 1 - Ortofoto dell'area di interesse (in rosso)

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.

6.1 METODOLOGIA DELLE OPERAZIONI DI RILIEVO ED ACQUISIZIONE DEI DATI

Come anticipato nei paragrafi precedenti lo scopo del rilievo gradiometrico e georadar multicanale era l'individuazione e la mappatura dei sottoservizi e strutture, in tutte le aree di interesse, e 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:

- Georadar multicanale IDS stream X che ha consentito un rilievo di dettaglio per tutti i punti di indagine concordati con la Committenza. Su gran parte dell'area di indagine è stato necessario effettuare scansioni radar georeferenziate mediante un sistema Stazione Totale Image Scanner a causa della scarsa ricezione del segnale GPS.
- Magnetometro GEM GSM – 19 Overhauser, con il quale è stato eseguito un rilievo gradiometrico per tutte le aree concordate con la Committenza. Anche in questo caso è stato necessario georeferenziare il rilievo gradiometrico mediante un sistema Stazione Totale Image Scanner.

Per l'ubicazione delle aree indagate si rimanda alle tavole allegate 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 $0^\circ 05'$. 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.

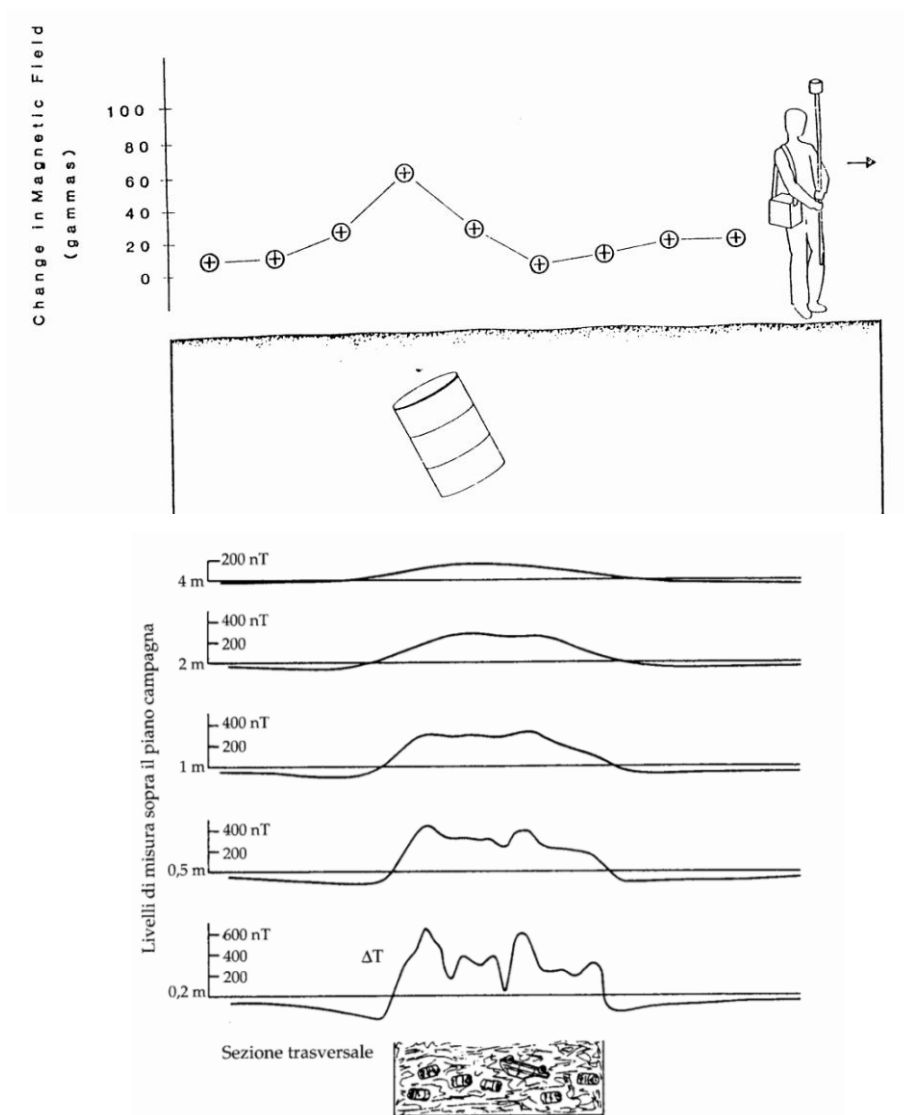


Immagine 2 - Schematizzazione del rilievo e dei dati magnetometrici

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.

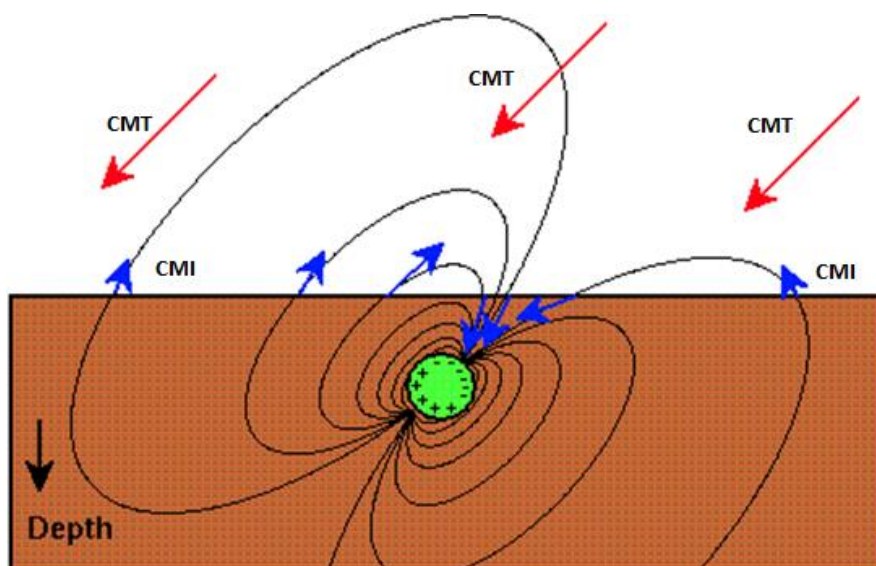


Immagine 3 - Linee di forza del Campo Magnetico Terrestre (CMT) e del Campo Magnetico Indotto (CMI) dall'anomalia

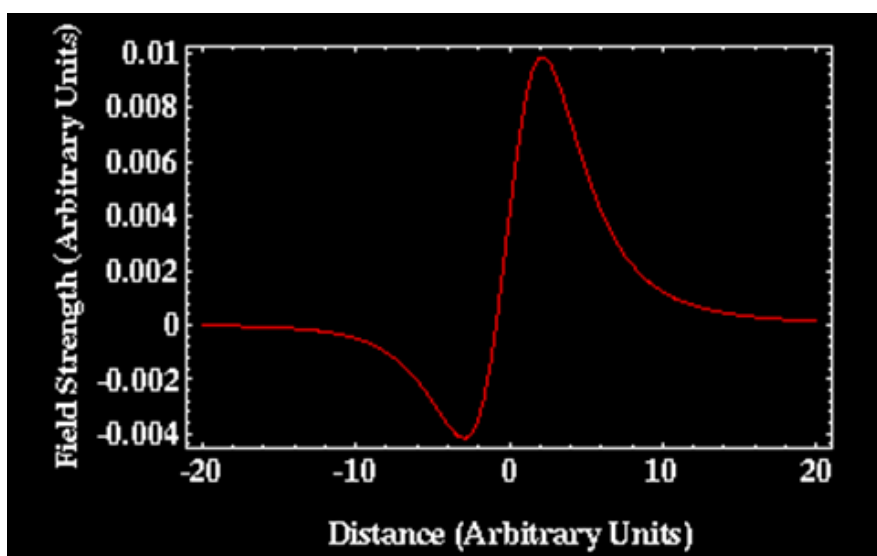


Immagine 4 - Intensità del campo magnetico per presenza di anomalia

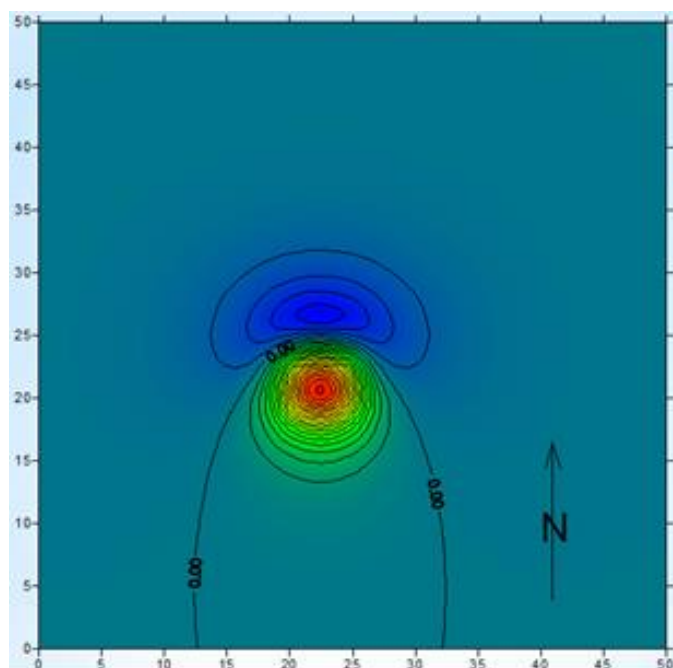


Immagine 5 - Vista in pianta di un'anomalia magnetica alle nostre latitudini

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 del presente rilievo, è stato adottato un magnetometro GEM GSM – 19 Overhausen che presenta le seguenti caratteristiche:

Sensitività	0.022 nT/1 Hz
Risoluzione	0.01 nT
Accuratezza Assoluta	± 0.01 nT
Range	200000÷1200000 nT
Tolleranza Gradiente	Fino a 10000 nT/m
Campionamento a	60+, 5, 3, 2, 1, 0.5, 0.2 sec
Temperatura di funzionamento	-40 °C ÷ + 50 ° C

Inoltre lo strumento è dotato di un sistema GPS integrato OEM (GPS Board built-in type) NovAtel con risoluzione < 1.5 m, in modalità real-time che consente di ubicare senza soluzione di continuità le misure durante il rilievo.



Immagine 6 - Consolle d'acquisizione e sensore del magnetometro GEM GSM-19 Overhauser

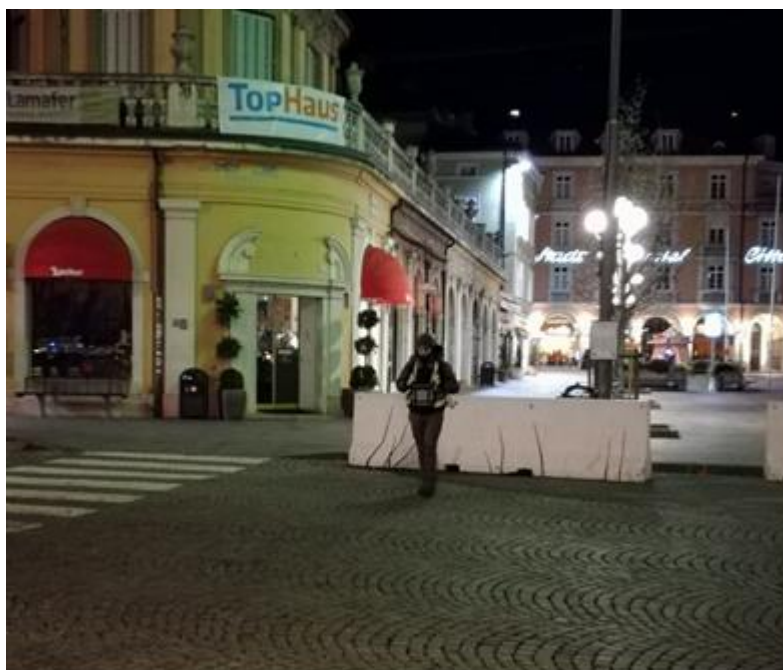


Immagine 7 - Rilievo gradiometrico con magnetometro GEM GSM-19 Overhauser

6.2.2 INDAGINI GEORADAR

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

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.



Immagine 8 - Rilievo georadar con Strumentazione IDS Stream X nelle aree di interesse

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.

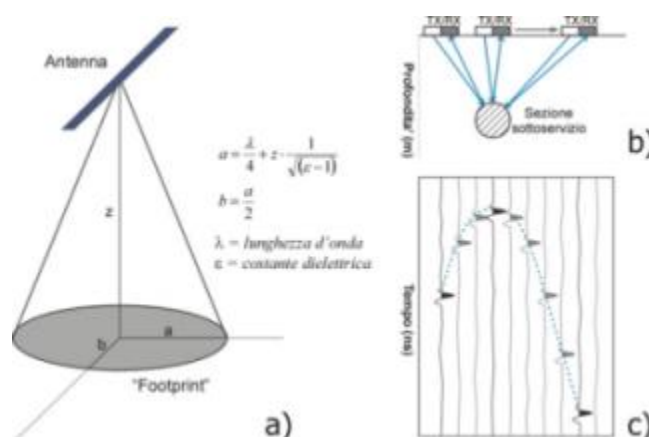


Immagine 9 - a) propagazione impulso con la profondità; b) schema di funzionamento georadar: trascinamento antenna rx/tx e c) radargramma

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.

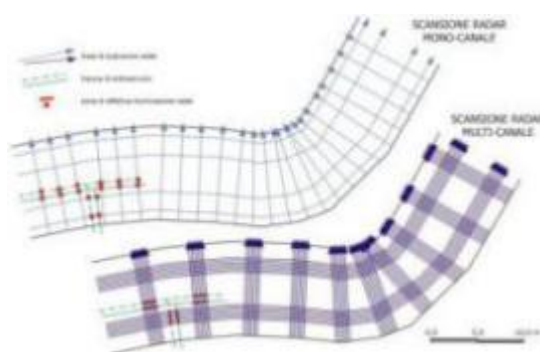


Immagine 10 - Confronto scansione radar mono-canale e multi-canale

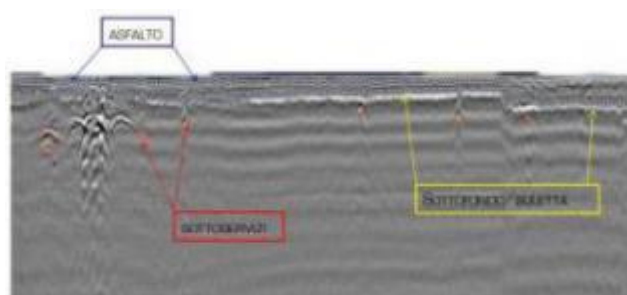


Immagine 11 - Sezione 2D da radar mono-canale.

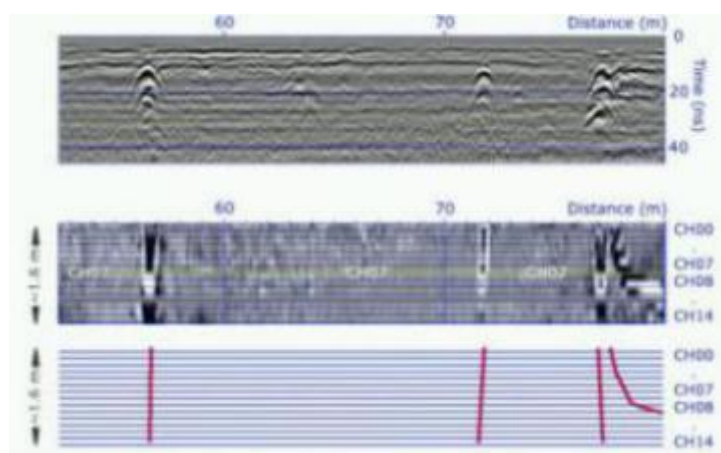


Immagine 12 - Georadar multiantenna: radargramma e planimetria.

Nello specifico per l'esecuzione dei rilievi georadar si è adottato un sistema georadar equipaggiato con un'antenna 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.

6.2.3 RILIEVO TOPOGRAFICO

Gli elementi del rilievo sono stati georeferenziati mediante rilievo con strumentazione Stazione Totale Image Scanner Trimble SX10 e mediante un rilievo topografico satellitare con strumentazione GNSS Trimble R8s in modalità Real-Time.

I punti-misura sono stati codificati in fase di memorizzazione nello strumento impiegato.

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



Immagine 13 - Sistema satellitare GNSS - Trimble R8s

Per quanto riguarda il rilievo topografico con stazione totale Image Scanner, la precisione della configurazione di misura utilizzata non è risultata inferiore ai 5 mm +1ppm in planimetria e 10 mm + 2ppm in quota



Immagine 14 – Stazione Totale Image Scanner - Trimble SX10



Immagine 15 - Esecuzione del rilievo topografico con Stazione Totale Image Scanner

6.3 ANALISI ED ELABORAZIONE DEI DATI

6.3.1 DATI MAGNETICI

I dati magnetici sono stati importati ed elaborati nei software commerciale GEM Link e importati in GIS. I dati sono stati sottoposti ai necessari filtraggi 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 gradiometrico ha consentito di ottenere una planimetria di gradiente magnetico, che fornisce un'interpretazione semi-quantitativa dell'ubicazione ed estensione di elementi ferromagnetici che possono essere presenti fino a circa 12 m dal piano campagna.

In questo modo è stata ottenuta una planimetria per isolinee del gradiente magnetico dell'area indagata.

6.3.2 DATI RADAR

Dall'analisi dei dati radar grezzi si evince come la tipologia dei suoli superficiali ha limitato la propagazione coerente dell'energia EM che penetra sino ad un massimo di circa 2.80 m dal piano campagna.

All'interno di questo strato la risposta dei bersagli, in funzione della capacità di detezione, è decisamente buona soprattutto quando i contrasti di impedenza elettrica sono adeguati.

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 0.10 m/ns, che è stata stimata analizzando la curvatura di alcuni iperboloidi di riflessione.

L'errore strumentale del dato radar nella stima della profondità dell'estradosso delle tubazioni è di 5 cm + 10% profondità.

6.3.3 DATI TOPOGRAFICI

Gli elementi del rilievo geofisico sono stati georeferenziati mediante rilievo topografico integrato satellitare e tradizionale 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 8 mm + 1ppm in planimetria e 15 mm + 2ppm in quota.

La restituzione e proiezione planimetrica è stata eseguita attraverso il software topografico Trimble Business Center con conversione delle coordinate native WGS 84 in sistema UTM Fuso 32 (WGS84); 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 Egm 2008.

6.4 RISULTATI

Le indagini georadar effettuate hanno permesso di ottenere un set di informazioni ad altissima risoluzione delle aree indagate; hanno permesso di mappare il primo sottosuolo dell'area di interesse con un'ottima coerenza del segnale fino ad una profondità di circa 2.80 m dal pc.

Nelle tavole allegate si riportano le planimetrie con indicate le anomalie georadar per tutta l'area d'indagine.

Il rilievo georadar eseguito, ha consentito di mappare:

- anomalie lineari correlabili con la presenza di tubazioni (Tubazioni da GRD);
- anomalie lineari non correlabili direttamente a tubazioni (Anomalie GRD Lineari)
- anomalie areali correlabili con strutture sepolte nel sottosuolo (Anomalie GRD Areali correlabili a strutture presenti nel sottosuolo - Strutture sepolte)
- anomalie areali correlabili con chiusini/pozzetti (Chiusini pozzetti)

LEGENDA INDAGINE GEORADAR MULTICANALE:

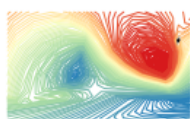


Immagine 16 - Estratto della tavola di consegna-Legenda Geoaradar

Il rilevo gradiometrico ha consentito di ottenere una planimetria di gradiente magnetico terrestre, che fornisce un'interpretazione semi-quantitativa dell'ubicazione ed estensione di elementi ferromagnetici possono essere presenti fino a circa 12 m dal piano campagna.

Si segnala che, a causa della presenza di oggetti metallici (segnaletica stradale, tombini, pali), in alcune aree il gradiente delle anomalie magnetiche è risultato fuori dalla tolleranza strumentale.

LEGENDA INDAGINE GRADIOMETRICA:



Isolinee valori gradiometrici

da +5000 nT/m a -5000 nT/m

Immagine 17 - Estratto della tavola di consegna-Legenda Gradiometro

Dall'analisi combinata con le due tipologie di rilievo, si segnalano tre anomalie magnetiche che non presentano riscontri con oggetti metallici/manufatti antropici identificabili direttamente in superficie, la cui presenza non è correlabile con strutture antropiche/ sottoservizi identificati nei dati georadar.

Tali anomalie costituiscono elementi di possibile interesse ai fini della Valutazione del Rischio Bellico.

Viene di seguito riportata la tabella con l'indicazione delle coordinate in Utm Fuso 32 (WGS84) del centro delle anomalie.

ID	EST	NORD
A1	680 688.51	5 152 047.88
A2	680 721.14	5 151 862.94
A3	680 732.38	5 151 752.09

Tabella: coordinate in Utm Fuso 32 (WGS84) del centro delle anomalie individuate

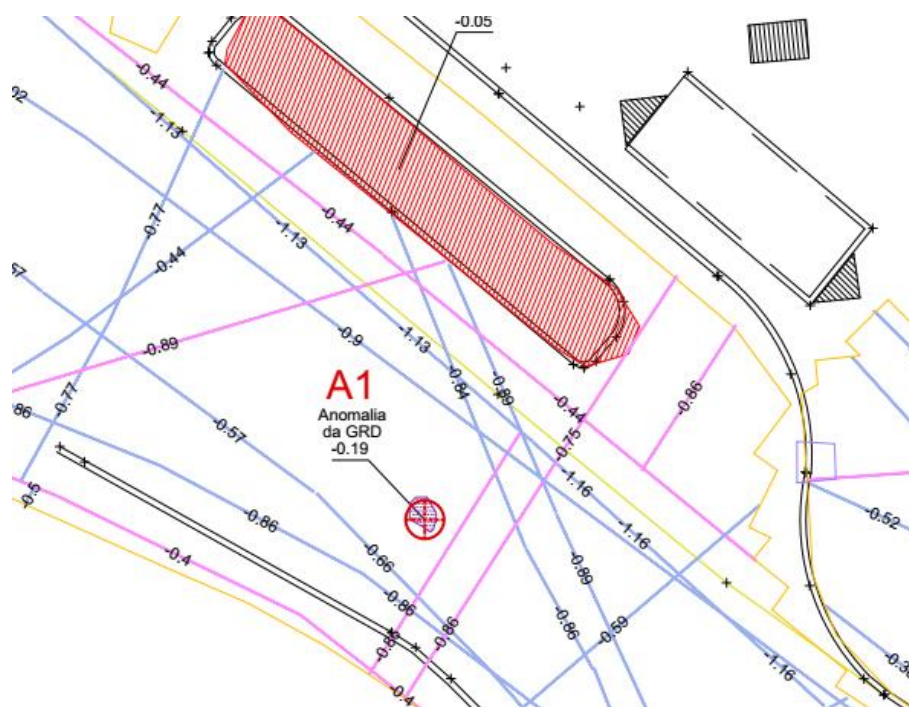


Immagine 18 - Dettaglio della TAV-A01.0_PLAN zona A GRD con ubicazione dell'anomalia A1

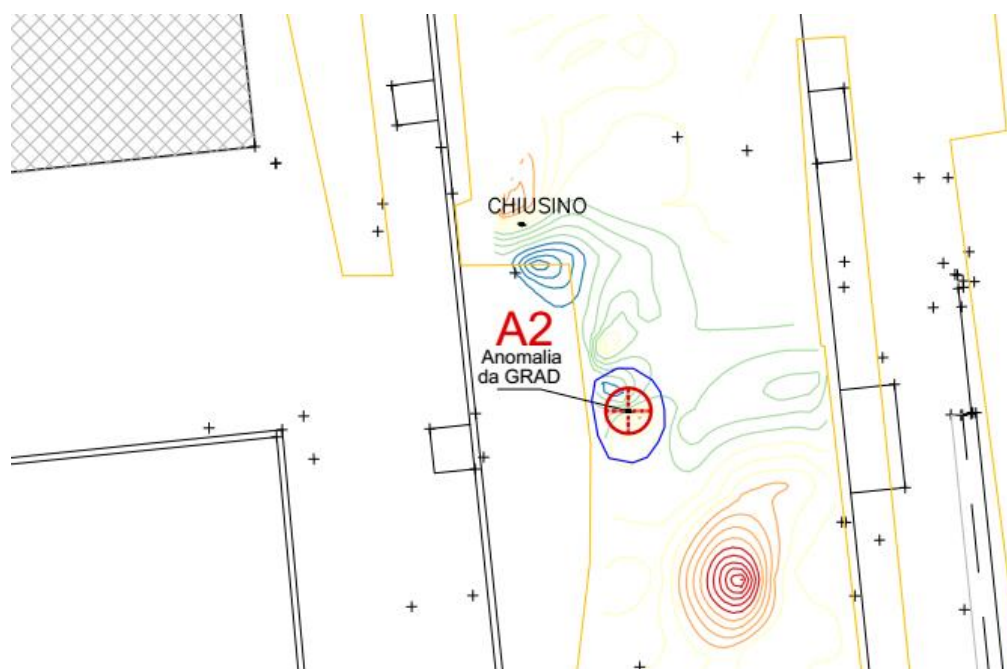


Immagine 19 - Dettaglio della TAV-A02.1_PLAN zona B GRAD con ubicazione dell'anomalia A2

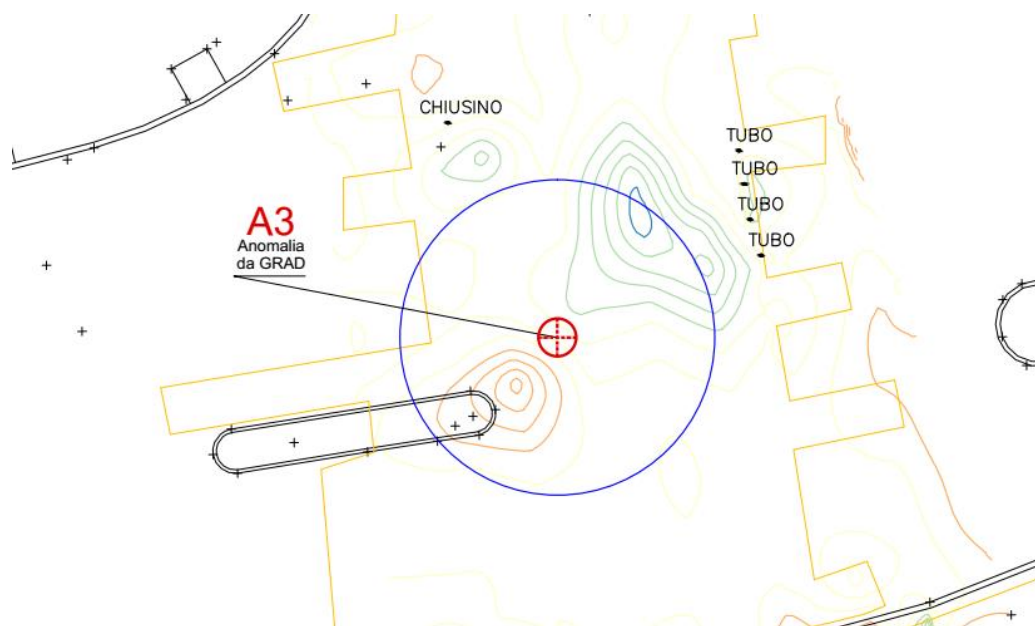
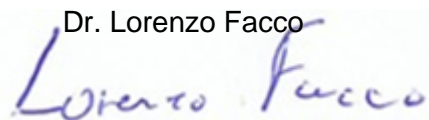


Immagine 20 - Dettaglio della TAV-A03.1_PLAN zona C GRAD con ubicazione dell'anomalia A3

Il tecnico responsabile dell'indagine geofisica

Dr. Lorenzo Facco



7 VALUTAZIONI FINALI

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.

Il primo strumento disponibile ed utilizzabile in sede di valutazione rischio bellico residuo è rappresentato dallo studio storico preliminare (analisi storiografica), qui omesso perché già noto ed acquisito.

Di fatto, l'analisi storiografica eseguita per documentare l'attività bellica sul territorio in esame, risalente al secondo conflitto mondiale, ci rappresenta l'attività bellica seguente:

- memorialistica ufficiale documenta che i territori in oggetto sono stati interessati da attività aerea intensa;

L'analisi strumentale indiretta, eseguita a supporto dell'analisi storico-documentale, ha evidenziato la presenza di nr. 3 anomalie singolari, riconducibili a masse metalliche di grosse dimensione, salvo l'indeterminatezza sotto le infrastrutture interrato, che però non erano rimovibili, come sarebbe necessario per un'indagine capillare dell'area.

Tutto ciò premesso, alla luce delle analisi fatte e a seguito di quanto esposto, limitatamente alle aree nell'immediato intorno delle tre anomalie individuate, e che sono riportate negli elaborati grafici allegati, 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).

Per tutte le restanti aree indagate, invece, 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).

Indipendentemente dalla presente valutazione, si rammenta comunque che, qualora il CSP valuti RISCHIO NON ACCETTABILE si rende necessario attivare la procedura di bonifica (bonifica bellica sistematica preventiva).

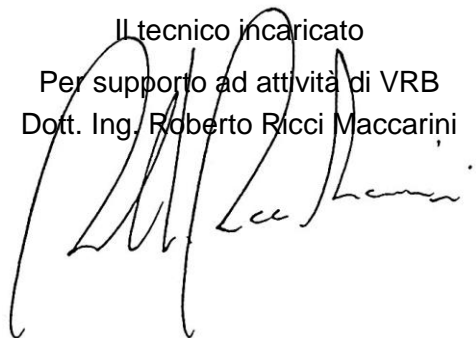
Qualora il CSP valuti RISCHIO ACCETTABILE, non è necessario attivare la procedura di bonifica, ma è comunque opportuno che preveda una procedura ben precisa che impieghi e lavoratori

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, 07.03.2019

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

A large, stylized handwritten signature in black ink, corresponding to the name Roberto Ricci Maccarini.

8 APPENDICE FOTOGRAFICA INDAGINE STRUMENTALE

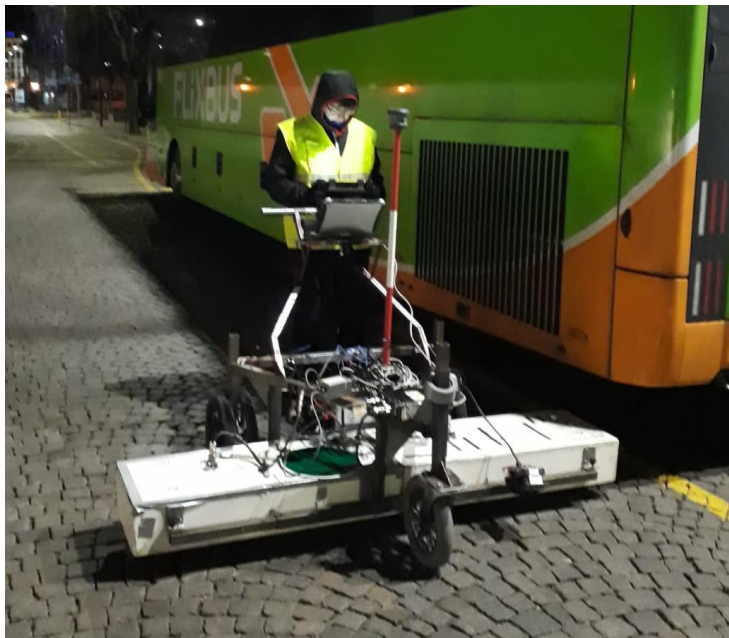


Foto – Esecuzione del rilievo Georadar



Foto – Esecuzione del rilievo Georadar



Foto – Esecuzione del rilievo Georadar



Foto – Esecuzione rilievo topografico tramite Stazione Totale Image Scanner



Foto – Rilievo gradiometrico con magnetometro GEM GSM-19 Overhauser



Foto – Rilievo gradiometrico con magnetometro GEM GSM-19 Overhauser