

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

1° LOTTO

Piovene Rocchette - Valle dell'Astico

PROGETTO DEFINITIVO

CUP	G21B1 30006 60005
WBS	B25.A31N.L1
COMMESSA	J16L1

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Gabriella Costantini

PRESTATORE DI SERVIZI:
CONSORZIO RAETIA



RAPPRESENTANTE: Dott. Ing. Alberto Scotti

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
TRA LE PROVAZIONI SPECIALISTICHE:
Technital S.p.A. - Dott. Ing. Andrea Renso



PROGETTAZIONE:


Prof. Archeol. Giovanni Leonardi

ELABORATO: VALUTAZIONE DI IMPATTO ARCHEOLOGICO
AGGIORNAMENTO VALUTAZIONE ARCHEOLOGICA PREVENTIVA
INDAGINE DI SUPERFICIE
REPORT INDAGINI GEOFISICHE

Progressivo Rev.
04 01 03 001 02

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA: -
00	MARZO 2017	PRIMA EMISSIONE	RAETIA	G.Leonardi	A.RENSO	NOME FILE: J16L1_04_01_03_001_0101_OPD_02.doc
01	GIUGNO 2017	REVISIONE PER ADEGUAMENTO CARTIGLIO	RAETIA	G.Leonardi	A.RENSO	CM. PROGR. FG. LIV. REV.
02	LUGLIO 2017	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI	RAETIA	G.Leonardi	A.RENSO	J16L1_04_01_03_001_0101_OPD_02

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO
PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO DEFINITIVO

REPORT INDAGINI GEOFISICHE

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
3	METODO MAGNETICO	6
	3.1 Acquisizione ed elaborazione dei dati magnetici	7
4	METODOLOGIA GEOELETTICA A.R.P.	12
	4.1 Acquisizione dati A.R.P.	17
	4.2 Elaborazione dei dati ARP	17
5	ALLEGATI: MAPPE	19
	5.1 Risultati indagine con metodo geoelettrico multielettrodo da superficie con tecnica A.R.P: Tavole da 1 a 6	19
	5.2 Risultati indagine con metodo magnetometrico in configurazione gradiometrica : Tavole da 7 a 9	19

Indice delle figure

Figura 1 – Ubicazione delle aree di intervento.....	3
Figura 2- Dettaglio delle aree PrN01 e PrN02	4
Figura 3- Dettaglio dell’area PrN03	4
Figura 4- Dettaglio dell’area PrN04 (A).....	5
Figura 5- Strumentazione magnetica Fluxgate Foerster interfacciato con GPS centimetrico Trimble	6
Figura 6- Aree di intervento PrN01 e PrN02.....	8
Figura 7 - Aree di intervento PrN04.....	8
Figura 8- Acquisizione dati gradiometrici su area PrN01	9
Figura 9- Acquisizione dati gradiometrici su area PrN02	9
Figura 10- Acquisizione dati gradiometrici su area PrN04	10
Figura 11 Configurazione elettrodica “vol de canards”	12
Figura 12- Particolare del sistema di acquisizione ARP: ruote dentate che fungono da elettrodi.....	13
Figura 13 - Schema elettrodi ARP	14
Figura 14 Valori medi di resistività indicati in letteratura.	15
Figura 15 Dettaglio del sistema di acquisizione A.R.P.	15
Figura 16 Acquisizione ARP su area PrN01	16
Figura 17 Acquisizione ARP su area PrN03.....	16

1 INTRODUZIONE

In data 7 ed 8 marzo 2017 è stato effettuato un rilievo geofisico finalizzato alla valutazione del rischio archeologico presso i Comuni di Piovene Rocchette e Cogollo del Cengio (Vicenza). Tali attività sono state preventivamente concertate con la competente Soprintendenza Archeologica di Padova (Soprintendenza Archeologica Belle Arti e Paesaggio per le Province di Verona, Rovigo e Vicenza) di cui al parere n. 2430 del 01/02/2017.

La campagna di misure rientra nelle attività di supporto ai servizi di ingegneria finalizzati alla progettazione definitiva dell'Autostrada A31, 1° Lotto Piovene Rocchette – Valle Dell’Astico, in prosecuzione ed aggiornamento (per le parti di tracciato variate – Alternativa 1A di Cogollo del Cengio, come prescritto dal CIPE) della Valutazione Archeologica Preventiva avviata con la progettazione preliminare.

In particolare, le aree interessate si trovano in prossimità degli abitati di Piovene Rocchette e Cogollo del Cengio e sono evidenziate in blu nelle figure seguenti e negli elaborati grafici [040103002 0103 – 0203 – 0303 (Tav. 1, 2 e 3)]

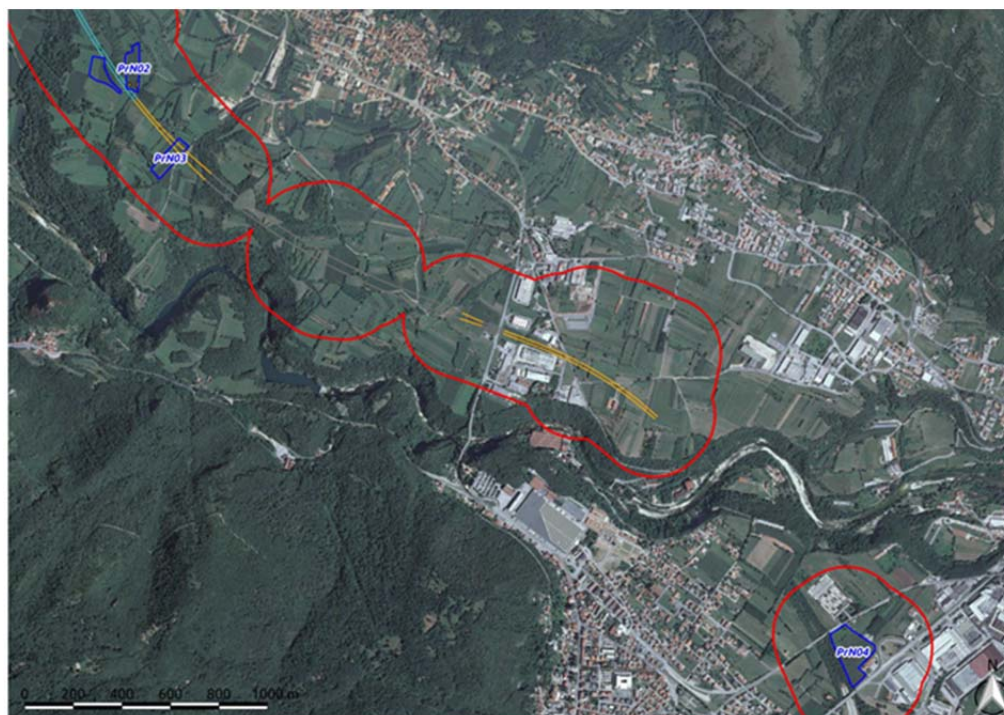


Figura 1 – Ubicazione delle aree di intervento

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

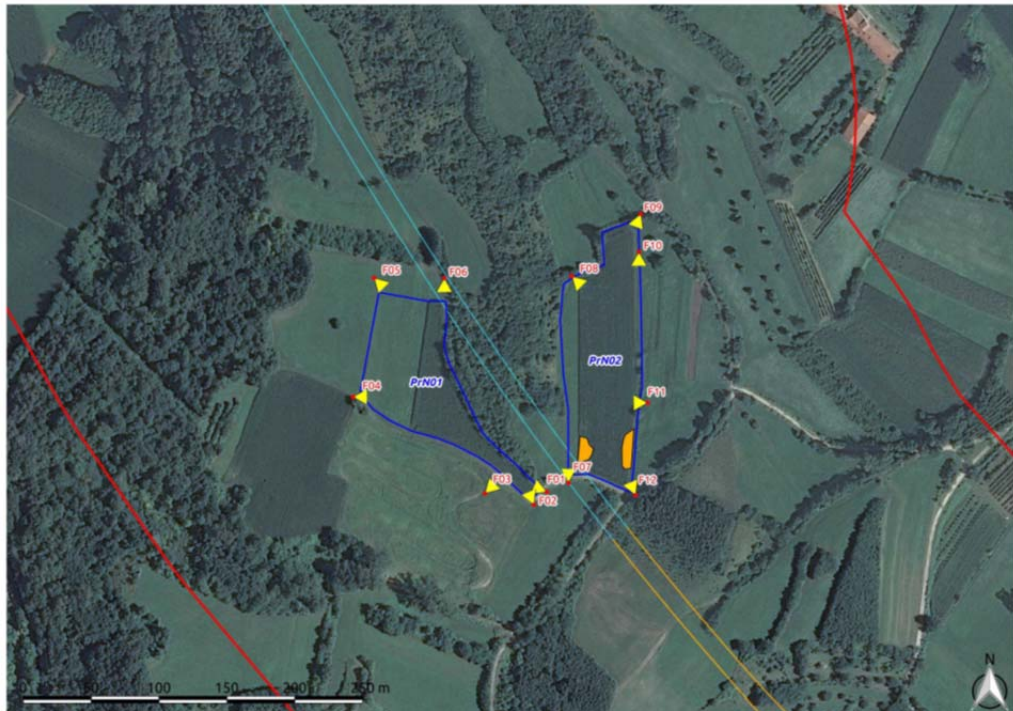


Figura 2- Dettaglio delle aree PrN01 e PrN02

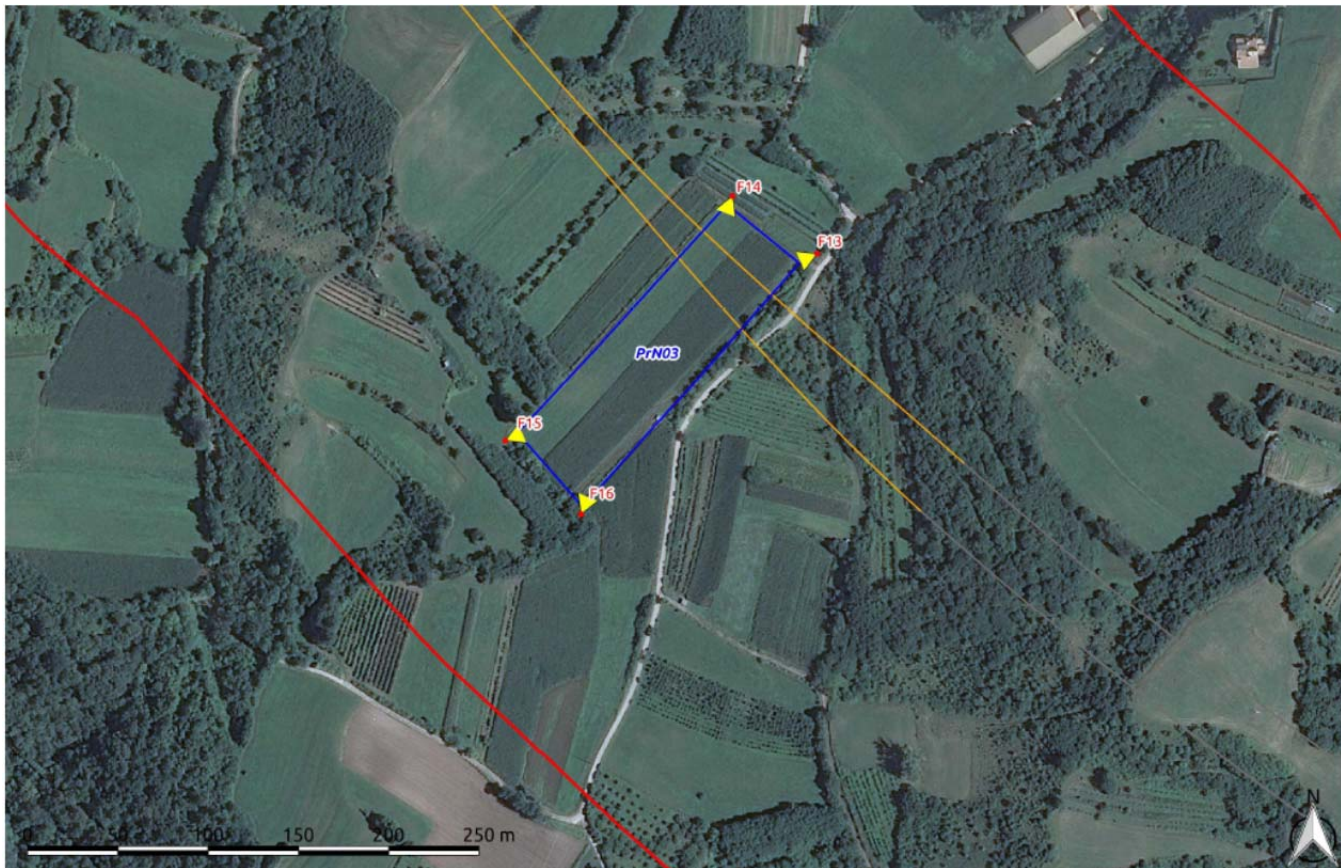


Figura 3- Dettaglio dell'area PrN03

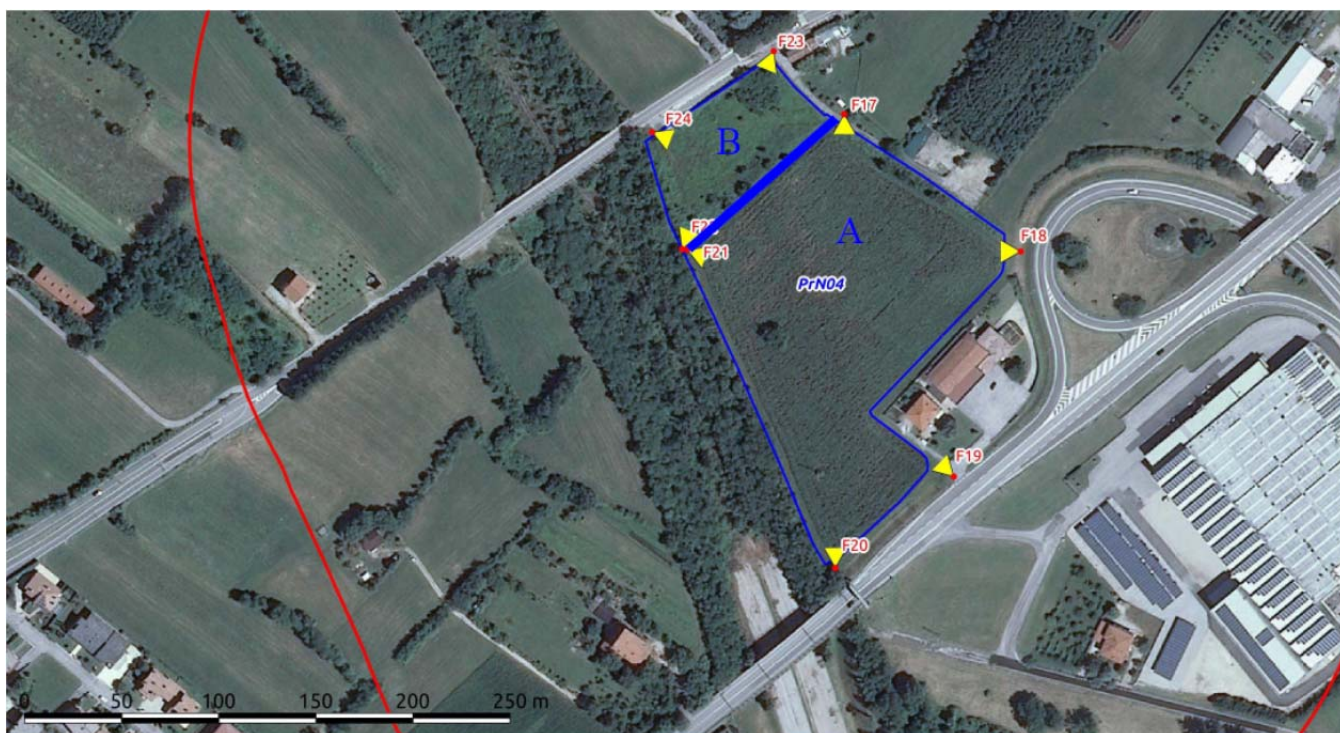


Figura 4- Dettaglio dell'area PrN04 (A)

2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il rilievo geofisico è stato effettuato utilizzando le seguenti metodologie geofisiche:

1. Metodo geoelettrico multielettrodo da superficie con tecnica A.R.P.;
2. Metodo magnetometrico in configurazione gradiometrica.

3 METODO MAGNETICO

Lo strumento utilizzato è un magnetometro del tipo Fluxgate Foerster a 4 sensori. Questa tecnologia acquisisce in modo continuo permettendo di ottenere una ottima risoluzione del dato spaziale (50 cm sull’asse X e ogni 10 cm sull’asse Y). Il sistema, interfacciato in tempo reale con la strumentazione GPS, permette di ottenere delle cartografie di dettaglio georeferenziate. Nel complesso il sistema consente di raggiungere un giusto accordo tra l’acquisizione dati, rapida ed effettuata con uno strumento altamente sensibile, velocità di elaborazione dati, precisione e intuitività nella rappresentazione cartografica e ottima scala di dettaglio.



Figura 5- Strumentazione magnetica Fluxgate Foerster interfacciato con GPS centimetrico Trimble

3.1 Acquisizione ed elaborazione dei dati magnetici

L'indagine magnetometrica è stata effettuata acquisendo i dati in modo continuo su tutte le aree interessate dal progetto per un totale di 36.700 m² ca.

I terreni si presentano pressoché pianeggianti e ben preparati ad eccezione della porzione orientale dell'area PrN01 che risulta caratterizzata da solchi di aratura seppur di scarsa profondità.

Le strisciate sono state effettuate con profili paralleli orientati prevalentemente nord-est sud-ovest e comunque sempre seguendo il senso delle lavorazioni agricole. Le griglie sono state elaborate con valori magnetici compresi tra -20+20 nT tranne che per il sito PrN04 che è stato elaborato con valori -40+40 nT.

In particolare, i siti denominati PrN01 e PrN02 si trovano a sud del comune di Cogollo del Cengio; in particolare, PrN01 si trova immediatamente ad ovest di PrN02 ed entrambi in territorio pianeggiante. PrN01 al momento dell'acquisizione si presentava con una parte del sito (quella ad est) arata mentre quella più ad ovest era incolta. PrN02 era invece da poco seminato. Su quest'ultimo campo, a causa della mancanza di permessi, la striscia situata ad ovest ed allungata in direzione nord-sud non è stata indagata. L'indagine magnetica effettuata su PrN01 si sviluppa su una superficie di 6.860 m² ca. mentre PrN02 misura effettivamente 4.448 m² ca.



Figura 6- Aree di intervento PrN01 e PrN02



Figura 7 - Aree di intervento PrN04



Figura 8- Acquisizione dati gradiometrici su area PrN01



Figura 9- Acquisizione dati gradiometrici su area PrN02



Figura 10- Acquisizione dati gradiometrici su area PrN04

L'indagine magnetometrica sul sito identificato come PrN01 (vd. Tavole allegate nn.1 e 4 a sinistra) ha messo in evidenza una serie di anomalie antropiche caratterizzate da cluster di dipoli. Le maggiori concentrazioni si riscontrano sul lato nord-ovest laddove il terreno risulta incolto, nella parte nord e sulla striscia sud-est del terreno arato. All'altezza dell'angolo nord-ovest si evidenzia un allineamento che corre in direzione nord ovest – sud est per circa 18 metri intersecato da due allineamenti uno di 16 metri uno di 8 metri circa (id. 2- Tav.4). I valori magnetici corrispondenti sono compresi tra $-17.01+15.60$ nt. Le anomalie id.4-7-8 Tav.4 sono caratterizzate da cluster di dipoli ben definiti a livello spaziale ma privi di forme regolari mentre quella che si trova sull'angolo sud-est (id. 5, Tav.4) si caratterizza per una forma a semicerchio che termina sull'anomalia generata da una tubatura. I valori magnetici relativi l'anomalia sono compresi tra $-23.84+26.04$ nt. Una tubatura attraversa il sito anche nell'angolo sud-ovest per circa 62×9.5 metri obliterando il segnale di quanto si trova al di sotto.

L'indagine magnetica sul sito PrN02 (vd. Tavole nn. 1 e 4 a destra) ha messo in evidenza la presenza di tracce antropiche prevalentemente dislocate nella parte nord dell'area indagata. Alcune anomalie hanno forma semicircolare (id. nn. 10, 11, 31-35 Tav.4) e valori magnetici compresi tra $-6.50+11.40$ nT mentre altre più piccole di forma pressoché rotonda sono caratterizzate da segnale magnetico negativo (id. 12-15, 17, Tav.4) e compreso tra -

35.89+12.20 nT. A seguito dell'analisi della forma, della collocazione spaziale, e dei valori magnetici le anomalie più interessanti dal punto di vista antropico risultano quelle identificate con id. 10, 17, 31-34, Tav.4. Anche su questo sito si riscontra la presenza di una tubatura nella parte sud dell'area indagata.

Relativamente all'area PrN03 (vd. Tavole 2 e 5), essa si trova a sud est dei precedenti siti indagati. Ha forma pressoché rettangolare orientata nord est- sud ovest che è stata anche la direzione delle strisciate di acquisizione del dato magnetico. Come evidente dalle foto riportate di seguito, al momento dell'acquisizione il sito presentava la metà nord ovest incolta mentre la metà inferiore lavorata. La superficie del sito è pianeggiante e per lo più sgombra da qualsiasi disturbo magnetico. L'area indagata misura 7.596 m² circa.

Le anomalie sono prevalentemente caratterizzate da allineamenti che tagliano il sito perpendicolarmente al suo lato lungo e sono tra loro pressoché parallele. Partendo da nord (id. n.29 Tav.5) si riscontra una traccia leggermente curvilinea che si estende per tutta la larghezza del sito (45 metri). I valori magnetici sono compresi tra -4.60+17.41 nt. Circa 35 metri più a sud si trova un gruppo di anomalie di origine antropica (id.nn. 24-28, 36, 37 Tav.5) caratterizzato da cluster di dipoli e allineamenti che presentano valori magnetici compresi tra -15.60+30.89. Ancora più a sud la traccia più evidente, leggermente curvilinea, taglia nuovamente il sito in direzione nord ovest- sud est per tutta la sua larghezza. La traccia, id. n.23 Tav.5, che è larga 6 metri circa e presenta valori magnetici compresi tra +4.20+28.32 nt, sembra essere il limite nord di un gruppo di tracce che si estende per circa 40 metri a sud e dove la traccia id.n.20 Tav. 5 ne costituisce il limite sud. Le anomalie sembrano molto simili dal punto di vista della forma e dei valori magnetici (id. n.20 tendenzialmente più bassi) e potrebbero essere messe in relazione ad un sistema di fossato o paleoalvei o comunque una zona in cui si assiste ad un cambiamento anche di tipo geologico.

Infine, l'area PrN04 (Tavole nn. 3 e 6) si trova nel comune di Piovene Rocchette a circa 3.5 km in direzione sud est dai precedenti siti indagati. Ha forma vagamente trapezoidale e orientato nord est- sud ovest che è stata anche la direzione delle strisciate di acquisizione del dato magnetico. Come si vede dalle foto (vd. sotto) al momento dell'acquisizione il sito presentava coltivato per la sua totalità. La superficie del sito è pianeggiante e misura 17.794 m² ca.

Dal punto di vista dell'indagine magnetica il sito risulta caratterizzato da una elevata presenza di disturbo magnetico superficiale che rende difficile la lettura della mappa prodotta. Il sito infatti si trova inglobato in area urbanizzata che negli anni è stata oggetto di notevoli quantità di movimento terra per la costruzione delle attuali vie di comunicazione che la circondano su tutti i lati. Anche immediatamente ad est, è visibile dalle foto aeree,

come la preparazione del tracciato autostradale continuasse oltre il sito in oggetto. E' evidente inoltre come in superficie, oltre a rari frammenti di laterizi antichi vi sia una consistente presenza di materiale moderno.

Segnaliamo i cluster di dipolo (id.nn.38-40 Tav.6) esclusivamente sulla base delle aree in cui si concentrano la maggior parte dei dipoli e della loro elevata intensità magnetica.

4 METODOLOGIA GEOELETRICA A.R.P.

La Strumentazione multi-elettrodica definita come “ARP” è impiegata per descrivere sia variazioni orizzontali che verticali della resistività elettrica del suolo grazie alla particolare configurazione elettrodica con geometria a V definita “vol di canard”. (Panissod et al.)

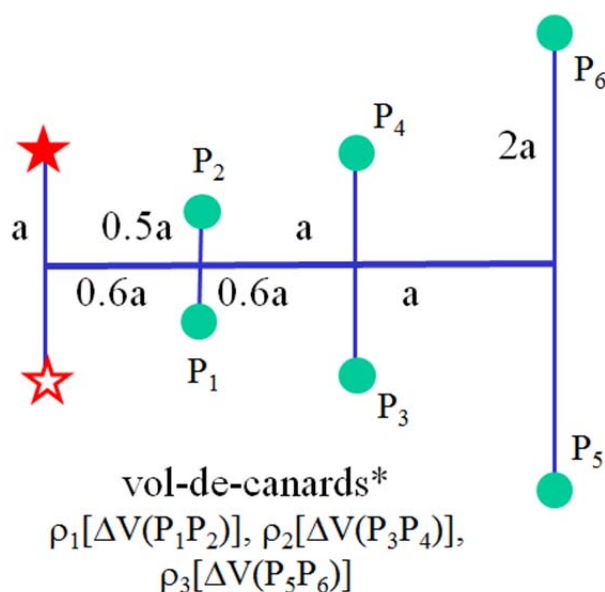


Figura 11 Configurazione elettrodica “vol de canards”

Il principio di misura è simile a quello relativo al sondaggio elettrico basato su configurazione a geometria lineare usata per misurare variazioni verticali di resistività elettrica: la distanza tra gli elettrodi e la posizione dei dipoli di misura del potenziale rispetto a quello di iniezione di corrente controllano la profondità di investigazione di questi sistemi. Aumentando (simmetricamente rispetto al dipolo di trasmissione) la distanza tra gli elettrodi di misura, si accresce la profondità di investigazione. Una singola misura ottiene un singolo punto di resistività apparente ad una determinata profondità.

Il dispositivo dipolo-dipolo descritto è lo stesso utilizzabile nella tomografia elettrica di superficie, la quale ha il vantaggio di essere multi – elettrodo, e quindi permettere tramite

un processo matematico la ricostruzione di un modello di variazione della resistività alle singole profondità, ma ha lo svantaggio di essere manuale, cioè gli elettrodi sono infissi manualmente linea per linea e per questo poco agevole per la mappatura di vaste superfici.

Per eseguire in modo rapido una indagine geoelettrica ed ottenere direttamente una mappatura spaziale delle proprietà elettriche del suolo, GEOCARTA S.A (Parigi) ha sviluppato lo strumento multi elettrodico ARP® (Automatic Resistivity Profiling). Tale sistema consiste in una consolle di acquisizione di dati elettrici collegati ad una successione di parecchi elettrodi rappresentati da ruote dentate (figura seguente); gli elettrodi sono inseriti nel suolo automaticamente attraverso il movimento di rotazione delle ruote stesse lungo la superficie del terreno.



Figura 12- Particolare del sistema di acquisizione ARP: ruote dentate che fungono da elettrodi

Un profilo ed un sondaggio semplificato sono ottenuti simultaneamente. L'acquisizione dati è molto veloce: fino a 40 ettari possono essere investigati in un giorno (nel caso di distanza tra i transetti di 6 metri). In ambito archeologico con spaziatura tra ogni passaggio non superiore ad 1m, si possono esplorare fino a 5 ettari al giorno.

Attraverso il metodo si realizza una mappatura completa delle proprietà elettriche del suolo a tre profondità diverse, da 0 a 50 cm, da 0 a 100cm e da 0 a 200cm.

Le Unità di suolo possono poi essere caratterizzate osservando sia le variazioni orizzontali che verticali della resistività apparente.

La parte meccanica del sistema ARP è composta di quattro dipoli: il primo immette una corrente stabilizzata nel sottosuolo, i successivi tre dipoli misurano il potenziale che deriva dall'immissione della corrente. La distanza tra i tre dipoli aumenta con la distanza

dall’immissione di corrente (dipolo equatoriale). La distanza è rispettivamente 0.5m, 1m e 2m (si veda figura seguente).

Simulazioni numeriche hanno illustrato che la profondità di investigazione è nello stesso ordine della distanza dal dipolo trasmettitore. L’ampiezza della corrente è regolata su “step” di 1mA, potendo regolare manualmente correnti di 0.1, 1,5, 10, 20, 40 mA.

Qualunque sia la velocità di movimento questo strumento è in grado di eseguire una misura ad un intervallo di distanza prefissato (20 cm); per esempio, eseguendo passaggi a distanza di 1 metro, più di 180.000 misure possono essere acquisite in meno di due ore. L’intero sistema è brevettato (CNRS, Università Paris VI).

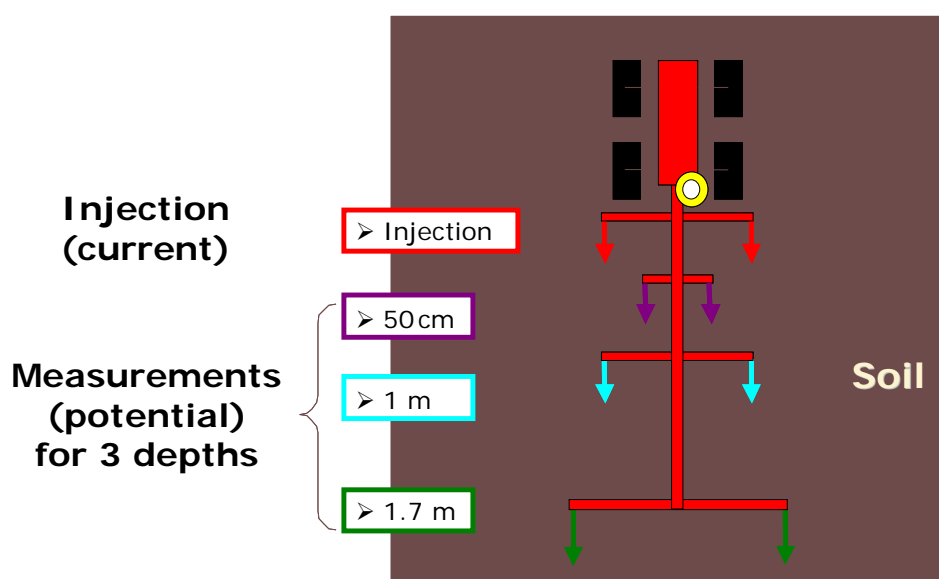


Figura 13 - Schema elettrodi ARP

In suoli non salini, valori bassi di resistività, sotto i 10 Ohm*m, indicano una composizione argillosa prevalente; i valori tra i tra 30 e 60 Ohm *m rappresentano il suolo principalmente limoso, mentre tra 100 e 150 Ohm*m si hanno tessiture grossolane (sabbia e scheletro). La presenza di scheletro causa aumenti di resistività nell’ordine delle centinaia o anche migliaia di Ohm*m in reazione alla pietrosità del profilo ed alla composizione mineralogica della roccia .

Terreni sabbio-limosi o ghiaioso - sabbiosi, se umidi o saturi, risultano sempre più conduttivi rispetto ai medesimi asciutti.

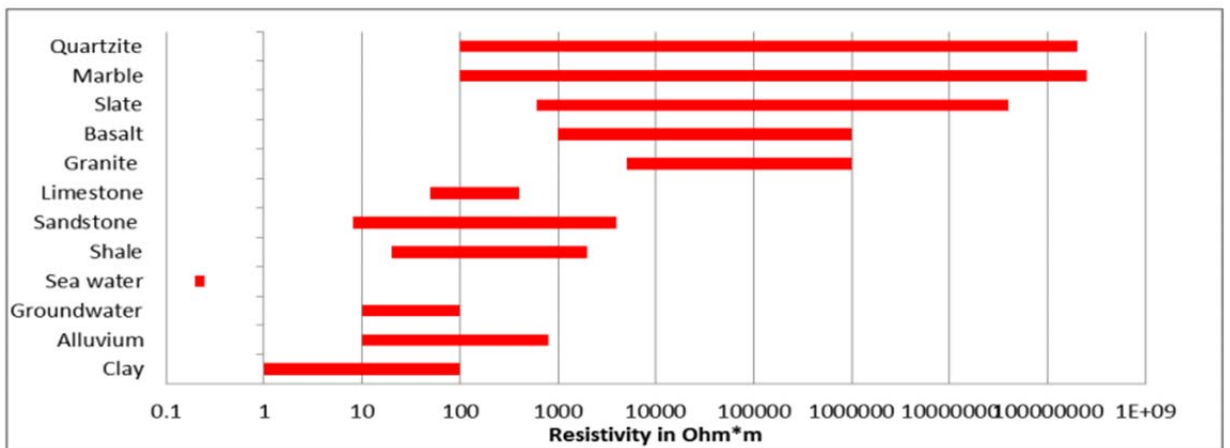


Figura 14 Valori medi di resistività indicati in letteratura.



Figura 15 Dettaglio del sistema di acquisizione A.R.P.



Figura 16 Acquisizione ARP su area PrN01

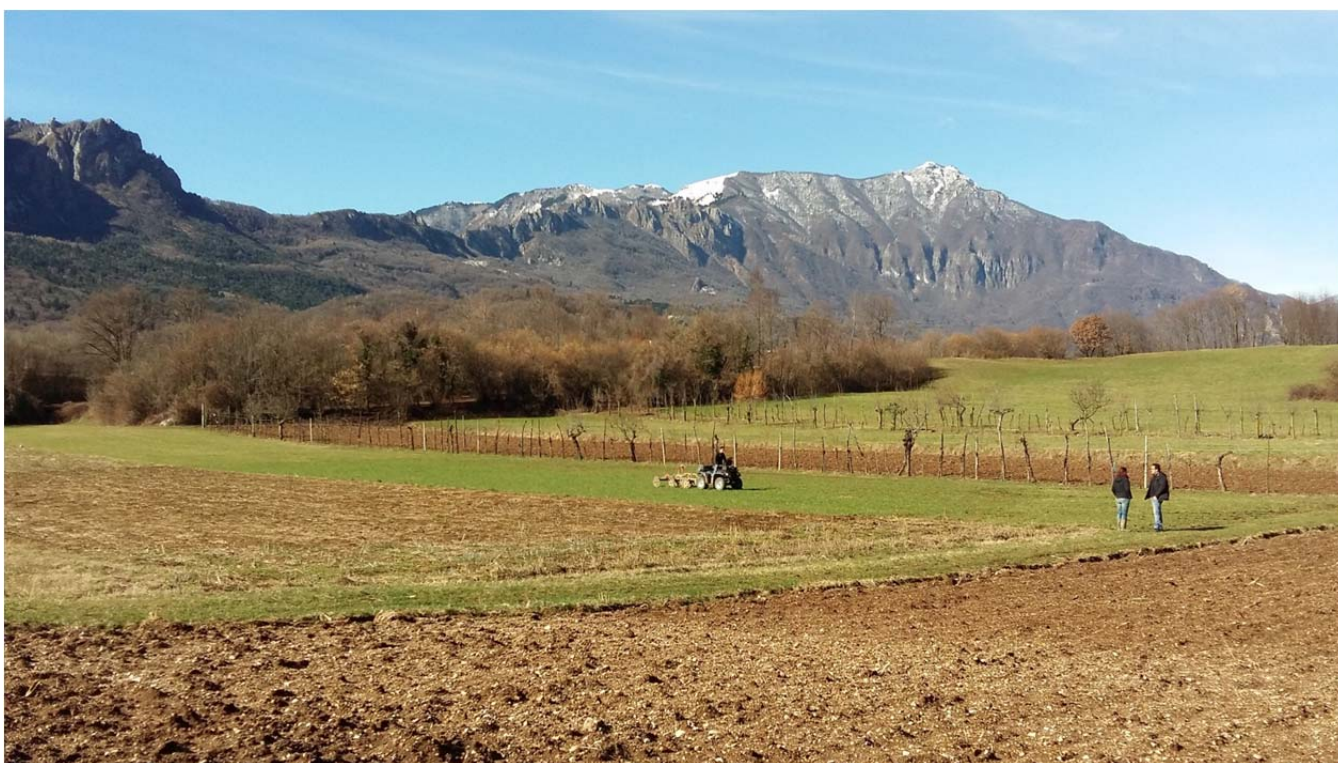


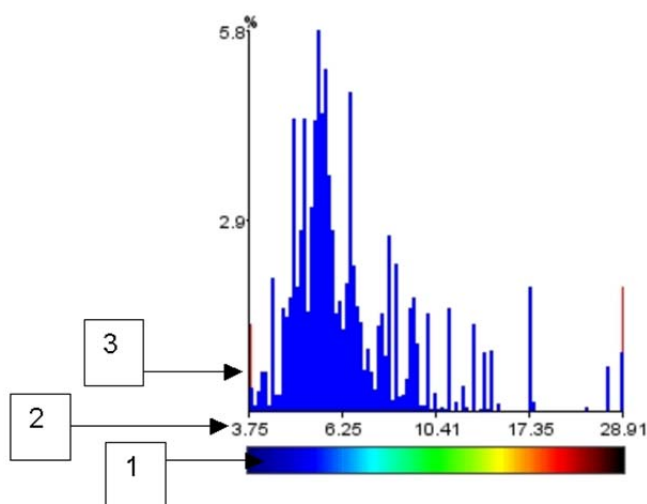
Figura 17 Acquisizione ARP su area PrN03

4.1 Acquisizione dati A.R.P.

Le misure A.R.P. sono state condotte esclusivamente nella aree PrN01 e PrN03; le altre due aree sono state escluse in quanto interessate da terreno già seminato al momento delle misure.

4.2 Elaborazione dei dati ARP

La procedura di elaborazione dei dati grezzi prevede prima l’utilizzo di un filtro 1D mediano lungo il transetto e poi una fase di interpolazione con una maglia quadrata (*gridding*).



Le immagini relative alle mappe di resistività illustrano, per ogni appezzamento indagato, la mappa della resistività per differenti profondità di investigazione usando una appropriata scala di colori; poiché in ambito archeologico viene utilizzata generalmente una scala a tonalità di grigio, su tutte le mappe di seguito illustrate, gli alti valori di resistività sono visualizzati in nero (zona estrema destra della scala di colori) mentre i bassi valori di resistività (quindi di alta conducibilità)

sono visualizzati in bianco (zona opposta della scala di colori). Valori intermedi si estendono tra questi due estremi.

Ad ogni scala di colori è associato un istogramma che dà le seguenti informazioni:

1. Scala cromatica di rappresentazione dei valori di resistività misurati;
2. Corrispondenti valori di resistività (Ohm•m);
3. Distribuzione di frequenza dei valori rilevati (istogramma).

Per ciascuna delle tre profondità di esplorazione (50 cm, 100cm e 170 cm) sono state prodotte le seguenti mappe di resistività:

1. Mappa delle variazioni della resistività (in $\text{ohm}\cdot\text{m}$);
2. Mappa delle variazioni locali della resistività ottenuta con filtro media mobile;
3. Mappa delle variazioni locali percentuali della resistività in termini di gradiente.

Ciascuna delle mappe elaborate fornisce il proprio contributo in termini di capacità risolutiva ed i risultati in termini di interpretazione si integrano reciprocamente.

Le mappe sono riportate negli allegati dalla Tavola 7 alla Tavola 9.

5 ALLEGATI: MAPPE

- 5.1 Risultati indagine con metodo geoelettrico multielettrodico da superficie con tecnica A.R.P: Tavole da 1 a 6*
- 5.2 Risultati indagine con metodo magnetometrico in configurazione gradiometrica :
Tavole da 7 a 9*

Tavola 1: PrN01 e PrN02 Misure gradiometriche



SCALA GRAFICA [metri]



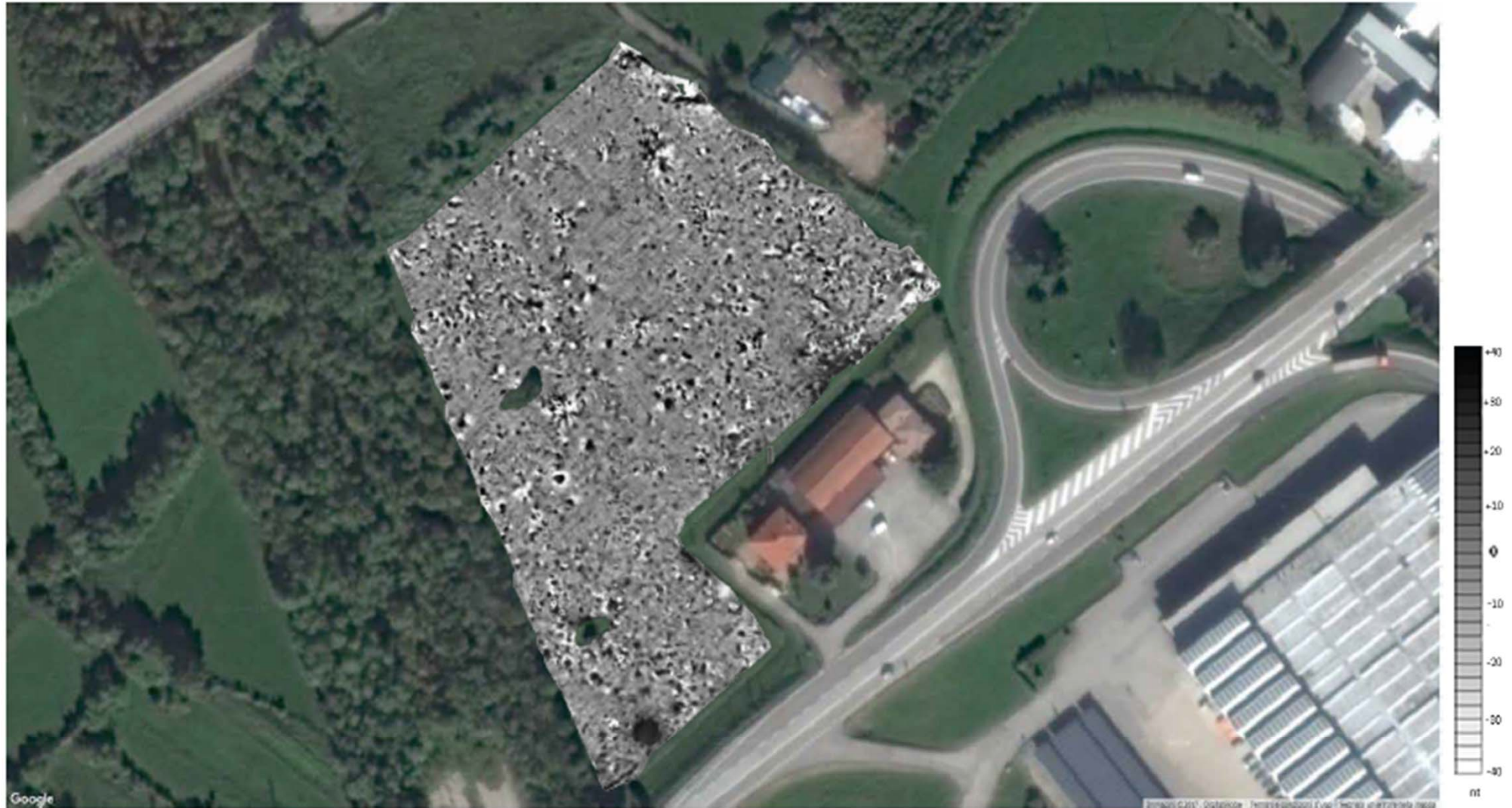
Tavola 2: PrN03 Misure gradiometriche



SCALA GRAFICA [metri]



Tavola 3: PrN04 Misure gradiometriche



SCALA GRAFICA [metri]



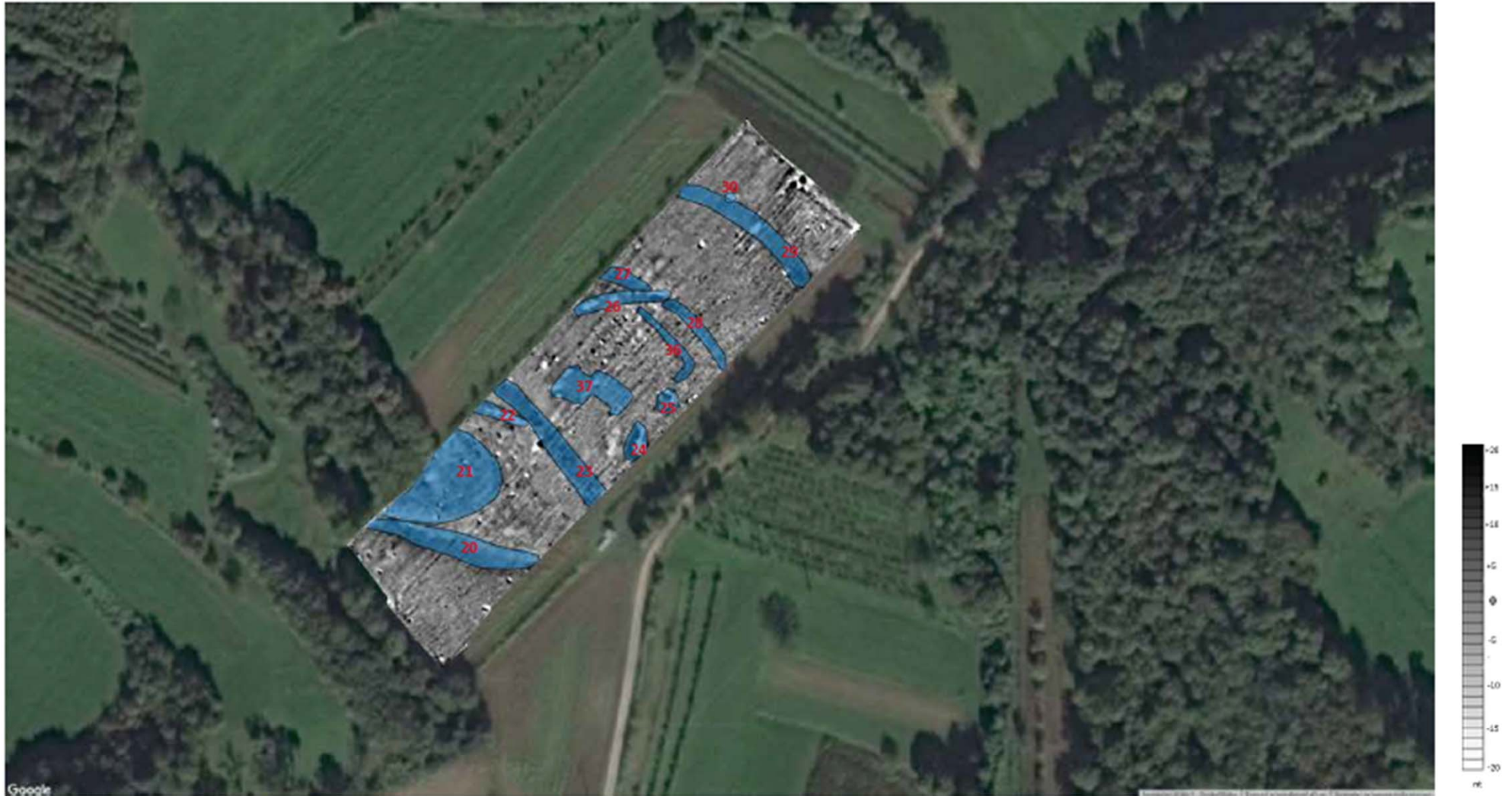
Tavola 4: PrN01 e PrN02 Misure gradiometriche



SCALA GRAFICA [metri]



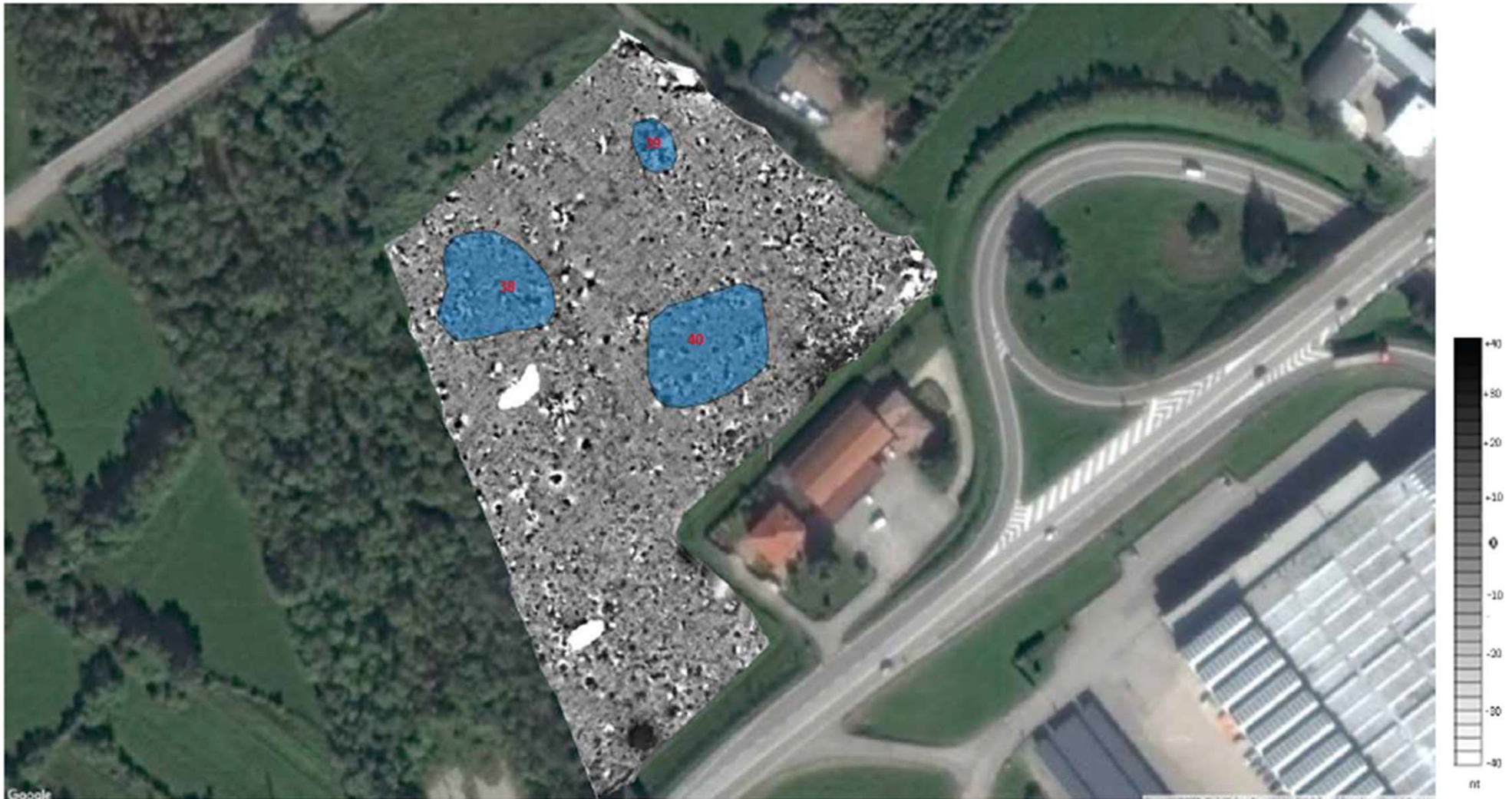
Tavola 5: PrN03 Misure gradiometriche



SCALA GRAFICA [metri]



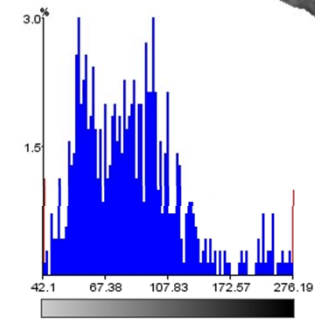
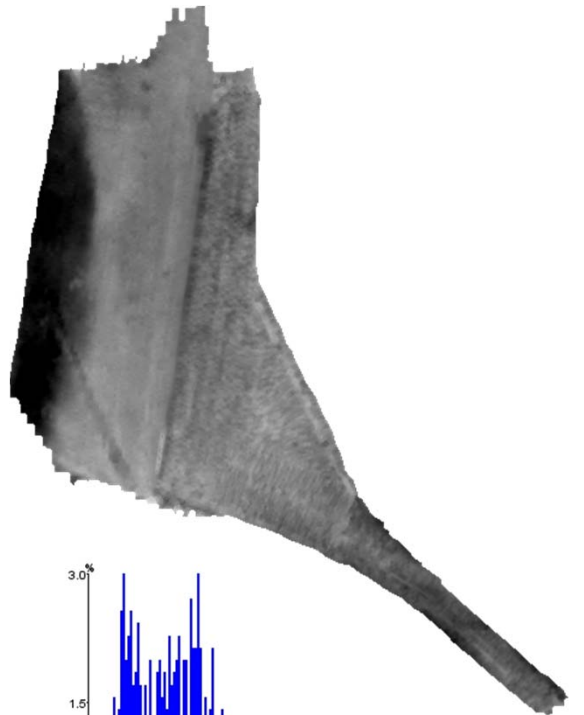
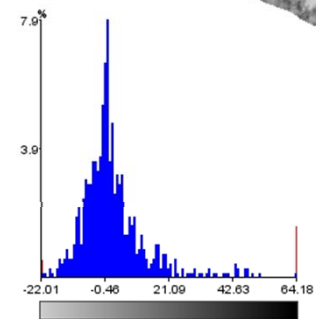
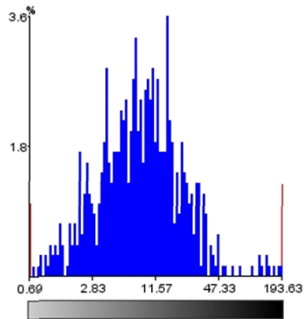
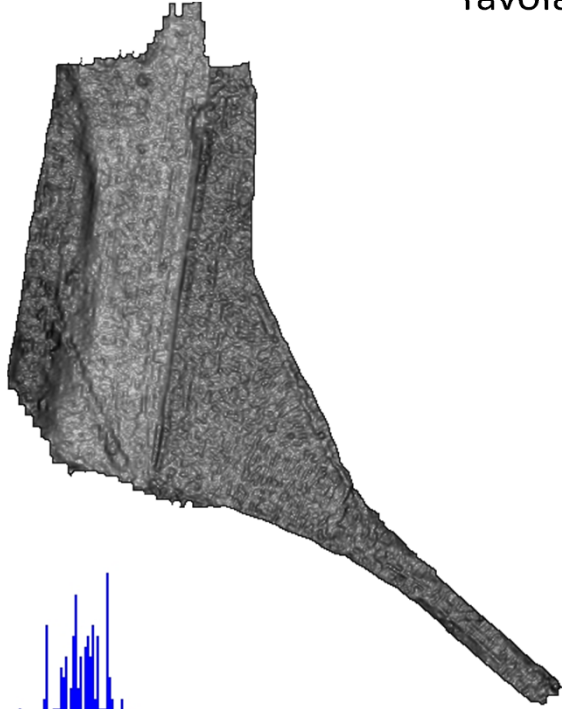
Tavola 6: PrN01 e PrN02 - Misure gradiometriche



SCALA GRAFICA [metri]



Tavola 7: ARP PrN01 e PrN03 – Prof. 0.5 m (Immagini non in scala)

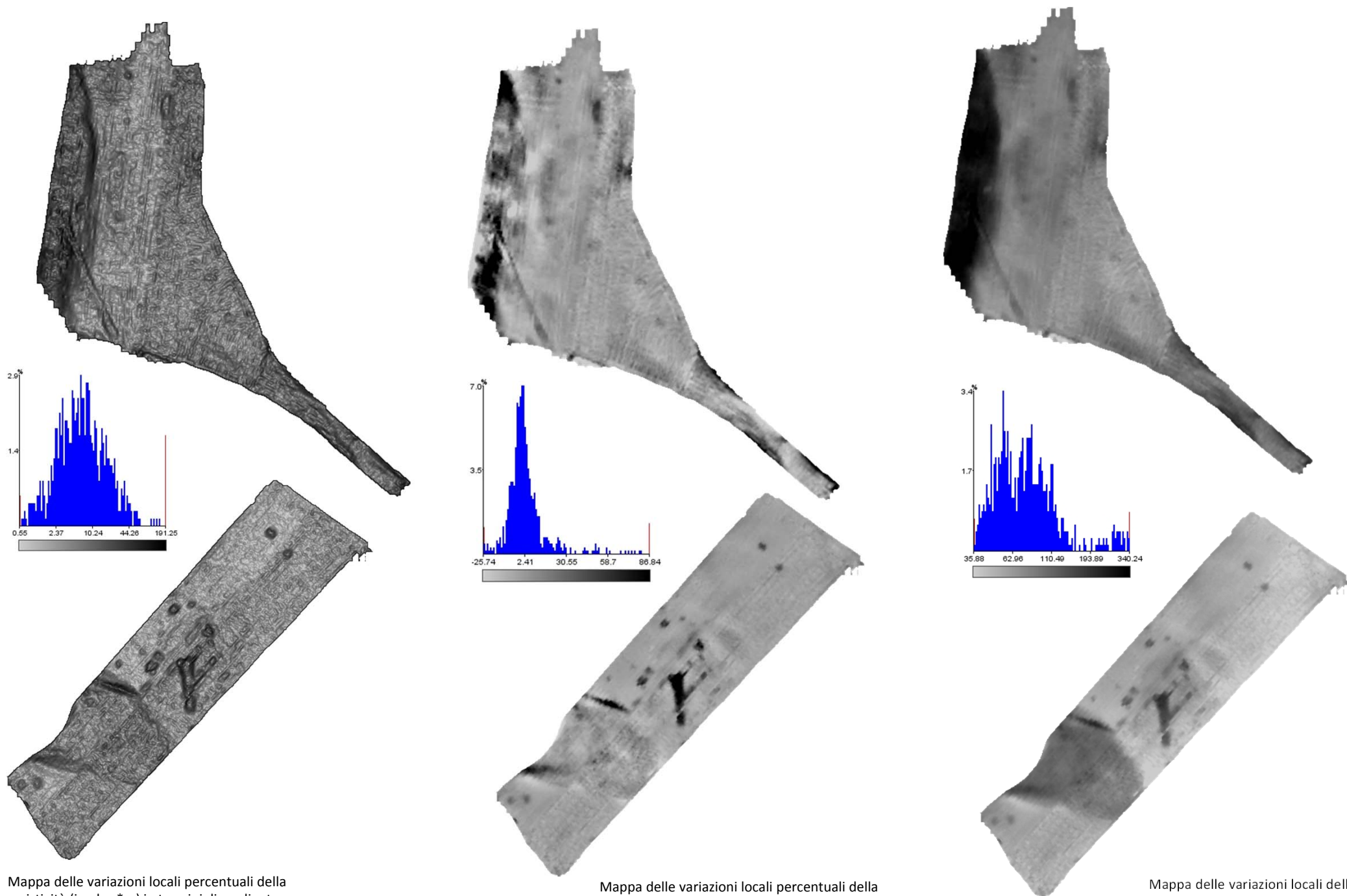


Mappa delle variazioni locali percentuali della resistività in termini di gradiente

Mappa delle variazioni locali percentuali della resistività ottenuta con filtro media mobile

Mappa delle variazioni locali della resistività (in ohm*m)

Tavola 8: ARP PrN01 e PrN03 – Prof. 1.0 m (Immagini non in scala)



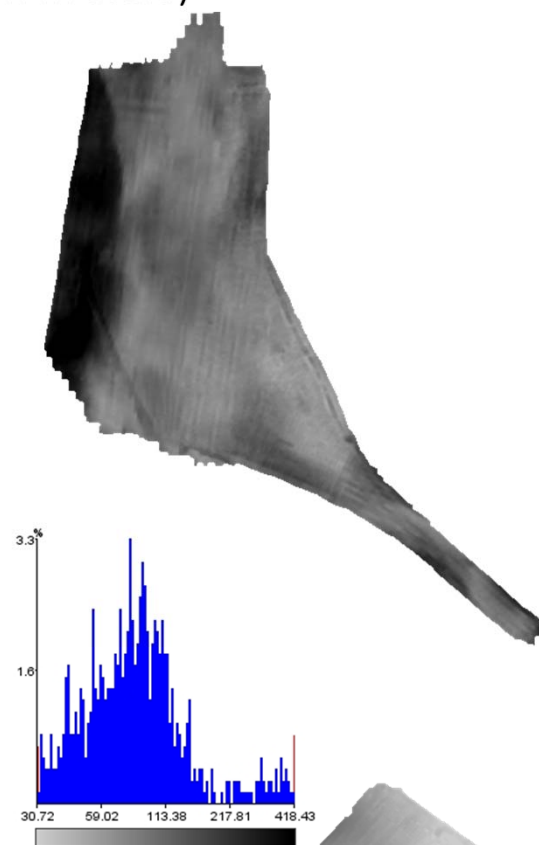
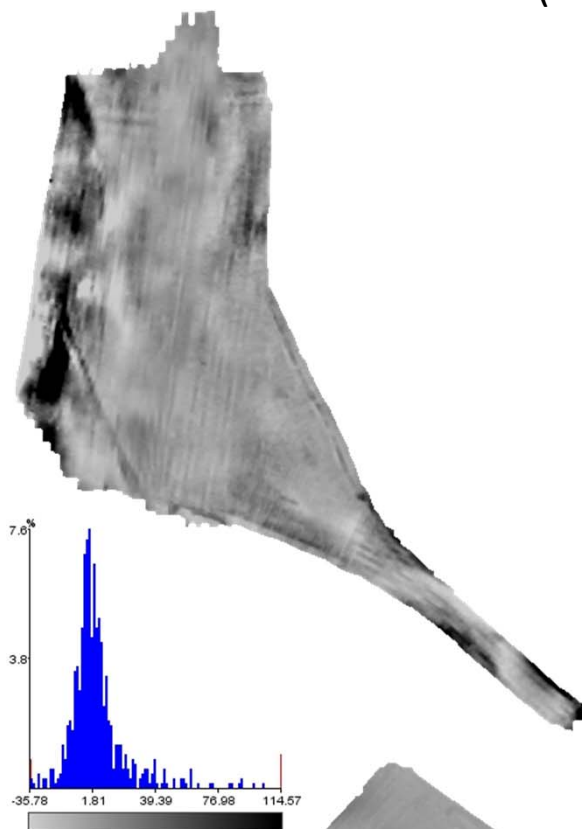
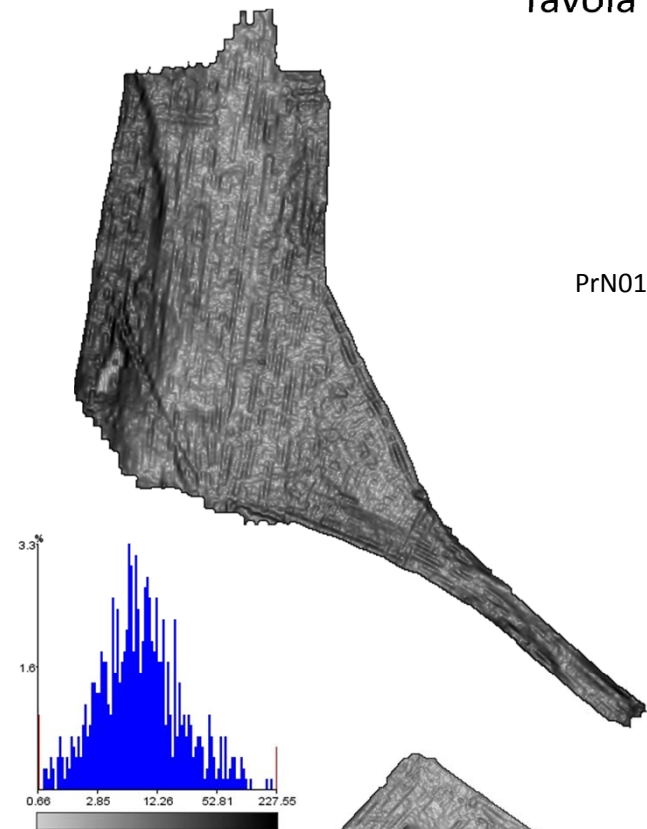
Mappa delle variazioni locali percentuali della resistività (in ohm*m) in termini di gradiente

Mappa delle variazioni locali percentuali della resistività (in ohm*m) ottenuta con filtro media mobile

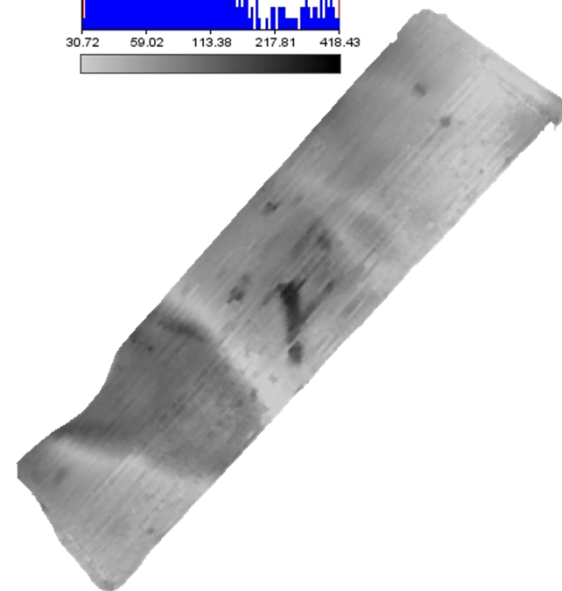
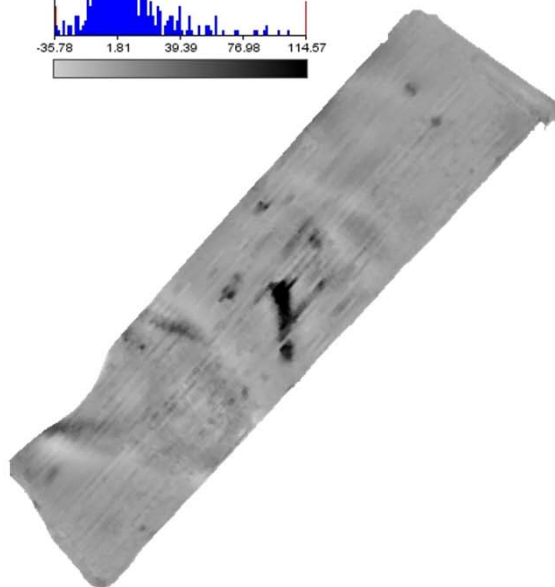
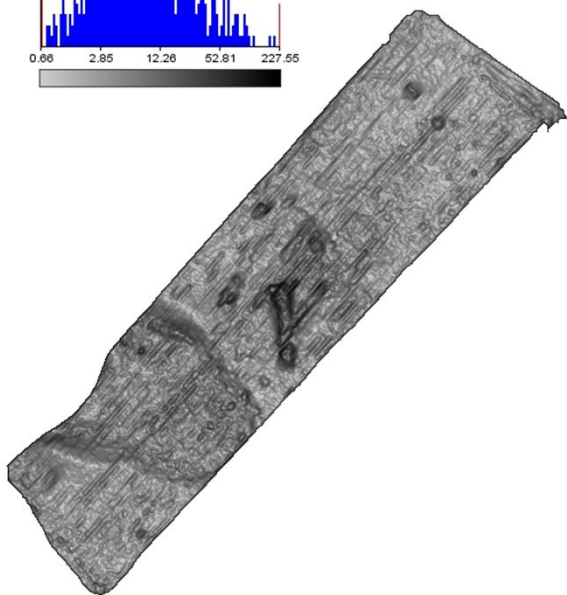
Mappa delle variazioni locali della resistività (in ohm*m)

Tavola 9: ARP PrN01 e PrN03 – Prof. 1.7 m (Immagini non in scala)

PrN01



PrN03



Mappa delle variazioni locali percentuali della resistività (in ohm*m) in termini di gradiente

Mappa delle variazioni locali percentuali della resistività (in ohm*m) ottenuta con filtro media mobile

Mappa delle variazioni locali della resistività (in ohm*m)