



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Scuola di Scienze
Dipartimento di Geoscienze
Direttore Prof.ssa Cristina Stefani

TESI DI LAUREA TRIENNALE IN
SCIENZE GEOLOGICHE

ANALISI GEOGRAFICO-MILITARE DELLA LINEA DEL FRONTE LUNGO UN TRATTO DELLA PIAVE NUOVA (Prima Guerra Mondiale, Battaglia del Solstizio)

Relatore: Prof. Aldino Bondesan

Correlatori: Dr. Roberto Francese, Dott. Dino Casagrande

Laureando: Erik Schievenin

ANNO ACCADEMICO 2013 / 2014

Indice

Introduzione	4
Inquadramento	6
1. Inquadramento geografico.....	6
2. Inquadramento geologico	7
3. Inquadramento geomorfologico	11
4. Inquadramento storico.....	12
L'uso degli argini durante la guerra.....	16
Il ripristino del fronte nel Dopoguerra	18
Strumenti e Metodi	19
Il lavoro svolto in Gis	20
Il lavoro svolto in campagna.....	24
Risultati e Discussione	27
Descrizione della carta	27
Prospezioni geofisiche.....	31
Conclusioni	41
Bibliografia	42
ALLEGATO:	
TAVOLA 1: carta geografico-militare dell'area studiata (San Donà di Piave, VE)	
TAVOLA 2: carta geografico-militare dell'area di Chiesanuova (San Donà di Piave, VE)	
TAVOLA 3: carta geografico-militare dell'area del Lungopiave Inferiore (San Donà di Piave, VE)	
TAVOLA 4: carta geografico-militare dell'area del Lungopiave Inferiore (San Donà di Piave, VE)	
TAVOLA 5: carta geografico-militare dell'area del Lungopiave Superiore (Musile di Piave, VE)	
TAVOLA 6: carta geografico-militare dell'area dell'Argine San Marco Superiore (Musile di Piave, VE)	
TAVOLA 7: carta geomorfologica dell'area studiata (San Donà di Piave, VE)	
TAVOLA 8: carta geomorfologica dell'area di Chiesanuova (San Donà di Piave, VE)	
TAVOLA 9: carta geomorfologica dell'area del Lungopiave Inferiore (San Donà di Piave, VE)	
TAVOLA 10: carta geomorfologica dell'area del Lungopiave Inferiore (San Donà di Piave, VE)	

Introduzione

Il presente lavoro nasce con l'intento di condurre un'analisi geografico – militare nell'area del Basso Piave, lungo il tratto del corso del fiume Piave che da San Donà di Piave (VE) arriva a Eraclea (Piave Nuova o Taglio di Cortellazzo), e lungo il tratto superiore della Piave Vecchia che porta a Caposile.

La zona del Basso Piave fu teatro della “Battaglia del Solstizio”, chiamata anche “Seconda Battaglia del Piave”, quando, nel giugno del 1918, le truppe austro – ungariche al comando del generale Borojevic, sferrarono l'ultima grande offensiva contro l'esercito italiano lungo il fronte del Piave (Operazione Albretcht), contenuta dalla tenace resistenza dell'esercito italiano. Durante la battaglia vi fu un forte impiego dell'artiglieria pesante che aprì innumerevoli crateri sugli argini e a ridosso degli stessi.

Il lavoro si è sviluppato in diverse fasi, attraverso la fotointerpretazione (confrontando le foto aeree scattate nel 1917-18 e quelle recenti), con sopralluoghi sul campo, e con l'analisi e la sintesi della cartografia sia storica che geologico-geomorfologica disponibile.

Su un punto in prossimità di Chiesanuova-Passarella sono state inoltre condotte indagini geofisiche ed elettromagnetiche per l'identificazione delle opere campali sepolte.

Tutti i dati raccolti son stati archiviati ed elaborati con l'impiego di un software Gis, che ha permesso di realizzare una cartografia tematica dell'area di studio, rappresentando e analizzando in dettaglio le disposizioni difensive che si erano adottate lungo i fronti (in rapporto al rilievo e al tipo di substrato) durante la Prima Guerra Mondiale.

Inquadramento

1. Inquadramento geografico

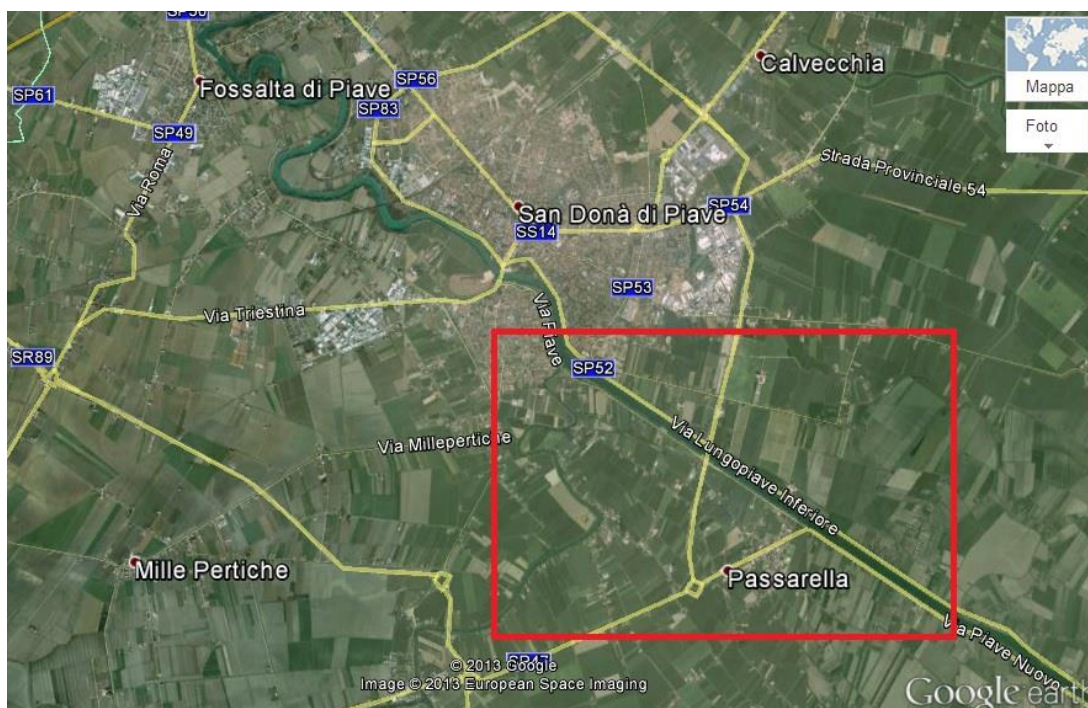


Figura 1: Area oggetto di studio

L'area presa in esame si estende su una superficie di circa 8 km², ed è ubicata tra i comuni di San Donà di Piave e Musile di Piave, nella parte settentrionale della provincia di Venezia. In questi luoghi passava la linea del fronte durante la Battaglia del Solstizio nel giugno del 1918.

La zona, situata nella bassa pianura veneta, si presenta essenzialmente pianeggiante con un andamento generale pendente verso il mare da Nord-Ovest e Sud-Est. Il territorio è attraversato dal fiume Piave, che dal centro di San Donà di Piave si divide in due diramazioni; la più orientale è costituita dal Taglio di Cortellazzo (alla quale è aggregata la direttrice del Taglio da Re) e la più occidentale della Piave Vecchia (che si immette nel vecchio alveo del Sile). Gran parte dello studio si è concentrato lungo gli argini del fiume Piave, e in parte anche nella Piave Vecchia, per la presenza diffusa di trincee e linee difensive.

La Piave Nuova scorre verso il mare in un alveo monocursale, in buona parte modificato artificialmente, fluendo forzatamente in alvei di limitata capacità e in arginature ristretti sui piani di campagna.

2. Inquadramento geologico

L'area presa in esame fa parte della porzione di pianura alluvionale del fiume Piave, che si è formata in diverse fasi tra il Pleistocene superiore e l'Olocene. Più precisamente ci troviamo nell'ala distale orientale del megafan di Nervesa, formatosi durante l'ultimo massimo glaciale, quando cioè la linea di costa dell'Adriatico era leggermente più avanzata e i fiumi alpini possedevano portate molto più elevate di oggi a causa della grande disponibilità di acqua e sedimenti fornita dai ghiacciai. Le oscillazioni relative del livello marino hanno comportato arretramenti e trasgressioni del margine interno delle lagune e modulato le fasi di deposizioni fluviali, legate sia alle variazioni del livello di base che alla dinamica sedimentaria del bacino.

Gran parte del territorio appartenente al dosso attuale del fiume, si trova a quote di 1-2 metri superiori al resto della pianura (le quote variano da 7 a -2 m.s.l.n.), con granulometrie grossolane, mentre, allontanandoci dal corso del fiume verso le quote più basse, si riscontrano terreni a granulometrie più fini e a drenaggio difficoltoso.

L'assetto geologico generale è costituito interamente dall'unità geologica di San Donà di Piave (*vedi figura 2*), trattato dalla Carta delle Unità Geologiche della Provincia di Venezia (*Bondesan et alli, 2008*).

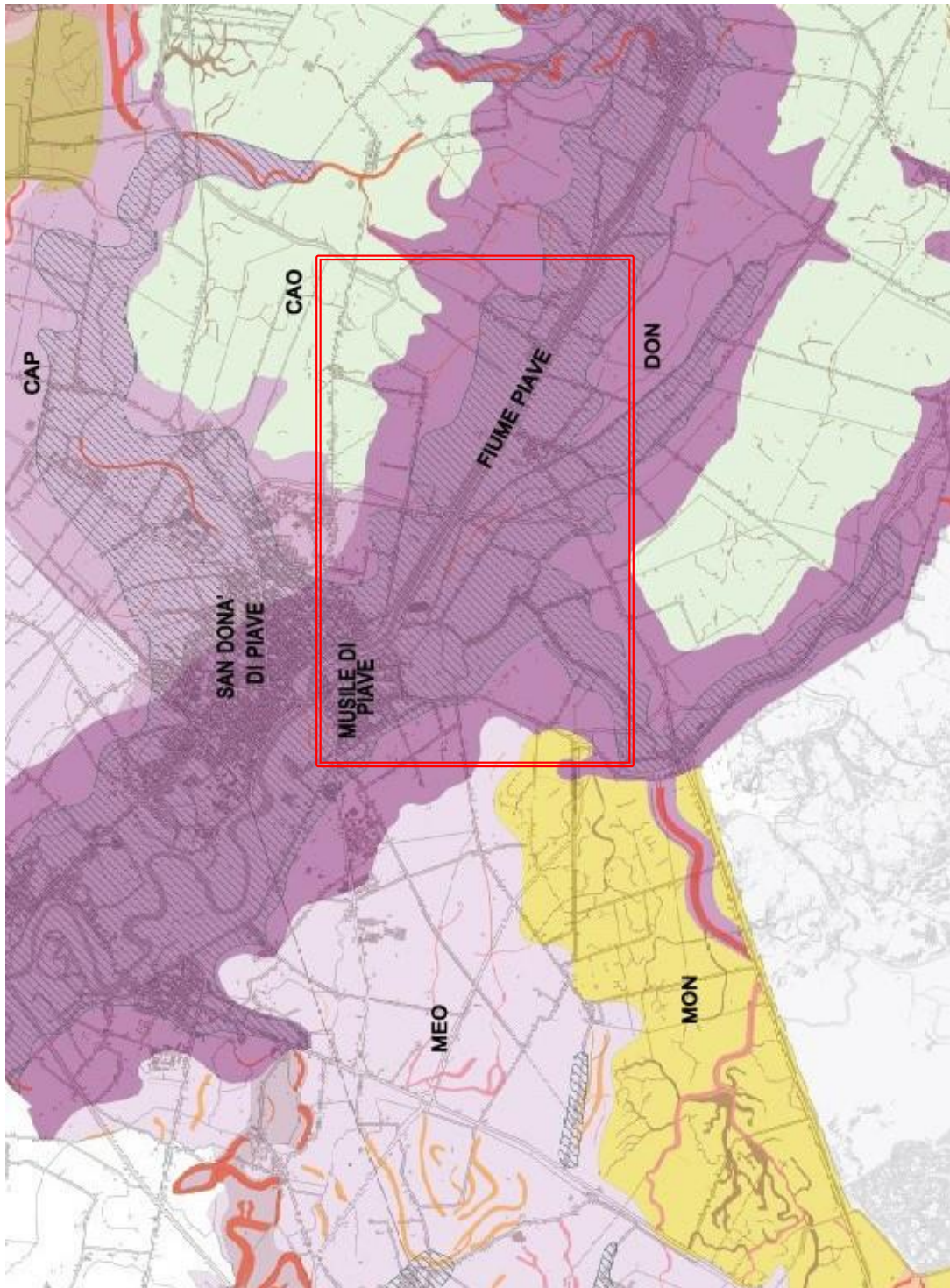


Figura 2: Stralcio della Carta delle Unità Geologiche della Provincia di Venezia, con evidenziato l'area di studio (Bondesan et alii, 2008)

SISTEMA ALLUVIONALE DEL PIAVE

- DON** UNITA' di S. DONA' DI PIAVE *OLOCENE sup. (precedente al periodo romano - Attuale)*
 Depositi alluvionali legati al dosso principale pre-romano a monte di S. Donà di Piave e ai dossi delle direttrici moderne e attuale del Piave. Sabbie, sabbie limose, limi sabbioso-argillosi e limi corrispondenti a depositi di canale (spessi fino a 20 m) argine e ventaglio di rotta fluviale. Argille e argille limose, talora con sostanza organica, sono rappresentative di depositi di piana di esondazione.
- CAP** UNITA' di CAPOSILE *OLOCENE sup. (XVI sec. a.C. - precedente al periodo romano)*
 Depositi alluvionali costituiti da sabbie e sabbie limose di canale con spessore di almeno 3 m; al tetto presenza di limi, limi argillosi e argille limose, talora con sostanza organica e livelli di torba, corrispondenti a facies di canale abbandonato e di piana inondabile.
- CIT** UNITA' di CITTANOVA *OLOCENE sup. (fine IV millennio a.C. - IV-V sec. d.C.)*
 Depositi alluvionali appartenenti a facies di alveo e argine fluviale e, solo secondariamente, di piana di esondazione. I sedimenti sono costituiti da sabbie e sabbie limose di canale spesse almeno 5 m; limi, limi argillosi e argille limose, talora con sostanza organica e livelli di torba, rappresentano depositi di canale abbandonato e di piana inondabile o palude.
- LOS** UNITA' di LOSSON *OLOCENE medio - sup. (precedente al IV millennio a.C.)*
 Depositi alluvionali costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose di canale attivo, sigillati da sequenze limoso-argillose e palustri legate alla disattivazione dei meandri. Sono depositi rappresentativi di una unità incisa rispetto alla pianura pleistocenica, caratterizzata da alvei a percorso meandriforme. Al fondo dei canali presenza di ghiaie. La profondità dei canali è circa 8-10 m.
- MEO** UNITA' di MEOLO *PLEISTOCENE sup. (Last Glacial Maximum)*
 Depositi alluvionali costituiti prevalentemente da limi e limi argillosi di piana di esondazione talvolta alternati a sottili livelli di sabbie e sabbie limose; sabbie limose e limi sabbiosi, di argine e di ventaglio di rotta fluviale, e da sabbie di canali *braided* sabbiosi. Talvolta sono presenti orizzonti pluricentimetrici di argille, limi organici e torbe. Lo spessore dell'unità ha un valore medio di circa 20 m ma può raggiungere anche i 30 m.

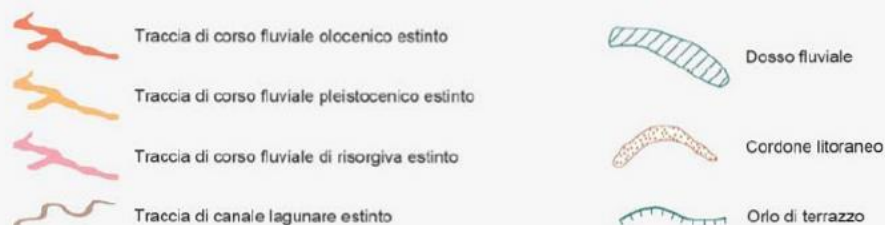
SISTEMA ALLUVIONALE DEL SILE

- POR** UNITA' di PORTEGRANDI *OLOCENE sup. (I millennio a.C. - Attuale)*
 Depositi alluvionali costituiti da sabbie fini limose e limi variamente sabbiosi di canale attivo, argine e ventaglio di rotta fluviale del dosso del Sile. Limi argillosi costituiscono le porzioni più distali del dosso e il riempimento dei canali abbandonati. L'unità raggiunge spessori massimi di circa 4 - 5 m.

SISTEMA LAGUNARE - PALUSTRE

- CAO** UNITA' di CAORLE *OLOCENE medio - sup. (VI millennio a.C. - Attuale)*
 Depositi lagunari costituiti da limi argillosi, argille o limi sabbiosi poco consolidati; i canali sono riempiti da sabbie e limi sabbiosi. Localmente, sono presenti orizzonti torbosi e argilloso organici di spessore decimetrico. Presenza di molluschi lagunari frammentati e interi (*Cerastoderma*, *Loripes*, *Bittium*). Lo spessore raggiunge i 10 m presso il margine costiero e si chiude verso l'interno.
- MON** UNITA' di MONTIRON *OLOCENE sup. (I millennio a.C. - Attuale)*
 Depositi lagunari costituiti da argille limose e limi argillosi spesso torbosi, rappresentativi di facies di fondo lagunare, piana intertidale e palude salmastra. Presenza di molluschi lagunari frammentati e interi (*Cerastoderma*, *Loripes*, *Bittium*). I depositi passano lateralmente e verticalmente a depositi deltizi dei fiumi che sfociavano in laguna. Lo spessore massimo è di circa 3 m.

PRINCIPALI ELEMENTI MORFOLOGICI



ALTRI SIMBOLI

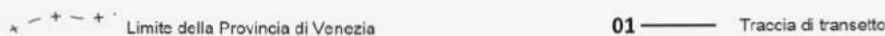


Figura 3: Legenda della Carta precedente (Bondesan et alii, 2008)

Sono presenti anche altre unità geologiche, ma di minor interesse per i nostri studi nell'area interessata, e sono le seguenti:

- L'Unità di Meolo corrispondente alla porzione di pianura collocata tra i dossi del Sile e del Piave, molto blandi, di tessitura sabbiosa, separati in superficie da piane alluvionali a tessitura prevalentemente limoso-argillosa.
- L'Unità di Caposile caratterizzata da depositi alluvionali costituiti da sabbie e sabbie limose di canale con spessore di almeno 3 metri, al tetto sono presenti limi o limi-argillosi, che corrispondono a facies di canale abbandonato e di piana inondabile.
- L'Unità di Montiron costituita da depositi lagunari caratterizzati prevalentemente da facies di fondo lagunare e di palude salmastra (barene), con evidenza di fluttuazioni nella salinità dell'acqua legate all'alternò inlusso dei fiumi che sfociavano in laguna.
- L'Unità di Caorle è quella maggiormente presente nella bassa pianura veneta, e coincideva con le zone lagunari che nel XIX secolo furono bonificate; i sedimenti contenuti passano da limi-argillosi, argille, limi-sabbiosi e sabbie.

La più importante è l'Unità di S. Donà di Piave relativa all'ampio dosso del Piave e alle sue due diramazioni citate precedentemente. Le età, e di conseguenza lo spessore dei depositi superficiali relativi al dosso, son diverse: ad esempio il tratto a monte del comune di San Donà risulta molto più antico rispetto alle zone circostanti (per lo meno pre-romano), l'inizio della formazione del ramo della Piave Vecchia risale al VI secolo d.C., come testimoniato dalla torba, datata alla base del dosso in prossimità di Caposile, che ha fornito un'età calibrata pari a 530-680 d.C..

L'alveo attuale del Piave, terminato nel 1664, scorre rettilineo fino a Eraclea, dove il tracciato si inserisce in un più antico percorso a meandri.

Il modello geologico prevede un dosso con tessitura sabbioso-limoso, di spessore e ampiezza variabili, allineato lungo le direttrici fluviali. Più in profondità, più corpi di canale si alternano a sedimenti fini di piana alluvionale, mostrando una eteropia di tipo laterale; orizzonti centrimetrici suborizzontali testimoniano paleo superfici correlabili lateralmente anche per alcuni chilometri. Le successioni di origine alluvionale son caratterizzate da una grande variabilità sia in senso orizzontale sia verticale.

La successione verticale precede per i primi 4-5 metri di profondità sedimenti di origine alluvionale (depositati dal Piave) seguiti in basso da sedimenti di ambiente palustre-lagunare. I primi affiorano lungo le direttrici del corso del fiume e sono costituiti da corpi sabbiosi e sabbioso-limosi, alternati da sedimenti limoso-argillosi, di piana distale e aree di intradosso. I secondi sono limi argillosi, argille e limi sabbiosi, generalmente organici, che affiorano ai piedi del dosso del fiume, cioè nelle aree inferiori al livello medio del mare.

Spesso si rinvengono su sequenze di limi organici decimetrici con macroresti vegetali o orizzonti torbosi.

3. Inquadramento geomorfologico

L'area oggetto di studio è caratterizzata da una morfologia pianeggiante con quote che variano da circa 8,5 m s.l.m. della parte nord-occidentale in corrispondenza del dosso fluviale del fiume Piave (ma alcuni punti degli argini principali del F. Piave raggiungono oltre 14 m) a quote inferiori al livello del mare della parte orientale (con aree a quote fino a circa -2,2 m s.l.m.), dove l'aspetto è quello tipico di una pianura soggetta a bonifica, che degrada verso sud-est in una piana alluvionale..

Come citato precedentemente, la geomorfologia della zona è stata condizionata fortemente dal basso corso del Piave, in conseguenza delle sue numerose divagazioni, naturali e artificiali.

Anche se le antiche forme presenti sono parzialmente riconoscibili (poiché alterate dai diversi interventi di urbanizzazione, dall'attività agricola o per via degli interventi sulla rete fluviale e di bonifica), il rilievo presente è stato originato dal modellamento della pianura da parte dei processi erosivi e di deposizione fluviale.

Nella zona di studio sono stati rilevati diversi dossi, che sono:

- Il dosso del Piave, con i suoi 2-3 chilometri di ampiezza e un'altezza di circa 3 metri rispetto alla campagna circostante, si estende da nord-ovest a sud-est.
- Il dosso del Taglio del Re, che scorre parallelo e si collega al corso del Piave attuale.

- Il dosso della Piave Vecchia, localizzato in un antico ramo del fiume che attraversava il margine settentrionale della laguna di Venezia e sfociava in mare nei pressi di Cavallino.

La formazione di questi dossi è collegata principalmente alla sedimentazione sabbioso-limosa avvenuta nei canali dei rami del Piave tra l'Olocene e i giorni nostri. Solo i dossi più antichi sono naturali, come quello della Piave Vecchia. Questi presentano ai lati della struttura sedimentaria una deposizione molto fine, con limi-argillosi (legati alle piane di esondazione) e con limi-sabbiosi (legati alle zone arginali). Presso i corsi d'acqua principali, in particolar modo sul Piave, spiccano dei rilevati stradali (insistono maggiormente sugli argini) e degli argini dei canali recettori della rete di bonifica, che possono ostacolare il deflusso superficiale, formando aree intercluse a deflusso difficoltoso.

Nelle porzioni meridionali o orientali della zona studiata si possono trovare dei paleoalvei in prossimità delle aree più depresse, testimoniando il sistema di lagune presente stabilmente in quelle aree fino alla fine del 1800.

Nel territorio son rilevabili inoltre dei ventagli di esondazione, che si formano per opera di acque che fuoriescono da un alveo fluviale nei momenti di piena, o per rottura o trancimazione degli argini. Spesso son difficili da individuare, dato che concorrono alla formazione dei dossi fluviali, incorporandosi completamente a essi.

4. Inquadramento storico

Dopo la disfatta di Caporetto, avvenuta nell'ottobre 1917, lo Stato Maggiore Italiano in accordo con l'alto comando, decise di impostare la nuova linea sul Piave ordinando allo stesso tempo l'arretramento delle armate poste sulle linee avanzate, come la Carnica e la Giulia. Con il ritiro dalla guerra della Russia, nella primavera del 1918 l'Austria-Ungheria ebbe la possibilità di recuperare una notevole massa di forze da impiegare sul fronte italiano, favorendo in tal modo la capacità offensiva dell'esercito austro-ungarico, invogliata prima di tutto dai successi tedeschi conseguiti sul fronte franco-inglese, ma soprattutto per conseguire la completa disfatta militare dell'Italia.

Il lancio della grande offensiva doveva tenersi nel tratto fra la Valdastico e il mare, da parte del generale Arz von Straussenburg, capo di stato maggiore dell'esercito austriaco, che con la più assoluta fiducia nel successo dell'impresa, preparò un piano operativo che prevedeva: una manovra a tenaglia con uno sforzo principale a cavallo del fiume Brenta, tendente a sfondare il fronte montano, raggiungere la pianura fra Vicenza e Castelfranco per prendere alle spalle le armate italiane schierate sul Piave, mentre la branca meridionale della tenaglia, costituita dal Gruppo di Armate dell'Isonzo, con un attacco coordinato e contemporaneo a quello montano, aveva il compito di colpire Treviso ed arrivare fino a Padova.



Figura 4: Carta storica dove si mostra il posizionamento delle artiglierie italiane e austro-ungariche alla fine della Battaglia del Solstizio (<http://www.lagrandeguerra.net/>)

Le forze austro-ungariche, sotto il comando del generale von Arz, erano suddivise in due gruppi di armate:

- il Gruppo d'Armata del Tirolo al comando del feldmaresciallo Conrad, ex capo di stato maggiore dell'esercito austriaco, che con la 10^a e 11^a armata si

stanziava sul fronte dello Stelvio – Trentino – Montegrappa, con limite di settore a Fener.

- Il Gruppo d'Armata del Piave al comando del feldmaresciallo Boroevic, che con la 5^a e 6^a Armata si schieravano dal Monfenera al mare Adriatico, con limite di settore al Ponte della Priula.

Con un anticipo di due giorni, fu possibile prevedere l'attacco al Passo del Tonale (chiamata operazione Lawine), che accompagnato da azioni diversive, come quella in Val Lagarina, avevano il solo ed unico scopo di attirare le forze italiane in quel settore del fronte.

L'acceso antagonismo esistente fra i generali Conrad e Boroevic, sul chi dovesse decidere le sorti della battaglia, trasformarono il piano iniziale in due offensive, condotte con forze pressoché equivalenti e quindi incapaci di raggiungere il successo sperato, poiché se il piano fosse stato attuato come stabilito inizialmente, avrebbe permesso all'esercito avversario di raggiungere la pianura dopo uno o due giorni di combattimenti.

Le forze italiane contrapposte erano così ripartite:

- la 7^a Armata schierata dallo Stelvio al Garda, la 1^a Armata schierata dal Garda alla Valdastico, la 6^a Armata (tenente generale Luca Montuori) dalla Valdastico alla Valle del Brenta, la 4^a Armata (tenente generale Gaetano Giardino) schierata dalla Valle del Brenta a Pederobba, tutte di fronte all'11^a Armata del Generale Conrad.
- L'8^a Armata (tenente generale Giuseppe Pennella) schierata da Pederobba a Palazzon e la 3^a Armata (S.A.R. Emanuele Filiberto di Savoia) da Palazzon al mare, contrapposte alle armate del Generale Boroevic.

L'esercito austriaco, su un fronte di 140 chilometri dall'Astico al mare, disponeva di 50 divisioni contro le 41 italiane, di 5470 pezzi di artiglieria contro i 5100 italiani e di un maggior numero di mitragliatrici, specie quelle leggere.

I comandi italiani avevano compreso le intenzioni nemiche e riuscirono a prendere delle contromisure contro l'offensiva avversaria, che iniziò il 15 giugno sotto il nome di operazioni "Radetzky" e "Albrecht". La prima fu avviata sull'Altopiano di Asiago e sul Monte Grappa, mentre la seconda contro il Montello e il Basso Piave, dove furono impiegate anche le granate a gas oltre che al fuoco di artiglieria.

L'artiglieria italiana riuscì ad anticipare e contenere l'attacco avversario, provocando cospicue perdite, specialmente ai pontoni di barche montati sul Piave e sui centri di comando, incidendo in maniera determinante sullo sviluppo dell'intera offensiva.

Le truppe del generale Conrad vennero arrestate totalmente sull'Altopiano dei Sette Comuni e sul Monte Grappa, mentre lungo il Piave in pianura, l'esercito austro-ungarico riuscì a costruire una robusta testa di ponte sul Montello:

le divisioni avversarie (la 17^a, la 31^a e la 13^a Schutzen) al comando del generale Ludwig Goiginger superando il Piave a Falzè, conquistarono parte del Montello, terreno che si estendeva da Casa Favèr fin alla Giavera, ma grazie ai violenti contrattacchi delle artiglierie da parte delle divisioni italiane (la 47^a, 48^a, 50^a, 57^a e la 60^a Divisione), costrinsero il nemico al ritiro dal Montello e il riparo dietro il fronte del Piave.

Sul fronte della 3^a Armata verso il Basso Piave, nel tratto fra Candelù e Caposile, l'esercito austro-ungarico realizzò tre teste di ponte, riuscendo ad allargarsi su un fronte di trenta chilometri di sviluppo e per una profondità di sette chilometri. Nonostante i loro continui attacchi e l'impiego di consistenti riserve non riuscirono mai a penetrare le difese italiane.

Nella notte del 23 giugno 1918, vista l'impossibilità di sfondare la linea del Piave, l'alto comando austriaco ordinò alle sue armate la sospensione dell'offensiva e il ripiegamento della sponda sinistra del Piave, sia per le difficoltà di rifornimento, sia per la piena del Fiume Piave, e sia per i continui attacchi dal parte delle artiglierie e dell'aviazione italiana. In questa epica battaglia, le perdite da parte dei vari gruppi d'Armata che presero parte all'offensiva si aggirarono intorno ai 150.000 uomini tra morti, dispersi, feriti e prigionieri. Gli italiani ebbero 6.110 caduti, 27.600 feriti e 51820 dispersi.

La Battaglia del Solstizio fu una grande vittoria per l'esercito italiano, mentre per l'esercito austro-ungarico fu l'inizio del declino.

Dal 2 al 6 luglio 1918, l'esercito italiano, con il contributo delle divisioni inglesi e francesi, avviò la controffensiva che permise di rompere il fronte nemico e di riconquistare i territori in sinistra Piave. Questa battaglia verrà ricordata con il nome di "Battaglia di Vittorio Veneto".

L'uso degli argini durante la guerra

La maggior parte delle opere militari si concentravano lungo gli argini del fiume Piave, poichè essendo rialzati dal piano di campagna e avendo un profilo uniforme su grande sviluppo, permetteva ai rispettivi eserciti l'impostazione di una solida difesa statica naturale.

I diversi interventi attuati lungo gli argini per rafforzare il fronte, agevolavano le truppe italiane e austro-ungariche durante gli scontri, dal momento che permettevano:

- un maggior effetto dell'azione di fuoco, permettendo ad esempio un efficace tiro incrociato di fucileria e armi automatiche con il fine di disorientare il nemico;
- una maggior protezione da un possibile attacco nemico sfruttando il passaggio del fiume come ostacolo;
- un'attenuazione degli effetti del tiro avversario dovuto all'argine stesso, e un vantaggio per il tiro del difensore, poichè permetteva al soldato di non esporsi troppo durante il combattimento;
- un riparo alle truppe nei periodi di attesa che precedevano l'attacco lontano dell'artiglieria nemica; inoltre per l'estensione e la direzione generalmente normale al tiro, consentiva di celare i vari spostamenti e movimenti dei soldati presso gli argini più alti.



Figura 5: Reticolato collocato in sommità arginale del Piave (<http://www.14-18.it/>)



Figura 6: Trincea passante nel corpo arginale del Piave (<http://www.14-18.it/>)

Le misure adottate per le difese sugli argini come difesa dal fuoco nemico e dal fiume, servivano prima di tutto a procurare la necessaria protezione alle truppe posizionate nelle diverse postazioni sugli argini, evitando comunque di non destabilizzare gli argini. Ciò consistevano ad esempio nella realizzazione di trincee a sezione strettissima, molto distanti le une dalle altre, rivestite e armate con telai, tuttavia non molto profonde a causa delle possibili esondazioni sarebbero potute verificare dal fiume in piena.

Il tracciato delle trincee non seguiva un andamento rettilineo, ma a zigzag, perché assicurava alle truppe una migliore protezione dal tiro di artiglieria e allo stesso tempo rendeva difficoltosa l'osservazione dell'avversario. Normalmente dietro la trincea di prima linea ne venivano realizzate, se possibile, altre due (a distanza variabile in relazione alla morfologia del terreno) al solo fine di conferire profondità allora schieramento garantendone la tenuta. Furono realizzati anche dei camminamenti, che consentivano alle truppe di passare da una linea all'altra, favorendo quei movimenti tattici e logistici che erano necessari nella vita in trincea. All'interno delle trincee furono realizzate dei ricoveri costruiti come nicchie, che servivano per i soldati in linea come riparo dalle intemperie e il riposo.

Il ripristino del fronte nel Dopoguerra

Dopo la fine della Guerra, le condizioni in cui si trovavano gli argini del Piave erano molto gravi. Per evitare che il Piave potesse esondare dagli argini, e riversarsi nelle zone circostanti devastate dalle conseguenze della guerra, il Genio Civile adottò immediatamente delle misure di ripristino del fronte. I problemi maggiori da risolvere negli argini del fiume furono (*Comando Supremo del R. Esercito, 1919*):

- le voragini prodotte dalle esplosioni delle artiglierie;
- le vaste e profonde spaccature nel terreno prodotte dai rifugi e gallerie presenti, specialmente nella sponda sinistra del fiume dove stanziavano le truppe austro-ungariche;
- le conseguenti devastazioni del terreno dovute alla presenza di ogni tipo di rottame e materiale abbandonato, dei proiettili inesplosi, e del gran numero di reticolati spinati e altre difese accessorie.



Figura 7: Lavori di ripristino presso gli argini del Piave (*Comando Supremo del R. Esercito, 1919*)

In definitiva, tutto il territorio fu principalmente modificato dall'azione del grande numero di bombardamenti tra il 1917-18.

I lavori di riparazione e la ricostruzione degli argini da parte del Genio Militare iniziarono nel novembre del 1918, partendo dallo sgombramento del materiale bellico presente nelle sommità arginali, che era stato abbandonato dalle truppe austro-ungariche durante l'offensiva italiana (furono ad esempio inizialmente demolite le torrette corazzate). Immediatamente dopo i lavori di ripristino degli argini, eseguiti in breve tempo, partirono le operazioni per il “tombamento” del fronte, cioè del colmamento delle trincee presenti nel terreno e la livellazione delle depressioni del terreno. Successivamente al lavoro di tombamento, furono impiegati i lavori di mina per demolire nei tratti di argine, i ricoveri di cemento armato o di calcestruzzo ancora esistenti. Oltre a questi lavori di ripristino, furono apportate altre operazioni di tombamento nei camminamenti presenti nelle parti laterali dell'argine, e la sistemazione delle strade preesistenti.

Strumenti e metodi

Lo studio è stato condotto attraverso l'analisi delle immagini di foto aeree scattate nel '17-'18, foto aeree recenti (provenienti dal database della Regione Veneto) e attraverso la consultazione delle diverse documentazioni storiche, carte militari e schemi sintetici, alcuni messi a disposizione del Museo della Bonifica di San Donà di Piave (VE).



Figura 8: foto aerea scattata nel febbraio 1918, sono visibili le trincee presso Chiesanuova (VE)

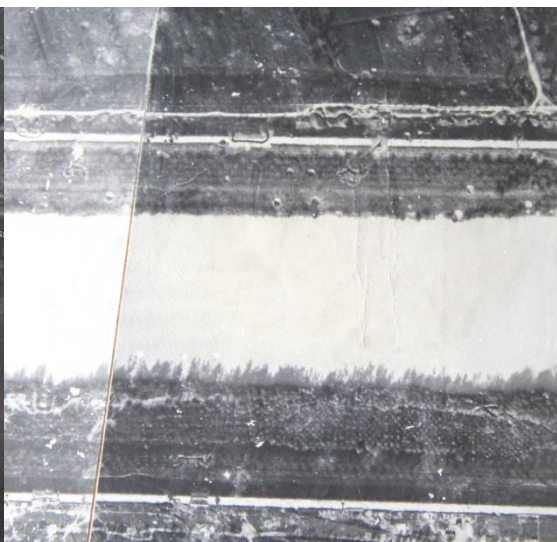


Figura 9: Foto aerea scattata nel maggio del 1918 lungo il Piave

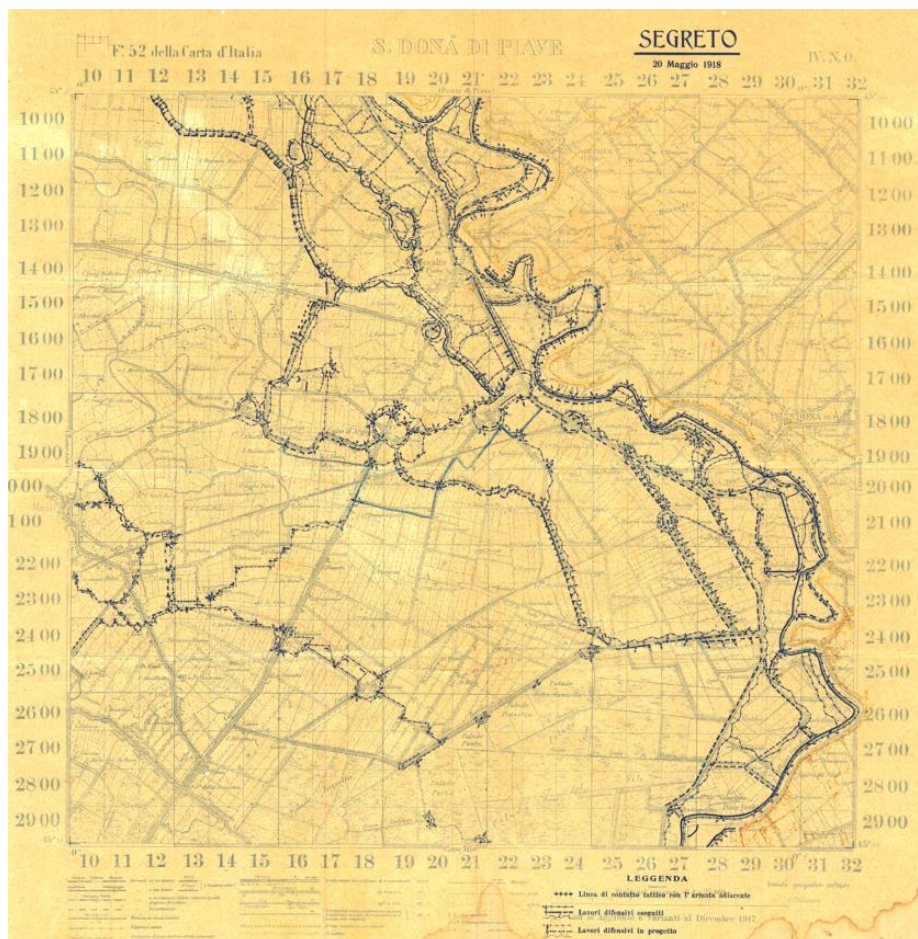


Figura 10: Cartografia storica raffigurante il posizionamento del sistema difensivo a San Donà di Piave (Archivio del Museo della Bonifica di San Donà di Piave)

Il lavoro svolto in Gis

I rilievi son stati condotti integrandoli in un Gis storico-geografico, attraverso la georeferenziazione di carte. Son state inserite:

- una carta storica mostrante il sistema difensivo italiano e austro-ungarico nel comune di San Donà di Piave. È stata realizzata dall'Istituto Geografico Militare il 20 maggio 1918, in scala 1:25000. Questa carta fu utilizzata durante le operazioni di guerra, e contiene informazioni in particolar modo sul posizionamento delle linee difensive italiane, completate o in fase di progetto, e indicanti il probabile collocamento di quelle austriache (*Archivio del Museo della Bonifica – San Donà di Piave (VE)*);

- gli elementi della Carta Tecnica Regionale della Regione Veneto della zona presa in esame in scala 1:5000;
- foto aeree dei comuni di San Donà di Piave e Musile di Piave in scala 1:8000, Volo “2005 REVEN S. Dona di Piave” il 29 agosto 2005;
- Foto aeree scattate durante la Prima Guerra Mondiale nel maggio del 1918, lungo il tratto rettilineo della Piave Nuova, a una quota non nota (*messe a disposizione dal Museo della Bonifica, grazie anche all’aiuto di un esperto fotografo che ha potuto aiutarmi nel rielaborare le foto*);
- Foto aeree scattate nel maggio-giugno 1918, riportati dalle documentazioni storiche a disposizione (*Through Harvey’s Eyes, 2009; La macchina di Sorveglianza: la ricognizione aerofotografica italiana e austriaca sul Trentino., Museo Storico in Trento, 2001*)

Generalmente i sistemi GIS, sono costituiti da procedure e strumenti informatici atti a rappresentare in maniera georeferenziata un oggetto che si trova in un determinato punto della Terra. La tecnologia GIS consente di integrare le operazioni tipiche dei database, quali la memorizzazione e l’immagazzinamento dei dati, le ricerche e le analisi statistiche, facilitando la lettura e l’interpretazione degli stessi attraverso la visualizzazione e l’analisi geografica forniti dagli strumenti di disegno cartografico, quindi sotto forma di mappe.

La carta storico-militare è stata realizzata alla scala 1:5000, utilizzando come base topografica la carta tecnica regionale della zona studiata. Gli elementi e le informazioni di natura militare son stati restituiti cartograficamente tramite il software ArcMap. Attraverso il lavoro svolto con questo sistema Gis, è stato possibile effettuare la fotointerpretazione in maniera più precisa, poiché son state eseguite osservazioni di dettaglio a grande scala, anche fino a scala 1:500, facilitando in questo modo la rilevazione e l’analisi delle aree di studio.

Son state cartografate le varie postazioni militari, le trincee, e altri manufatti militari con la maggior accuratezza possibile in funzione della scala dei documenti originali. Son state riscontrate delle difficoltà nel rilevare alcuni elementi militari come trincee o postazioni, sia per le cattive condizioni in cui si trovano alcune foto che per la bassa risoluzione.

Con il materiale a disposizione è stato possibile realizzare una carta geografico-militare, procedendo innanzitutto con la creazione, per ogni elemento militare individuato, di file di forma, o Shapefile, tramite lo strumento ArcCatalog. Ad ognuno di questi file, è stato assegnato un simbolo rappresentativo, tale da permettere di riconoscere sulla carta redatta i diversi elementi osservabili. Successivamente si è proceduto ad inserire nella carta i diversi elementi e manufatti militari, attraverso il lavoro di *editing*.

La georeferenziazione si è svolta con la sovrapposizione delle foto aeree scattate nel 1917-18 (mostranti il sistema difensivo impostato lungo il Piave), con le foto aeree attuali, una carta storica rappresentante le trincee italiane e austro-ungariche scavate nell'area di San Donà di Piave, e una cartografia di riferimento come la CTR in scala 1:5000 in formato vettoriale. Uno dei problemi maggiori è stato quello di individuare un numero sufficiente di punti di controllo comune per i diversi elaborati.

A differenza della carta storica, le foto aeree del 1917-18 son state molto difficili da georeferenziare sia perché alcune erano a bassa qualità, sia per il fatto che non c'erano spesso dei punti di riferimento da poter utilizzare per la sovrapposizione delle carte, in questo caso si è agito valutando i corsi d'acqua e gli altri indizi del luogo. Gli elementi militari (inseriti in formato shapefile in questa carta), interpretati in base alle foto aeree del 1917-18, avevano lo scopo di comprendere come si posizionavano nel territorio le diverse strutture militari, e in questo caso lungo gli argini del fiume Piave. Come mostrato nelle immagini che seguono (foto scattata nel maggio del 1918 nei pressi di Cimadolmo (VE)), son stati esclusi quei luoghi dove non è possibile accedere, data la forte presenza di edifici che attualmente occupano l'area.

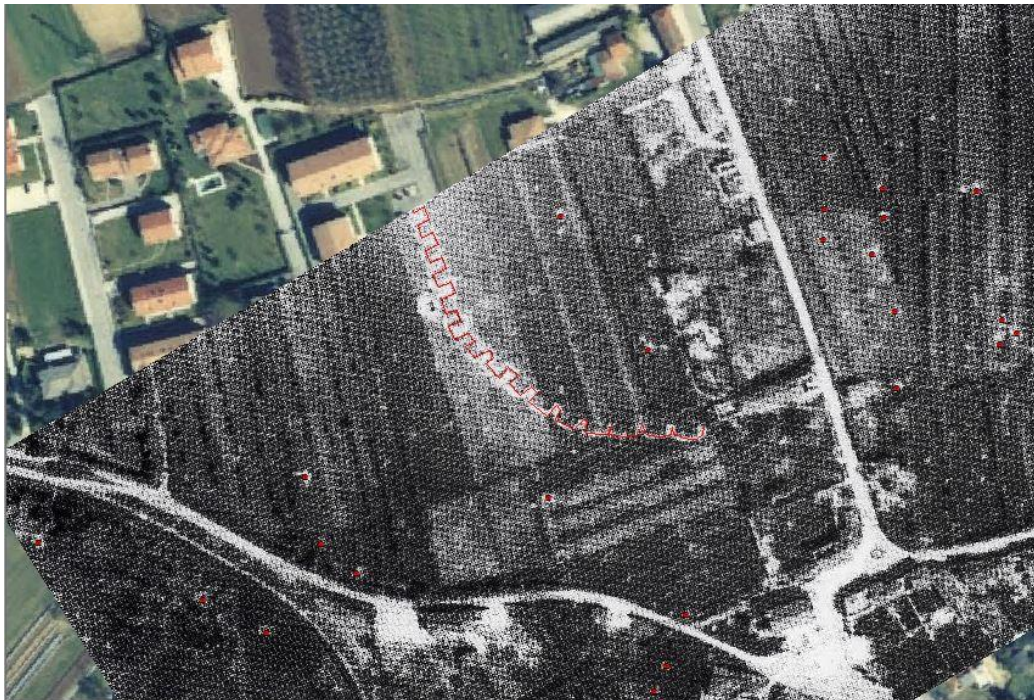


Figura 11: esempio di lavoro Gis con foto aerea del '17 sovrapposta a una attuale



Figura 12: posizionamento della trincea austro-ungarica nella zona di Cimadolmo (VE)

Il lavoro svolto in campagna

Le risultanze dell'analisi delle fotografie sono state verificate con una serie di misure geofisiche. L'indagine geofisica è stata condotta nei pressi di Chiesanuova, una frazione di San Donà di Piave (VE), ed aveva come obiettivo l'individuazione e la mappatura di eventuali resti dei manufatti militari sepolti nei primi metri di sottosuolo. Questa zona è stata selezionata dopo aver eseguito un'attenta analisi delle risultanze foto-cartografiche, individuando le aree con trincee italiane e austro-ungariche oggi praticabili.

Le indagini sono consistite in un rilievo di tomografia elettrica articolato in cinque linee parallele ed in una misura areale della conducibilità apparente con un sistema elettro-magnetico.



Figura 13: Utilizzo del georesistivimetro durante il lavoro sul campo



Figura 14: Posizionamento degli elettrodi

Le tomografie elettriche (ERT) sono state acquisite in configurazione Wenner alpha e dipolo-dipolo. La configurazione dipolo-dipolo, nel contesto in esame, si è rivelato più efficace essendo più sensibile alle variazioni laterali della resistività che è la situazione che ci si può aspettare nel caso di studio affrontato.

Il lavoro si è svolto con l'infissione nel terreno di 48 elettrodi collegati a un georesistivimetro (IRIS Syscal Pro Switch a 48 elettrodi e 10 canali di lettura simultanea della tensione). Sono stati realizzati 5 profili contigui per poter invertire quasi tridimensionalmente il campo di resistività apparente.

Un altro tipo di rilievo è stato condotto con il sistema elettromagnetico DUALEM 6-4-2. Si tratta di uno strumento capace di misurare velocemente la conducibilità apparente dei terreni sino a profondità di circa 8-10 m.



Figura 15: utilizzo del DUALEM 6-4-2 durante il lavoro sul campo



Figura 16: Acquisizione dei dati dal DUALEM 6-4-2 durante il lavoro sul campo

Questo metodo, che lavora nel dominio della frequenza (FDEM), utilizza un campo elettromagnetico generato da parte di una bobina trasmittente a 9.7 kHz, per indurre nel sottosuolo una corrente che a sua volta genera un campo elettromagnetico

secondario, la cui intensità a basso numero di induzione, è legata da una relazione analitica alla conducibilità elettrica del mezzo attraversato.

La profondità di indagine è controllata dalla frequenza e dalla spaziatura tra le bobine. In questo modo sarà possibile ottenere delle verticali di resistività (o conducibilità) che opportunamente trattati (inversione dei dati) potranno fornire indicazioni sulla natura del sottosuolo o l'eventuale presenza di corpi anomali, come trincee, murature interrato, corpi metallici o altro. Questa tecnica di studio si contraddistingue per la rapidità di esecuzione delle misure continue, evitando qualsiasi alterazione dei luoghi e modificazioni al terreno.

Il DUALEM è composto da una struttura tubolare di 6 metri di piccolo diametro, che viene trascinato con un carrello apposito lungo profili paralleli a distanza di 1 metro uno dall'altro.

Risultati e Discussione

Descrizione della carta

Gli obiettivi di questo studio sono quelli di individuare e descrivere la distribuzione dei vari elementi militari del periodo di guerra 1917-18 in relazione alla morfologia dei luoghi. Il lavoro di cartografia si è svolto con il tracciamento dei manufatti bellici e l'inserimento dei caratteri geomorfologici del territorio, sulla base della carta tecnica regionale del Veneto alla scala 1:5000.

I luoghi più coinvolti dalle azioni belliche nell'area oggetto di studio durante la Prima Guerra Mondiale furono la zona di Chiesanuova, presso il corso d'acqua della Piave Vecchia, e presso il tratto rettilineo della Piave Nuova.

Gli elementi militari inseriti son stati distinti in:

- **Trincea italiana:** questo elemento rappresenta le trincee italiane rilevate dalla cartografia storica. Generalmente si impostavano sulla sponda destra dei corsi d'acqua, seguendo una forma a zig-zag, e di solito unita ad altre trincee trasversali di collegamento.
- **Trincea austro-ungarica:** questo elemento rappresenta le trincee austriache rilevate dalla cartografia storica. Si impostavano lungo la sponda sinistra dei corsi d'acqua, seguendo una forma a mezza greca (un tipo di forma a scalini),

spesso con i camminamenti, posti trasversalmente alle trincee, che portavano nelle diverse postazioni e ricoveri.

- **Reticolato:** Questo elemento è stato rilevato dalla cartografia storica. Indica i reticolati spinati che si stendevano di fronte alle trincee, allo scopo di rallentare l'avanzata nemica, esponendolo per un tempo maggiore al fuoco dei difensori.

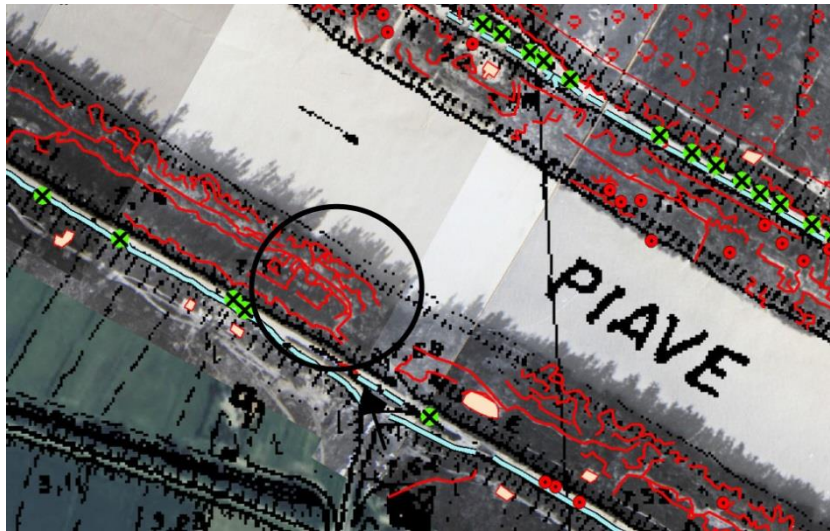


Figura 17: esempio di trincee in davanti alle prime linee, lungo il tratto della Piave Nuova

- **Trincea :** questo elemento rappresenta le trincee rilevate nelle foto aeree. Dalla vista aerea si riconoscono come fossati molto estesi e stretti, alcuni dei quali collocati più avanti rispetto al sistema difensivo principale (*vedi figura 15*). Probabilmente questo tipo di trincee, venivano lasciate senza presidio di soldati, perché servivano come posti di osservazione avanzati oppure come base per attacchi di sorpresa (http://it.wikipedia.org/wiki/Guerra_di_trincea).
- **Opere militari:** rilevate dalle foto aeree, questo elemento rappresenta i vari manufatti a scopo militare come murature, o rinforzi per sostenere solidamente le trincee. Dalle foto aeree si evidenzia la presenza di una muratura che corre lungo la sommità dell'argine della Piave Nuova, affacciandosi al corso del fiume.
- **Postazione:** questo elemento è stato rilevato dalla cartografia storica, e indica le postazioni in cui si trovavano le armi di squadra (mitragliatrici pesanti).

Avevano una forma mediamente circolare di medie dimensioni (3 o 5 metri) ed erano distribuite sistematicamente lungo il sistema difensivo.

- **Postazione in sommità arginali:** questo elemento è stato rilevato dalle foto aeree. Oltre a indicare le postazioni per l'utilizzo delle mitragliatrici che si trovavano nelle sommità arginali della Piave Nuova, indicano le postazioni di combattimento individuale. In foto si riconoscono per la loro forma più o meno circolare e per le ristrette dimensioni.
- **Cratere:** questo elemento è stato rilevato dalle foto aeree, e indica i crateri causati dai bombardamenti delle artiglierie pesanti.
- **Area con crateri contigui:** questo elemento rappresenta le aree i crateri da esplosione sono particolarmente fitti.
- **Ricovero:** questo elemento indica la locazione dei ricoveri rilevate dalle foto aeree. Questi luoghi servivano generalmente per i soldati in linea come riparo.

L'area descritta è prevalentemente coperta dal grande dosso del Piave attuale, molto evidente per la posizione rialzata rispetto alla campagna circostante. Ai piedi della destra idrografica di questa struttura, non si osservano tracce fluviali o lagunari particolarmente rilevanti. Il dosso della Piave Vecchia, è posto nella parte sud-ovest della carta, attraversa il margine settentrionale della laguna di Venezia, e sfocia in mare nei pressi di Cavallino.

Le antiche forme del territorio sono scarsamente riconoscibili perché mascherate dagli interventi di urbanizzazione, dall'attività agricola o modificate dagli interventi sulla rete fluviale, ma abbiamo comunque segno di un paleoalveo nella parte meridionale della zona, lungo il tratto del Taglio del Re .

Nella carta geomorfologica dell'area le isoipse hanno un'equidistanza di 0,5 metri: nella parte meridionale e occidentale del territorio le isoipse del microrilievo tendono a convergere con il corso della Piave Vecchia, mentre nella parte orientale hanno un andamento decrescente, con una pendenza media dell'1 %.

Nella parte sud della zona si evidenziano alcune aree topograficamente depresse, moderatamente allungate, una di queste pendente verso il paese di Chiesanuova(VE)

e un'altra verso Passarella (VE). Tutte e due sono poco profonde e con un'estensione di alcuni chilometri.

La maggior parte dei manufatti militari si concentravano lungo i corsi d'acqua, in questo caso lungo la Piave Nuova e in parte nella Piave Vecchia.

Nella parte occidentale della carta, in prossimità della sinistra idrografica della Piave Vecchia, si ha la presenza di trincee austro-ungariche (riconoscibili per la loro caratteristica disposizione a mezza greca), appartenenti alla 13^a Divisione austro-ungarica Schutzen. Mentre contrapposta nell'altra sponda del corso d'acqua, abbiamo il passaggio della linea difensiva della 3^a Armata (S.A.R. Emanuele Filiberto di Savoia) italiana, posta principalmente nella sommità arginale della Piave Vecchia. Nella carta sono state inserite anche le posizioni delle postazioni delle armi da squadra italiane (mitragliatrici pesanti) e la sistemazione dei reticolati spinati, (posti dinanzi alle trincee), prendendo come riferimento la cartografia storica.

Sempre in questo settore la presenza di numerosi crateri da esplosione, si focalizzano principalmente nell'area settentrionale di Chiesanuova.

Molto più consistenti sono i manufatti militari impostati lungo il tratto di fiume della Piave Nuova. Il sistema difensivo in questo corso d'acqua ha un'estensione Nord-ovest Sud-est, ed è stato il teatro principale della Battaglia del Solstizio.

Lungo la gola del fiume, da entrambe i fronti, si concentra una fitta rete di trincee e camminamenti, tutte interconnesse tra di loro. Dalle testimonianze storiche, gli austriaci non ebbero problemi a realizzare le trincee lungo la Piave Nuova, rispetto agli italiani che ebbero invece maggiori difficoltà, sia per la guerra già avviata e sia per il continuo bombardamento nemico (*Rossi & Artesi, 2008*).

In sommità si distribuivano essenzialmente le postazioni militari e i ricoveri. Questi punti sopraelevati erano di grande importanza perché consentivano un'osservazione su lunga distanza e una difesa maggiore.

Le postazioni studiate si concentrano maggiormente nella parte centrale e bassa della tratta rettilinea del fiume. Da notare il grande ammassamento lungo il fronte austro-ungarico, dove le postazioni sono poste a 30-40 metri di distanza una dall'altra. Sempre in questo settore la fitta presenza di crateri da esplosione, in particolar modo

lungo e dietro la linea difensiva austro-ungarica, testimonianza del grande utilizzo dell'artiglieria pesante italiana durante la Grande Guerra.

Prospezioni geofisiche

E' stato condotto un rilievo geoelettrico e uno elettromagnetico per individuare la presenza di resti di strutture militari.

Per la tomografia elettrica (ERT – Earth Resistivity Tomography) è stato impiegato un georesistivimetro a 48 elettrodi e 10 canali IRIS Syscal Pro, mentre le misure elettromagnetiche sono state acquisite con un sistema sperimentale Dualem 642.

I dati elettrici sono risultati di buona qualità, con valori nel complesso scarsamente devianti sia in senso orizzontale che in senso verticale. Le cinque linee sono state quindi invertite in 2D e 2.5D utilizzando l'algoritmo "Occam".

L'elaborazione è stata condotta con il codice ERTLlab (Geostudi Astier & Multi-Phase Technologies). Questo programma si avvale di un algoritmo di modellazione diretta (forward modeling) agli Elementi Finiti Tetraedrici, che consente di modellare la distribuzione del potenziale elettrico nel sottosuolo tenendo conto anche delle caratteristiche morfologiche dello stesso.

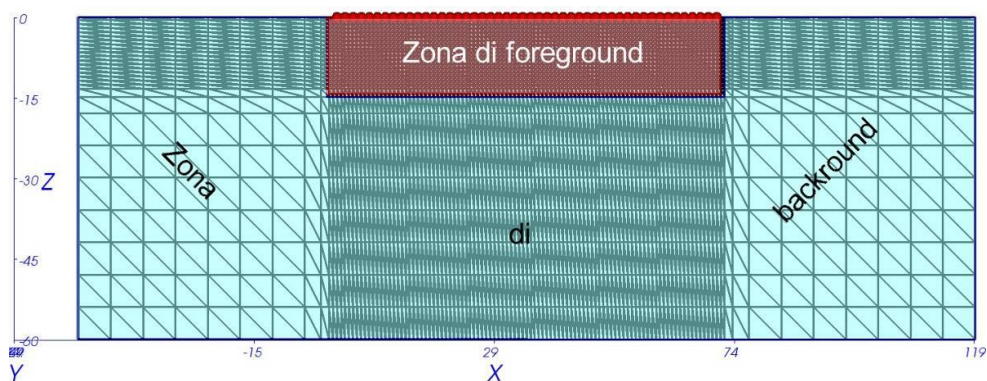


Figura 18: Mesh tetraedrica tridimensionale di ERTLlab 3D

La mesh (vedi figura 18) è composta da una zona di foreground (di massima risoluzione) nella quale i tetraedri hanno una dimensione media pari al 50% della spaziatura di superficie, e di una zona di background nella quale i tetraedri hanno una

dimensione maggiore. All'esterno della mesh vi è poi una fascia di padding +/- nelle tre dimensioni X,Y e Z che consente di ottenere una maggiore stabilità numerica del processo di inversione. La mesh di tetraedri è di tipo tri-dimensionale anche nel caso di elaborazione di linee 2D nel senso che essa è composta da una doppia fascia di elementi sui due fianchi della linea 2D. Il modello di partenza ha un valore di resistività che è pari alla media della resistività apparente delle misure di campo. Il modello tridimensionale ottenuto è stato quindi analizzato "sezionandolo" secondo piani verticali longitudinali e trasversali (vedi figura 19).

Ad una prima analisi si nota come il primo sottosuolo risulta composto da due elettrostrati principali: un mezzo resistivo superficiale ed un mezzo conduttivo più profondo la cui interfaccia di separazione che è piuttosto netta si trova ad una profondità di circa 2 m dalla superficie topografica.

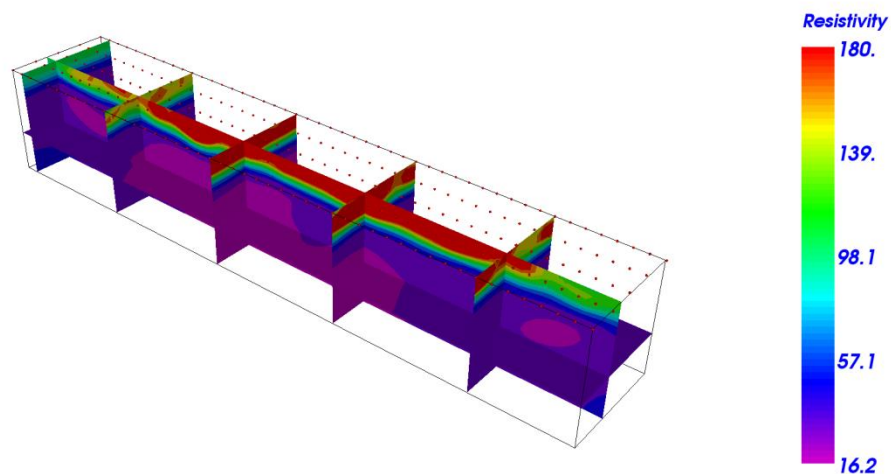


Figura 19: Sezioni trasversali e longitudinali al volume investigato

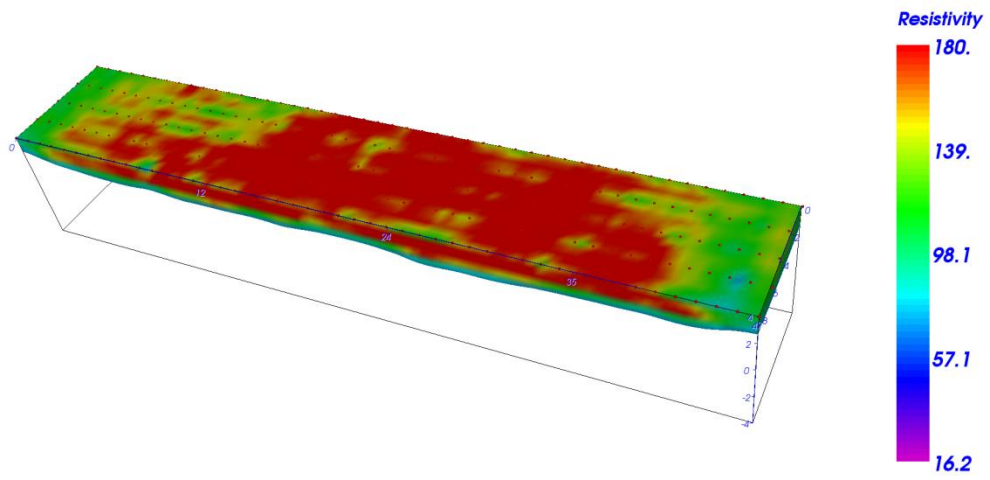


Figura 20: Volume resistivo superficiale

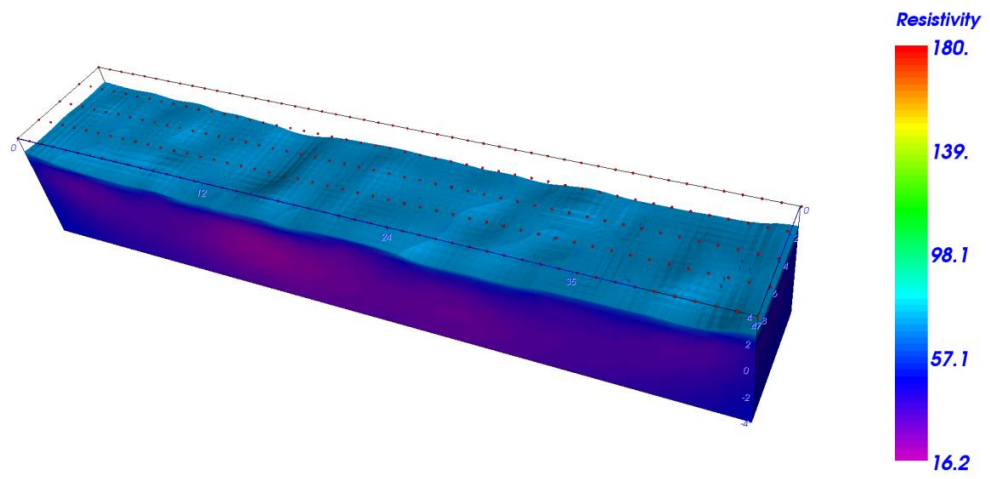


Figura 21: Volume conduttivo profondo

Il mezzo superficiale corrisponde ad una zona di forte rimaneggiamento antropico del sedimento, ed è anche caratterizzata dalla presenza di terreni di prevalente natura granulare mentre, in profondità, dominano i terreni di tipo coesivo.

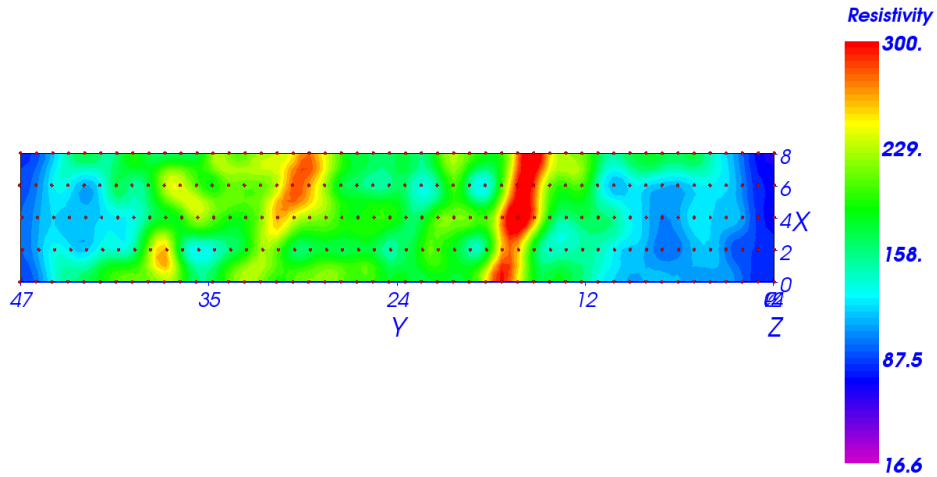


Figura 22: Sezione sul piano XY alla profondità di 1 m del volume investigato

Gli elementi più significativi si trovano ad una profondità di circa 1 m dal piano campagna e corrispondono ad alcune anomalie trasversali resistive (vedi figura 22) caratterizzate da valori anche superiori a $300 \Omega\cdot m$ che si collocano entro il corpo resistivo superficiale. La direzione è compatibile con quella delle trincee, ma potrebbe trattarsi anche di una vecchia canaletta interpodereale anche se il valore assoluto della resistività è piuttosto alto e compatibile con la presenza di vuoti. Analizzando le immagini satellitari disponibili in *Google Earth*, (confrontando in particolare quelle del 2003 e del 2004) si nota che nella foto più vecchia (figura 25), vicino al boschetto che costeggia la Piave Nuova, vi è una macchia di umidità rettilinea che corrisponde abbastanza bene alla trincea avanzata (figura 26), a differenza di quella arretrata di cui non si ha traccia. Mentre se si analizza la foto

aerea scattata nel 2004 (figura 27), noteremo le tracce di una canaletta leggermente serpeggiante che taglia il campo e prosegue all'esterno (figura 28).

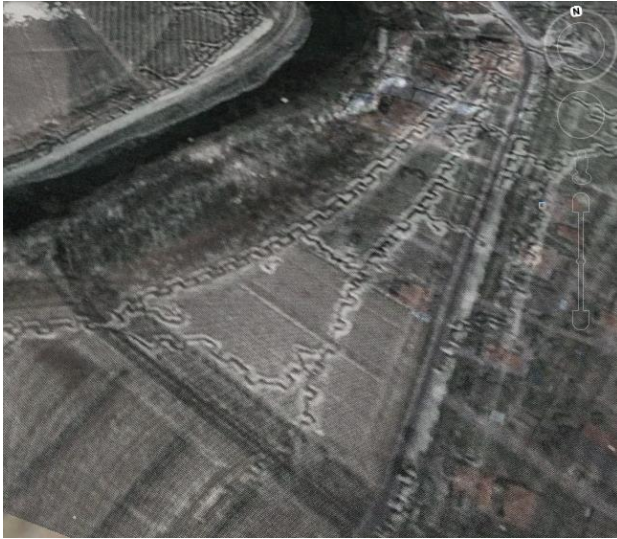


Figura 23: Sovrapposizione foto aerea del 1917 con una del 2003 presso l'area di Chiesanuova (VE)



Figura 24: In verde: canaletta superficiale, in rosso: limiti interpoderali attuali dell'area investigata



Figura 25: immagine da satellite del 2003 (Google Earth)



Figura 26: indicazioni della traccia rilevata (probabilmente trincea avanzata)



Figura 27: immagine da satellite del 2004 (Google Earth)



Figura 28: Indicazioni della traccia rilevata in foto (probabilmente una canaletta)

La mappa elettromagnetica è il risultato di un insieme di linee di misura disposte trasversalmente all'asse delle trincee (vedi figura 29).

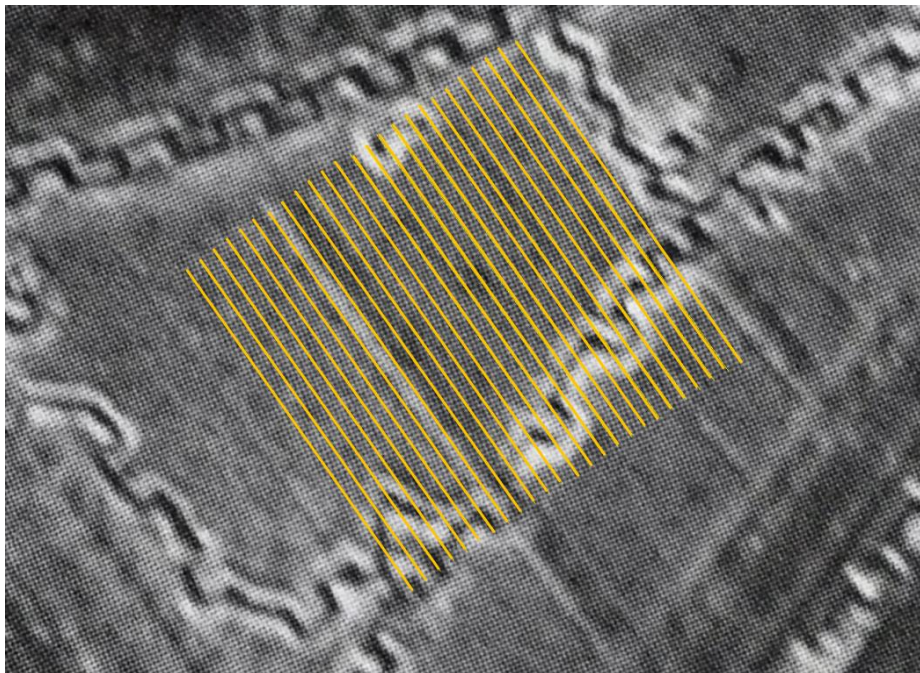


Figura 29: posizionamento delle linee della mappa elettromagnetica

Analizzando il dato (vedi figura 30) si nota chiaramente, nelle due mappe più superficiali (componenti HCP2 – Horizontal Co-Planar e PRP2 Perpendicular), la presenza di un'area più resistiva proprio nella zona centrale dell'appezzamento.

I valori della conducibilità apparente si abbassano infatti sino a circa 6 ms/m confermando la presenza di terreni granulari. E' bene evidenziare come si tratta comunque di una conducibilità apparente il cui valore è mediato dalla superficie ad una profondità di circa 1.5 volte la spaziatura delle bobine (che nel canale 2 è esattamente di 2 m).

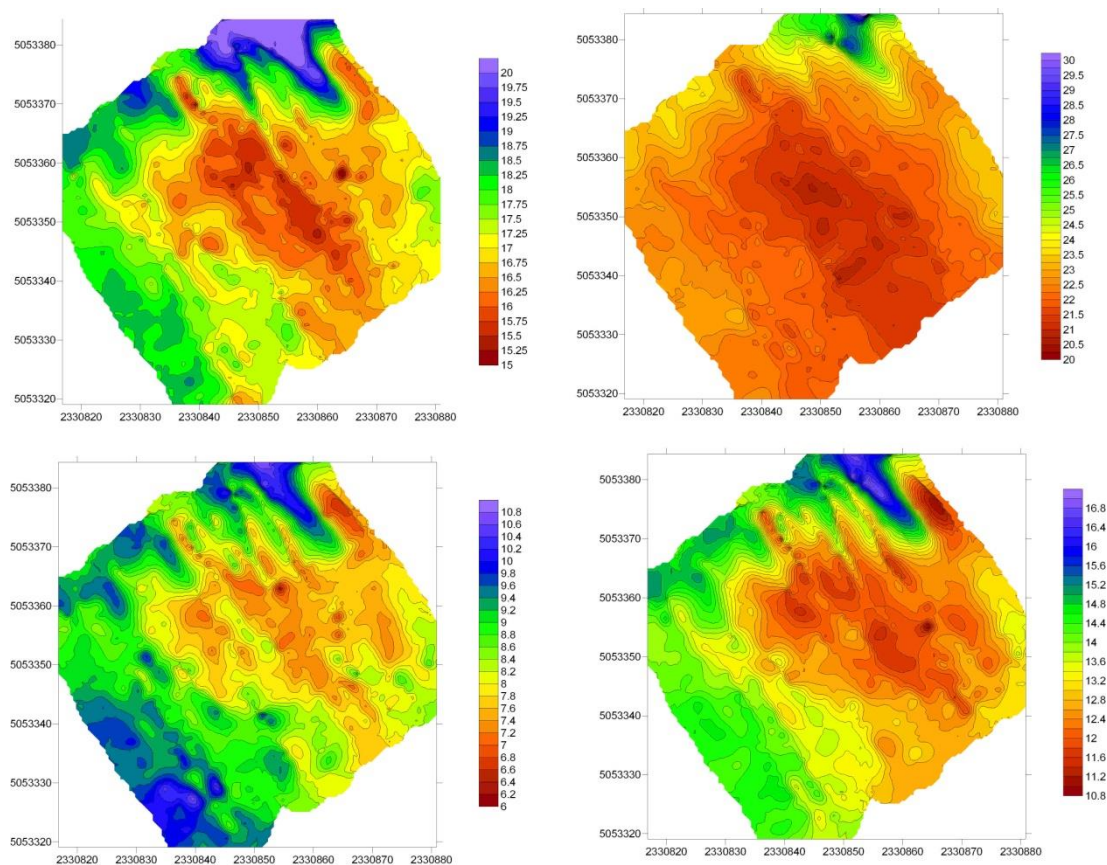


Figura 30: HCP2 e HCP4 (sopra) PRP2 e PRP4 (sotto) Le scale delle quattro figure sono diverse e rappresentano la conducibilità apparente espressa in ms/m.

La mappa è comunque abbastanza articolata e mette in evidenza una serie di geometrie regolari che potrebbero essere in qualche modo riconducibili alla presenza di resti di manufatti sepolti. Di particolare interesse è anche la saccatura positiva-resistiva della conducibilità che si nota nello spigolo nord della mappa HCP2. Molto presumibilmente si tratta dell'immagine di una trincea trasversale nella quale sono ancora presenti dei detriti metallici. Questa ipotesi è in qualche modo confermata dalla sovrapposizione dell'immagine aerea sin-guerra con le mappe geofisiche (vedi figura 31).

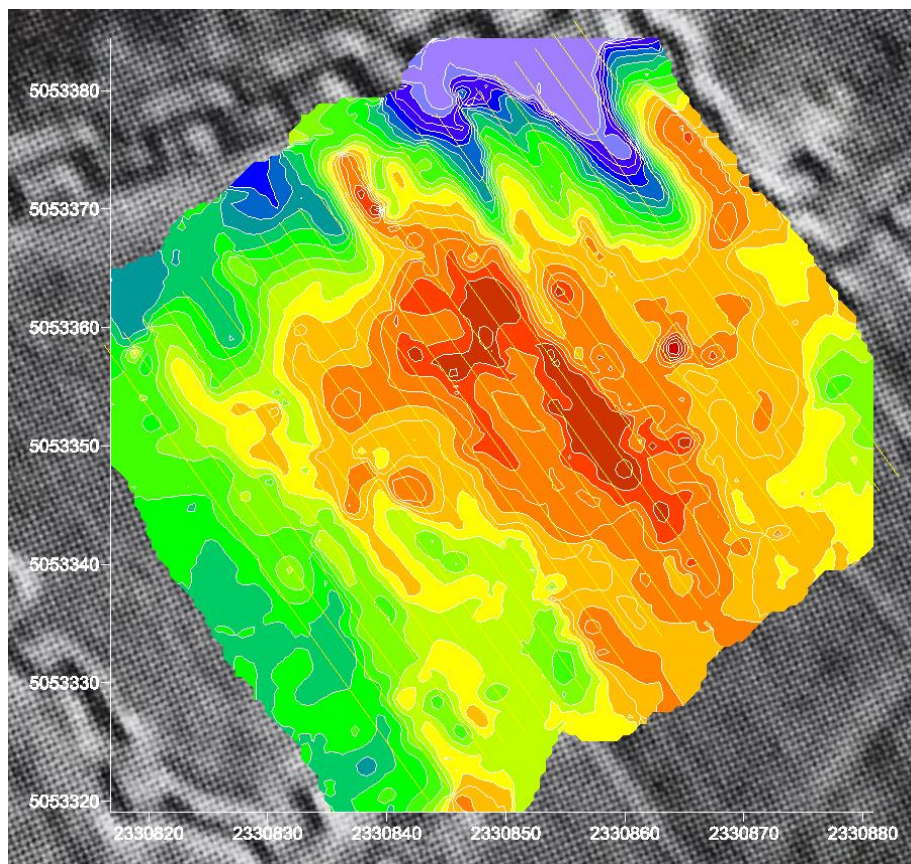


Figura 31: dettaglio della mappa HCP2 sovrimposta nella foto aerea del 1917

Nelle mappe più profonde (componenti HCP4 e PRP4) l'immagine è molto più omogenea (anche se la scala dei colori ad una prima vista può ingannare) e la conducibilità si alza in virtù del contributo dello strato profondo che è di natura coesiva. Nella mappa HCP4 si nota comunque ancora un effetto di squadratura dell'anomalia resistiva che nel suo bordo meridionale appare decisamente subrettangolare.

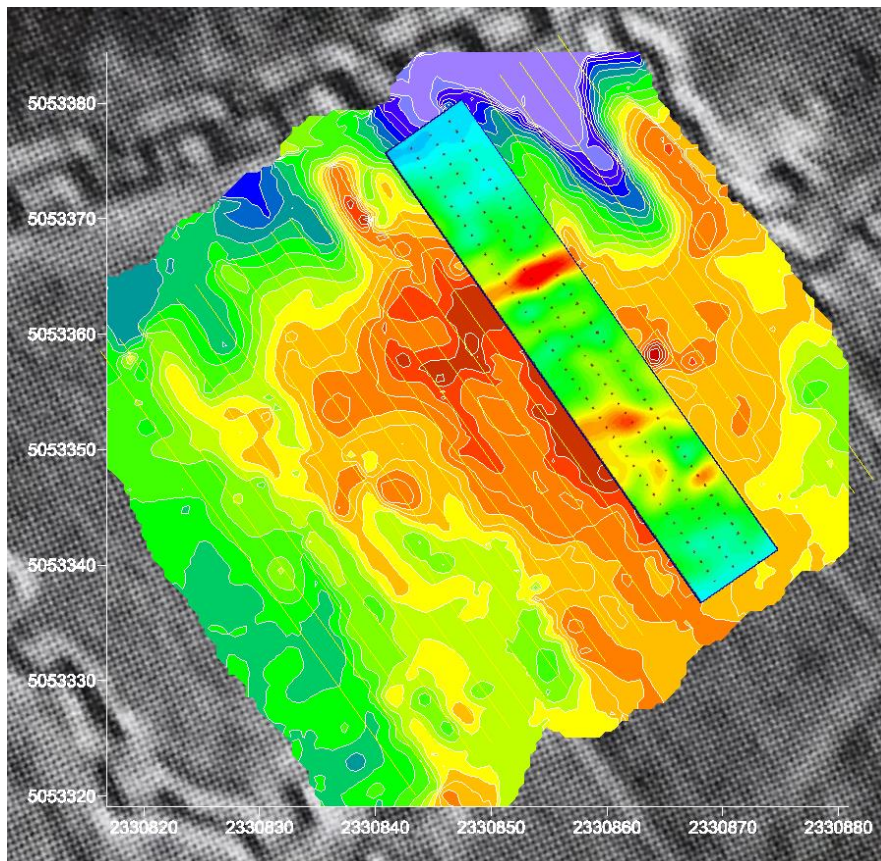


Figura 32: mappa HCP2 e piano orizzontale "tagliato" a -1 m della tomografia elettrica 3D

Ricollocando in mappa anche il piano di resistività estratto dalla tomografia elettrica (vedi figura 32) si nota come le immagini siano nel complesso sovrapponibili (la scala dei colori è ovviamente diversa). Il dettaglio della tomografia elettrica è ovviamente superiore ed evidenzia con maggiore precisione la geometria delle strutture sepolte. Il solco resistivo è sicuramente di natura antropica e nella mappa

elettromagnetica viene chiaramente individuato da un allineamento di tre minimi di conducibilità.

La mappa elettromagnetica risente comunque di un piccolo disallineamento e di una certa dispersione dei punti-misura determinati dall'impiego del GPS interno che seppur di tipo differenziale (su rete EGNOS) non consente di raggiungere una precisione adeguata nel posizionamento. Questo è particolarmente problematico quando, come nel caso corrente, le strutture sono relativamente piccole.

Conclusioni

In tutta l'area studiata è presente una forte testimonianza della Prima Guerra Mondiale, e grazie al materiale tecnico-scientifico a disposizione, integrato dai rilevamenti svolti in campagna e dal lavoro di fotointerpretazione è stato possibile realizzare una carta geografica-militare dettagliata dell'area.

Nel seguente lavoro di tesi, attraverso l'analisi della cartografia tematica realizzata, è stato possibile comprendere al meglio come gli elementi militari durante il 1917-18, come trincee e postazioni, erano impostati lungo gli argini dei corsi d'acqua della Piave Vecchia e della Piave Nuova. Il dettaglio di questi dati ha permesso di individuare delle zone sulle quali approfondire l'indagine con rilievi geofisici.

Questo studio poi ha contribuito a offrire una comprensione maggiore sulle relazioni geomorfologiche e strategiche militare adottate dai rispettivi eserciti italiano e austro-ungarico durante la Battaglia del Solstizio, mettendo in evidenza come la morfologia del terreno sia stata sfruttata per la disposizione difensiva.

Notevole rilevanza hanno acquisito risultanze geofisiche, che hanno consentito un'analisi in profondità dei terreni interessati dallo scavo delle trincee, facilitando la mappatura.

I metodi geofisici sono stati sperimentati, per la prima volta in questo tratto di fronte, nell'ambito degli studi geologici-militari.

Bibliografia

Bellò I., Ceschin E., Maier D., Polo C.S., Sartot M. (2009), *Through Harvey's Eyes - Con gli occhi di Harvey*, Edizioni Saisera

Bondesan A., Meneghel M., Rosselli R., Vitturi A. (2004), *Geomorfologia della provincia di Venezia – Note illustrative della carta geomorfologica della provincia di Venezia*, Esedra Editrici

Bondesan A., Primon S., Vitturi A. (2008), *Le Unità geologiche della provincia di Venezia*, Provincia di Venezia e Università di Padova

Comando Supremo del R. Esercito (1919), *L'esercito per la rinascita delle terre liberate: Il ripristino delle arginature dei fiumi del Veneto dalla Piave al tagliamento (Dicembre 1918 – Aprile 1919)*

Cordenos G., Lorenzini J. (2008), 2° Volume - *Da Ponte di Piave al Ponte della Priula L'esercito. La popolazione. I paesi e le battaglie.*, Edizioni Diaristica Fotografia

Leoni D., Rastelli A., Marchisoni P. (2001), *La macchina di Sorveglianza: la ricognizione aerofotografica italiana e austriaca sul Trentino.*, Museo Storico in Trento

Rossi A.L., Artesi G. (2008), *Combattere nelle lagune di Venezia - La grande guerra a Jesolo. Eraclea e Cavallino – Treporti.*, Edizioni Gaspari

Vitturi A., Giandon P., Bassan V. (2008), *I suoli della provincia di Venezia*, Provincia di Venezia e Arpav