



Studio De Giorgio - Geologia Ambiente Geotermia. Piazza A. Moro, 10 - 70028 Sannicandro di Bari (BA)
cell. 3290355371 e-mail: info@studiodegiorgio.net

Report sintesi indagini geofisiche integrative della zona PIP del Comune di Statte

maggio 2014



**Comune di Statte
Settore Tecnico
Servizio Ambiente ed Ecologia**

**via San Francesco, 5
74010 Statte**

Tecnico:

Dott. Geol. Giorgio De Giorgio

INDICE

| | | |
|-----------|--|----|
| 1. | Premessa | 1 |
| 2. | Metodologia e strumentazione utilizzata | 2 |
| 3. | Indagini realizzate | 7 |
| 3.1 | Stendimento AA' - 48 elettrodi - 95 m | 8 |
| 3.2 | Stendimento BB' - 48 elettrodi - 47 m | 9 |
| 3.3 | Stendimento CC' - 48 elettrodi - 188 m | 10 |
| 3.4 | Stendimento DD' - 48 elettrodi - 188 m | 11 |
| 3.5 | Stendimento EE' - 48 elettrodi - 188 m | 12 |
| 3.6 | Stendimento FF' - 48 elettrodi - 141 m | 13 |
| 3.7 | Stendimento GG' - 48 elettrodi - 46.5 m | 14 |
| 3.8 | Stendimento HH' - 48 elettrodi - 117.5 m | 15 |
| 3.9 | Stendimento II' - 48 elettrodi - 117.5 m | 16 |
| 3.10 | Stendimento LL' - 48 elettrodi - 46.5 m | 17 |
| 4. | Modello di dettaglio dell'area | 18 |
| 4.1 | Sezioni geologiche | 19 |
| 4.2 | Carta degli spessori del materiale di riempimento | 25 |
| 4.3 | Carta con la distribuzione dei materiali di scarto | 27 |
| 5. | Elenco degli allegati | 28 |

ALLEGATI

| | |
|----------|---|
| 1 | Planimetria con ubicazione delle tracce di sezione, delle tomografie elettriche e di piezometri e sondaggi realizzati nell'area PIP |
| 2 | Tomografie elettriche e documentazione fotografica |
| 3 | Sezioni geologiche |
| 4 | Carta ad isopache dei materiali di riempimento |
| 5 | Carta delle isobate della profondità del substrato |
| 6 | Carta della distribuzione dei materiali di scarto industriale |



1. Premessa

Nell'ambito del Progetto del Piano di caratterizzazione della zona PIP di Statte sono state realizzate complessivamente n.11 perforazioni di sondaggio attrezzate a piezometro spinte a profondità variabili fino ad intercettare il substrato calcareo ed il livello statico delle acque della falda carsica ivi presente.

Da quanto emerso dai risultati del piano di caratterizzazione è stato possibile dedurre che il sito, in passato area di cava a cielo aperto coltivata a fossa, è stato riempito, prima della destinazione ad area produttiva, con terreni di riporto costituiti da materiali di risulta legati ad attività sia di tipo edile che di tipo industriale, il cui spessore varia in base all'originaria morfologia del piano di cava.

È quindi emersa la necessità di stabilire con sufficiente approssimazione la complessa morfologia dei piani ultimi di sbancamento risultanti dalla precedente attività di cava. La superficie risultante dal raccordo di tali piani articola il substrato dell'area PIP in zone dove il riempimento risulta avere spessore relativamente maggiore ed altre in cui lo spessore risulta minore, o del tutto assente.

Il presente report espone i risultati della campagna di indagini geofisiche integrative realizzate nella zona PIP del Comune di Statte su incarico dell'ing. De Molfetta, volte specificamente alla formulazione di ipotesi di ricostruzione della morfologia dei piani di cava al di sotto dei quali si estende il substrato geologico naturale dell'area ed alla valutazione della possibilità di distinguere il materiale di riporto industriale da quello edile.

La campagna di indagini geoelettriche integrative è stata divisa in due fasi. Nella prima fase sono state realizzate 7 prospezioni geoelettriche con elaborazione tomografica dei risultati, successivamente integrate da ulteriori 3 prospezioni meglio focalizzate sulle aree prive di informazioni. Gli stendimenti geoelettrici sono stati realizzati in tutte le aree prive di impedimenti ed elementi che possano condizionare i risultati dell'indagine quali ad esempio cumuli di materiale grossolano e vegetazione non asportabile attraverso ordinarie operazioni di pulizia.

Sebbene l'ubicazione e l'estensione delle tracce delle sezioni tomografiche di resistività apparente siano state condizionate dalla presenza degli ostacoli citati, l'analisi e l'interpretazione dei dati ha comunque permesso l'elaborazione di un modello di adeguato dettaglio della morfologia dei piani di cava e l'individuazione dell'assetto di diverse tipologie di materiali di riempimento..



2. Metodologia e strumentazione utilizzata

Per la realizzazione delle indagini integrative si è proceduto per focalizzazioni ed approfondimenti graduali ed incrementali. Dapprima sono stati eseguiti 4 stendimenti geofisici a rifrazione; constatato che la profondità dei riempimenti non consentiva l'individuazione di riflettori sismici significativi si è eseguito un numero congruo di stendimenti geoelettrici, da cui sono stati ottenuti risultati di adeguato dettaglio. Di seguito si descrive quest'ultima metodologia di indagine indiretta.

La metodologia di indagine geoelettrica

Le indagini geoelettriche si basano sull'immissione di corrente elettrica nel terreno con due elettrodi, detti "elettrodi di corrente", e sulla misura della tensione (differenza di potenziale) tra altri due elettrodi, detti "di potenziale". A seconda della distanza reciproca tra gli elettrodi che immettono la corrente e gli altri due che la misurano si possono investigare profondità differenziate di terreno (maggiore la distanza, maggiore la profondità d'indagine). Il parametro misurato è la *resistività elettrica* che dipende dalla natura dei materiali attraversati, dalla porosità, dalla permeabilità e dal contenuto ionico dei fluidi di ritenzione.

L'invio della corrente nel sottosuolo utilizzando delle sorgenti puntiformi in superficie determina l'irraggiamento delle linee di corrente attraverso superfici di forma semisferica.

In generale il terreno non è elettricamente omogeneo né isotropo, perciò quando viene immessa corrente in esso, una qualsiasi causa di variazione di conducibilità ne altera il flusso provocando un'anomala distribuzione del potenziale. La misura di questo valore prende il nome di "resistività apparente", in quanto dipende dalla disposizione degli elettrodi nel terreno. La raccolta di queste informazioni avviene lungo tutto il tratto percorso dai filetti elettrici e, di conseguenza, da tutta la semisfera prodotta dall'immissione di corrente nel sottosuolo. La tomografia elettrica resistiva di superficie (ERT) si basa su un elevato numero di misure elettriche che, nel caso specifico, sono state effettuate su 48 elettrodi (metodologia multielettrodo), disposti sul terreno lungo i profili scelti. La restituzione dei risultati (ricostruzione tomografica) viene realizzata approssimando il terreno (sottosuolo) in maglie o celle ("elementi finiti") e riportando in un'apposita sezione gli elementi finiti con resistività omogenea.

Per le prospezioni tomografiche vengono utilizzate diverse configurazioni di elettrodi di corrente e potenziale, quali ad esempio Schlumberger, Wenner, dipolo-dipolo, polo-dipolo, ecc. (Loke, 2001); la loro scelta dipende dagli scopi dell'indagine, dalle caratteristiche della regione interessata dalla misura, dal tempo a disposizione e dalla quantità di memoria disponibile sul computer.

Il tipo di configurazione scelto per la presente campagna d'indagine è stato il metodo Wenner-Schlumberger, che consente una chiara visione dei cambiamenti di resistività in orizzontale ed in profondità.

Le modalità di trasmissione dell'energia elettrica possono essere le seguenti

- Elettronica: gli atomi dei materiali hanno elettroni liberi di muoversi con facilità ed oppongono quindi bassa resistenza al passaggio della corrente elettrica. Appartengono a questa categoria tutti i metalli.
- Dielettrica: i materiali sono cattivi conduttori, opponendo notevole resistenza al passaggio della corrente. La maggior parte dei terreni e delle rocce in condizioni anidre appartiene a questa categoria.
- Elettrolitica: in presenza di un fluido gli ioni (particelle cariche elettricamente) possono muoversi con facilità trasportando la corrente elettrica. Questa modalità di trasmissione diventa importante per terreni saturi di acqua.

Le rocce possono essere considerate, nella maggioranza dei casi, degli elettroliti solidi. In essi la conduzione avviene per processi che interessano gli ioni legati a formare le strutture cristalline; in generale la forza esercitata sugli ioni



da parte di un campo elettrico, è minore delle forze che legano tali ioni e pertanto gli elettroliti solidi possono considerarsi isolanti. Le rocce naturali, però, sono in genere permeate da una certa quantità di acqua interstiziale ricca in sali e pertanto acquistano una conduttività ionica che dipende dalla quantità di spazi nella roccia (pori, microfessure, fratture) che sono saturati dall'acqua. In generale si ha dunque che quanto più porosa e fessurata è una roccia, tanto più è elevato il suo contenuto in acqua e tanto più, quindi, è alta la sua conduttività (e ovviamente bassa la sua resistività).

In generale, la resistività delle rocce porose, sottosature di acqua, si può ottenere dalla relazione empirica di Archie:

$$\rho = a * \rho_w * \Phi^{-m} * S^{-n}$$

dove:

ρ = resistività delle rocce porose;

ρ_w = resistività elettrica dell'acqua di imbibizione;

Φ = porosità (rapporto tra il volume dei pori e quello della roccia);

S = grado di saturazione (o imbibizione - rapporto tra il volume dei pori riempiti d'acqua e quello complessivo dei pori) della roccia (variabile tra 0.1 e 1);

a, m, n , = costanti o fattori numerici.

In particolare, a è il coefficiente di tessitura e varia da 0.5 a 2.5, m è il fattore di cementazione e varia da 1.3 a 2.5). Per quanto riguarda n , tale parametro assume generalmente un valore pari a 2 (Carrara, Roberti, Rapolla, 1992). La tessitura esprime la disposizione, forma e dimensione dei granuli che compongono la roccia, nonché la rete di canalicoli irregolari e tortuosi riempiti di elettrolita (Norinelli, 1982). Un altro fattore che influenza la resistività è la temperatura: un aumento di quest'ultima, infatti, causa un incremento della mobilità degli ioni presenti nella soluzione elettrolitica e quindi della conduttività. La tabella 1 illustra il range di resistività espressa in ohm/m, di alcune rocce e di qualche minerale.

| LITOTIPO | RESISTIVITA'(Ω m) |
|---------------------|---------------------------|
| Acqua | 10 – 100 |
| Acqua di mare | 2 – 3 |
| Arenarie | 200 – 5000 |
| Argille | 1– 50 |
| Calcari | 300 – 10000 |
| Detriti alluvionali | 50 – 1000 |
| Dolomie | 500 - 10000 |
| Ghiaia e sabbia | 70 – 700 |
| Graniti | 1000 – 20000 |
| Marne | 100 – 500 |
| Piroclasti | 50 – 600 |
| Rocce ignee | 100 – 10000 |
| Suolo di copertura | 10 – 200 |
| Calcareniti | 150 - 900 |



Con il metodo di resistività in corrente continua D.C. Resistivity viene immessa nel sottosuolo, mediante due elettrodi di corrente (A e B), una corrente elettrica che determina una differenza di potenziale misurata mediante altri due elettrodi di potenziale (M ed N). In realtà la tecnica attuale utilizza corrente in frequenza capace sia di escludere i notevoli disturbi della corrente di rete di 50 Hz, sia di prevenire effetti di saturazione elettrica del terreno che ne impediscono l'esplorazione in profondità. Condizione fondamentale perché il metodo risulti efficace è che esista e sia elevato il contrasto di resistività tra gli oggetti dell'indagine.

Dai valori noti di corrente erogata, dalla configurazione geometrica degli elettrodi e dalla differenza di potenziale misurata si calcola analiticamente la resistività apparente dei terreni indagati. La resistività di un terreno omogeneo e isotropo è data dalla seguente relazione:

$$\rho = (\Delta V/I) * K$$

dove

ρ = resistività terreno;

K = coefficiente geometrico (dipendente dalla disposizione degli elettrodi sulla superficie);

ΔV = differenza di potenziale misurata;

I = intensità di corrente.

Tuttavia, il sottosuolo non è elettricamente omogeneo e isotropo pertanto, quando in esso si immette corrente, una qualsiasi causa di variazione di conducibilità, ne altera il flusso provocando, di conseguenza, una anomala distribuzione del potenziale rispetto a quella che si avrebbe per un sottosuolo omogeneo.

Il valore di resistività che si misura in realtà è una resistività apparente e va considerata come un'anomalia rispetto a quella misurabile per una distribuzione teorica del potenziale in un sottosuolo omogeneo ed isotropo di resistività pari a quella propria dell'elettrostato più superficiale (Rapolla, Carrara, Roberti, 1992).

Strumentazione geoelettrica utilizzata

La strumentazione usata per il presente studio è la seguente:

- georesistivimetro PASI 16G;
- energizzatore per geoelettrica mod. P-300T;
- dispositivo Link-Box ogni 16 elettrodi;
- unità di acquisizione dati e di gestione dell'hardware;
- cavo di collegamento strumento-LinkBox (uno per ogni LinkBox);
- cavo di collegamento Link-Box - elettrodi (4 punti o 16 punti);
- elettrodi, da collegare ai due canali del georesistivimetro consistenti in picchetti di acciaio della lunghezza di 50cm circa, con diametro di 2cm ed estremità appuntita;
- cavo di collegamento energizzatore-strumento;
- accessori e cavi di connessione cavi per collegare gli elettrodi al georesistivimetro, cavetti per collegare gli elettrodi alle boccole dei cavi, ecc.

Analisi di tomografia geoelettrica

Nei profili tomografici gli elettrodi, sono distribuiti lungo un profilo a distanza fissa. La scelta della distanza dipende dalla risoluzione e dalla profondità d'indagine richiesta. Gli elettrodi vengono collegati mediante un cavo multicanale



allo strumento di misura e ad un computer. Il software gestisce l'emissione di corrente e la misura della differenza di potenziale utilizzando i diversi elettrodi disponibili.

Sono normalmente utilizzate correnti elettriche a bassa frequenza per minimizzare l'entità dei disturbi causati da servizi sotterranei e/o in superficie tipicamente presenti all'interno dei complessi industriali. La tomografia elettrica multielettrodo aumenta di molto le prestazioni dell'indagine poiché consente di individuare le interfacce di resistività sia verticali sia orizzontali, che sono legate alla geologia stratigrafica, all'idrogeologia, alla geotecnica, ai problemi ambientali, ecc.; la sezione di resistività completata con la sezione morfologica, restituisce una visione complessa e realistica del terreno in oggetto di studio.

Essendo, nella realtà, il sottosuolo da investigare disomogeneo, la tomografia elettrica multielettrodo bidimensionale permette solo di ricostruire una sezione di resistività apparente, detta *pseudosezione* in funzione della lunghezza dello stendimento e della posizione degli elettrodi sullo stendimento stesso. Il nome *pseudosezione* è giustificato dal fatto che la distanza interelettrodo, usata come variabile indipendente, determina la profondità, ma non coincide con essa. I risultati rappresentati sotto forma di pseudosezioni di resistività apparente possono essere presentati come linee isoresistive o con colori convenzionali, che permettono di distinguere aree a bassa resistività da aree a resistività relativamente maggiore. Inoltre la forma a trapezio del disegno dipende dalla graduale diminuzione del numero dei dati ottenuti aumentando la distanza degli elettrodi.

La pseudosezione dà dunque un'immagine molto approssimativa della reale distribuzione di resistività del mezzo analizzato che, dunque, appare con forme e contorni distorti rispetto a quelli reali. Tali distorsioni dipendono dalla distribuzione reale di resistività nel terreno, dal particolare dispositivo elettrodo e dal metodo di rappresentazione utilizzati. Se si usufruisce di un dispositivo dipolo-dipolo, ad esempio, la procedura utilizzata per effettuare misure è quella di Hallof (1990). Essa consiste nel tracciare delle linee a partire dal centro dei due dipoli, con una pendenza di 45° rispetto all'orizzontale e nel posizionare ogni valore misurato nel punto di intersezione tra esse. Man mano che la distanza tra i due dipoli aumenta, il valore misurato si posiziona ad una maggiore profondità.

Una siffatta rappresentazione è molto astratta perché le linee di corrente non si distribuiscono mai in un sottosuolo reale formando degli angoli di 45°. A causa delle difficoltà riscontrate nell'interpretazione dei dati, bisogna elaborare mediante **algoritmo d'inversione** i valori di resistività apparente, graficati in forma di pseudosezione, in sezione di resistività reale; il risultato dell'indagine multielettrodo è dunque una mappatura in termini di resistività 2D o una distribuzione volumetrica di resistività 3D, dalle quali si deducono le caratteristiche litologiche del sottosuolo.

L'algoritmo di inversione, sulla base di un modello iniziale di distribuzione di resistività, calcola, tramite un procedimento agli elementi finiti, i valori di resistività apparente nei punti in cui la resistività stessa è stata misurata. La tecnica è essenzialmente un'ottimizzazione del metodo dei minimi quadrati in cui un modello di partenza viene iterativamente modificato finché la differenza tra questo e la pseudosezione sperimentale risulta ridotta al minimo. L'assunto di base della tecnica per la costruzione del modello è che nel sottosuolo ci sono tanti strati quanti sono i valori di resistività sulla curva sperimentale di p_a .

La profondità media di ogni strato è uguale alla spaziatura elettrodo utilizzata per la misura di resistività moltiplicata per una costante il cui valore deve essere tale da ridurre al minimo la differenza tra la curva teorica (ricavata dal modello) e la curva sperimentale. Questa costante viene determinata utilizzando l'algoritmo del *trial and error*, ovvero calcolando la percentuale di scarto *root mean squared* (*r.m.s.*, *radice quadrata media*) tra i valori di p_a osservati ed i valori p_a calcolati nei punti considerati. È da sottolineare, tuttavia, il fatto che non sempre, al più basso valore *r.m.s.* possibile, corrisponde il modello geologico di sottosuolo più vicino alla realtà, a volte, infatti, si possono ottenere variazioni poco realistiche nei valori di resistività del modello. Pertanto, l'approccio più corretto è quello di scegliere il



modello di sottosuolo corrispondente all'iterazione dopo la quale l'errore *r.m.s.* non cambia significativamente. Generalmente ciò accade tra la terza e la quarta iterazione. L'algoritmo associa, infine ad ogni maglia della griglia 2D o 3D, in cui viene suddiviso il corpo da ricostruire, un valore di resistività reale, imponendo a maglie vicine di non poter assumere valori di resistività reale arbitrariamente diversi. Questo tipo di limitazione deve infatti compensare il fatto che per ottenere un modello dettagliato e sufficientemente esteso da coprire l'intero volume del corpo investigato con tutte le misure, il numero di maglie è molto superiore al numero di dati sperimentali di resistività apparente.

3. Indagini realizzate

Sono state realizzate n.10 prospezioni geoelettriche i cui parametri sono riassunti in tabella e la cui ubicazione è riportata nell'immagine sottostante. Come già esposto la modalità di acquisizione del dato è la Wenner-Schlumberger.

Tabella 1 - Sintesi dei parametri degli stendimenti

| Sigla Stendimento | Lunghezza (m) | Orientamento | Numero di elettrodi | Interdistanza |
|-------------------|---------------|--------------|---------------------|---------------|
| AA' | 95 | SW/NE | 48 | 2.0 |
| BB' | 47 | N.NW/S.SE | 48 | 1.0 |
| CC' | 188 | W.SW/E.NE | 48 | 4.0 |
| DD' | 188 | N.NW/S.SE | 48 | 4.0 |
| EE' | 188 | W.SW/E.NE | 48 | 4.0 |
| FF' | 141 | E.SE/W.NW | 48 | 3.0 |
| GG' | 46.5 | S.SE/N.NW | 32 | 1.5 |
| HH' | 117.5 | N.NW/S.SE | 48 | 2.5 |
| II' | 117.5 | W.SW/E.NE | 48 | 2.5 |
| LL' | 46.5 | W.NW/E.SE | 32 | 1.5 |

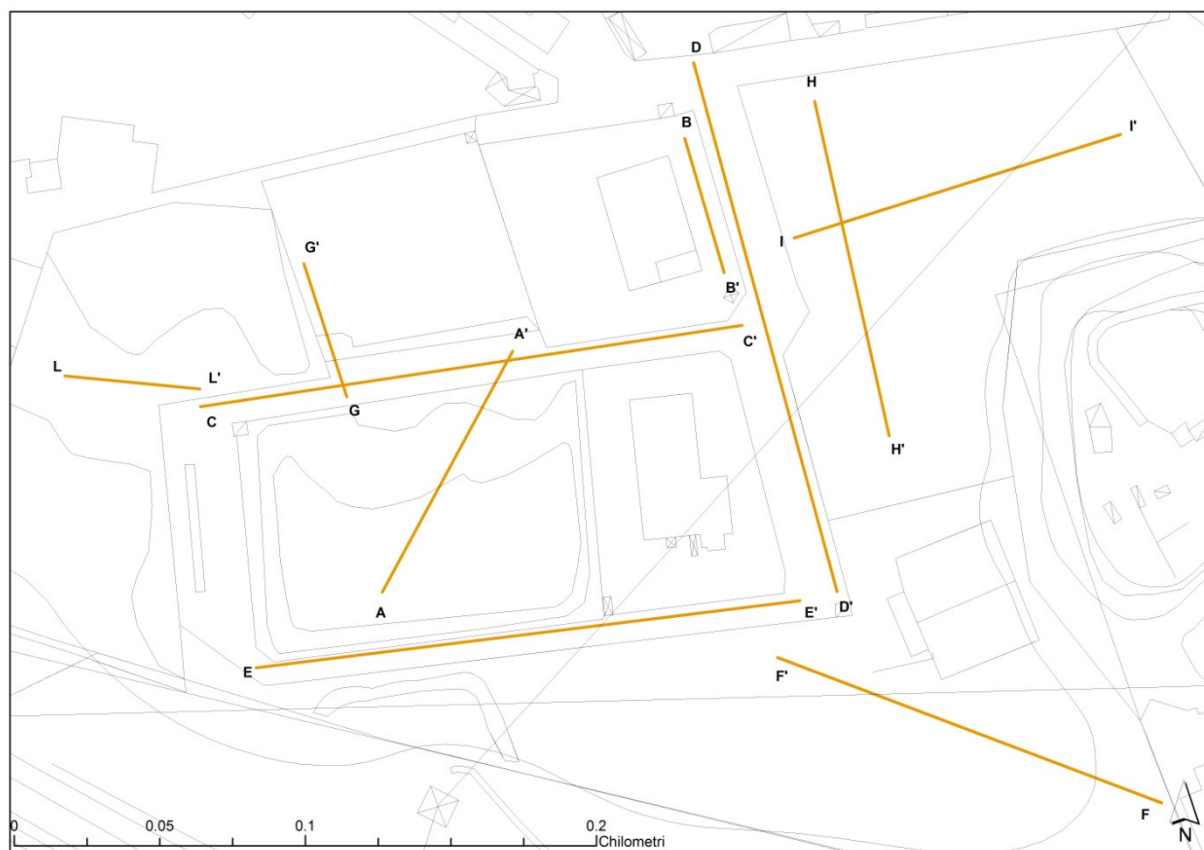


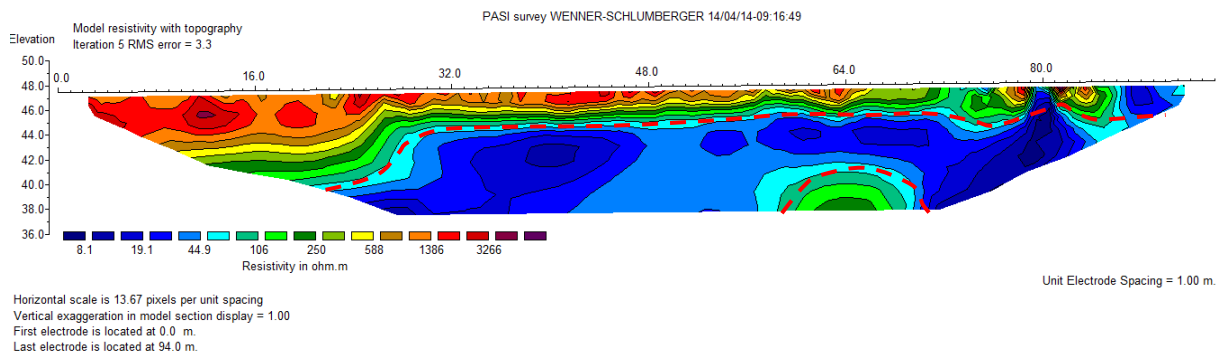
Fig. 1 - Planimetria del sito con ubicazione delle tracce degli stendimenti geoelettrici

Nel seguito sono esposti in dettaglio i risultati interpretativi delle sezioni riferite ai singoli stendimenti e, seppure con le limitazioni ovvie per un'indagine indiretta, vengono formulate delle ipotesi di correlazione tra i valori di resistività riscontrati e le possibili tipologie di materiali presenti nel sottosuolo.

I profili di resistività sono allegati in formato A3 alla presente relazione per agevolarne la lettura.



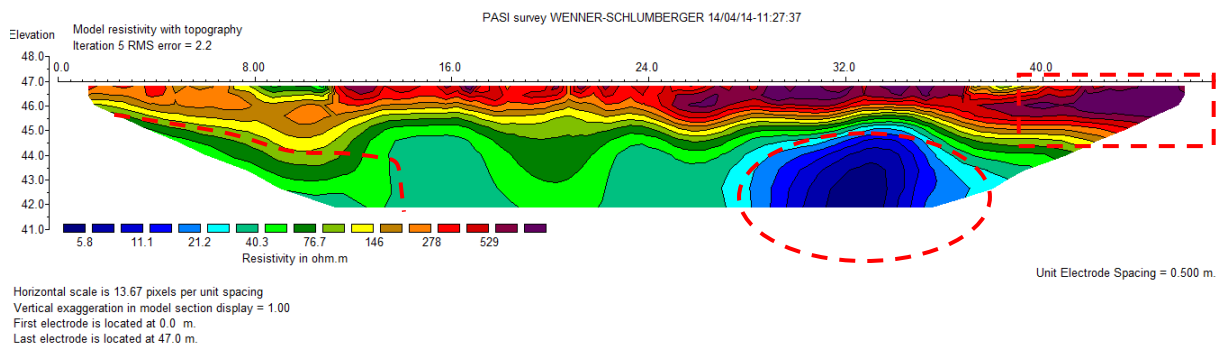
3.1 Stendimento AA' - 48 elettrodi - 95 m



Il profilo AA' è stato realizzato nel terreno di proprietà della società Sammarco. Nella zona compresa tra l'inizio dello stendimento e la progressiva 32 m sono presenti terreni alto resistivi costituiti da materiali di riporto sabbiosi e ghiaiosi prevalentemente asciutti. Questi materiali di riporto poggiano su sedimenti con grado di resistività compreso tra 7 e 20 ohm·m, il cui spessore tende progressivamente a diminuire nella parte iniziale della sezione. In relazione al range di valori di resistività questi ultimi possono essere considerati terreni di riporto sabbiosi con grado di umidità relativamente maggiore e comunque riferibili a scarti di tipo industriale. Una zona in cui sono presenti materiali di riporto alto resistivi sabbioso-ghiaiosi è presente tra le progressive 58-70 m a circa 8 metri di profondità. Da evidenziare nella parte terminale della sezione, in corrispondenza della progressiva 80 m, la presenza di materiali di riporto a bassa resistività, riconducibili a scarti industriali.



3.2 Stendimento BB' - 48 elettrodi - 47 m



Lo stendimento BB' ha una lunghezza complessiva di 47 metri ed evidenzia la presenza di importanti aspetti legati alla morfologia dell'ex-cava.

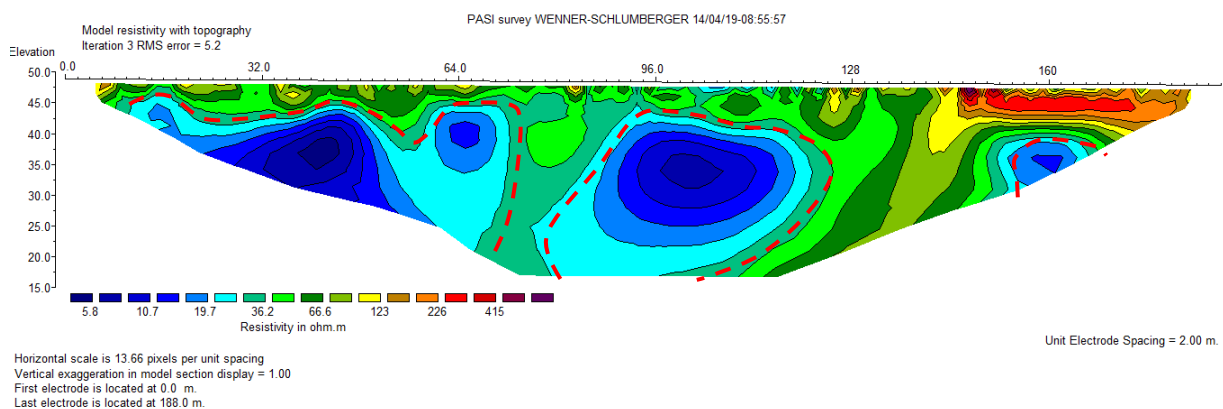
Il primo aspetto è relativo all'individuazione di un fronte di cava a circa 4 metri di profondità, in corrispondenza della progressiva 13 m, messo in evidenza dal passaggio dai valori di resistività compresi tra 50 e 70 ohm·m, tipici di calcari fratturati, a valori relativamente minori, riconducibili a terreni di riporto sabbiosi.

Sono inoltre da segnalare due anomalie. La prima, superficiale, posizionata nella parte terminale della sezione, mette in evidenza la presenza di cavità riconducibili all'esistenza di cisterne interrato. La seconda invece, posizionata a circa 3 metri di profondità dal piano campagna tra le progressive 28 e 38 m, evidenzia valori di resistività compresi tra 4 e 20 ohm·m, crescenti radialmente a partire da un nucleo centrale a resistività estremamente bassa. Tale anomalia potrebbe essere legata alla presenza di materiale di riporto estremamente conduttivo oppure ad una perdita concentrata di fluido.

Nel resto della sezione i valori di resistività presenti sono riconducibili a terreni di riporto sabbiosi e, subordinatamente, ghiaiosi.



3.3 Stendimento CC' - 48 elettrodi - 188 m

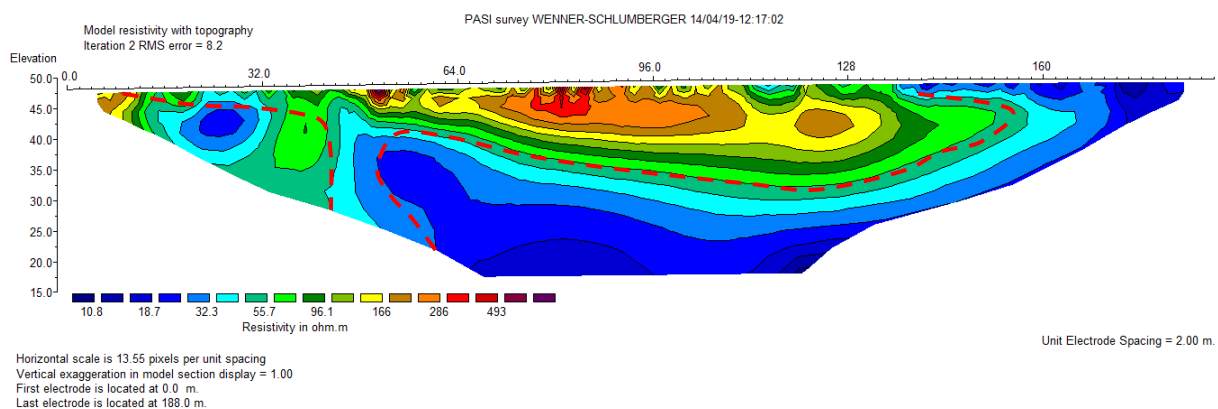


Lo stendimento CC', lungo circa 190 metri, è stato realizzato in corrispondenza della strada asfaltata con direttrice W-E a servizio dell'area PIP. Il profilo tomografico elaborato ha messo in evidenza la presenza di terreni di riporto eterogenei formati sia da depositi sabbiosi e ghiaiosi asciutti, ad alta resistività, che da terreni di riporto a bassa resistività, riconducibili a scarti industriali molto conduttivi. I terreni di riporto a bassa resistività sono posizionati lungo quasi tutta la sezione a partire da circa 4 metri di profondità e nello specifico tra le progressive 8-70 metri, 78-122 metri e in una piccola porzione alla fine della sezione in corrispondenza della progressiva 160 metri. I range di valori di resistività di questi depositi sono compresi tra 4 e 20 ohm-m, e tutte le aree basso resistive sono disposte radialmente a partire da un nucleo centrale a resistività estremamente bassa. Questa geometria potrebbe essere legata o alla presenza di materiale di riporto estremamente conduttivo, oppure ad una perdita concentrata di fluido. L'anomalia basso resistiva della parte centrale della sezione inoltre, conferma quella evidenziata nella porzione terminale della sezione AA'.

Le zone della sezione a resistività elevata e molto variabile, sono riconducibili a terreni di riporto asciutti sabbiosi e subordinatamente ghiaiosi.



3.4 Stendimento DD' - 48 elettrodi - 188 m



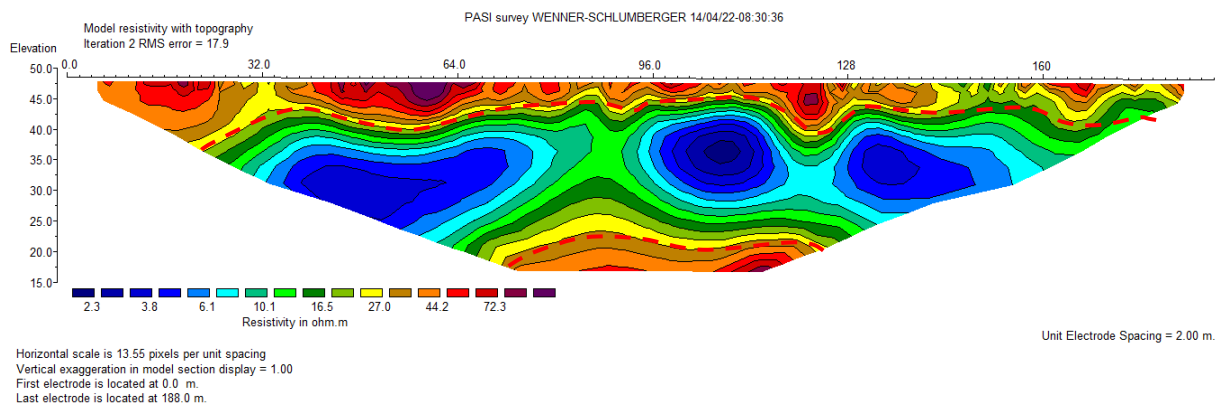
La tomografia DD' si sviluppa per una lunghezza di circa 190 metri e risulta molto interessante in quanto conferma l'anomalia riscontrata nella sezione BB' tra le progressive 13-14 m, dalla quale si evince la presenza del fronte di cava e la presenza del substrato carbonatico nella prima parte della sezione. Il substrato carbonatico, inoltre, manca del tutto nel resto della stessa sezione dove sono presenti terreni di riporto sabbioso-ghiaiosi asciutti, con valori di resistività relativamente più elevati, che poggiano su materiali di riporto basso resistivi riconducibili a scarti di lavorazione industriale.

I terreni di riporto sabbioso-ghiaiosi asciutti, nello specifico, occupano la parte superficiale dell'area e raggiungono spessori di circa 20 metri in corrispondenza della progressiva 116 metri. Sedimenti basso resistivi sono invece presenti ad una profondità di circa 10 metri dal p.c. nella parte centrale della sezione e tendono ad approfondirsi in corrispondenza della progressiva 116 metri per poi affiorare direttamente in superficie nella parte terminale. I bassi valori di resistività di questi materiali possono essere riconducibili all'umidità degli stessi o alla presenza di sostanze molto conduttive.

La sezione tomografica DD' è stata realizzata in modo da intercettare 3 sondaggi ed effettuare correlazioni rispetto ai materiali presenti come rilevati dalle indagini dirette. I sondaggi, denominati P9, P11 e P10, sono posizionati rispettivamente alle seguenti progressive: 93 m; 141m; 186m. In corrispondenza del P9, i valori a resistività maggiore, presenti fino a circa 15 metri dal piano campagna, sono correlabili a terreni ghiaiosi con scarsa matrice terrosa, asciutti. Sedimenti granulometricamente più fini, riconducibili agli scarti di lavorazione industriale si correlano invece a valori di resistività relativamente inferiori ed occupano la restante parte della sezione, come confermato dalla stratigrafia del piezometro P10, dove gli scarti da lavorazione industriale sono presenti fin dalla parte superficiale.



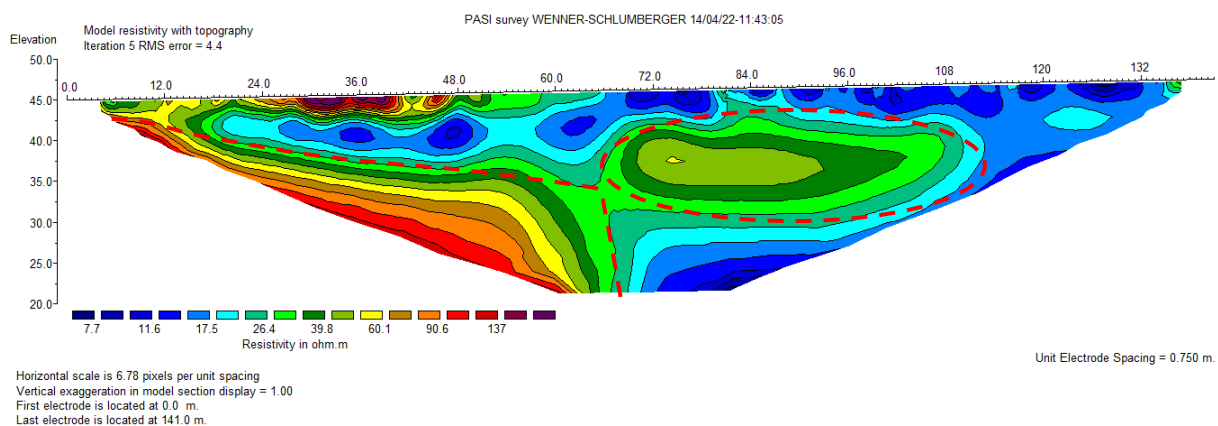
3.5 Stendimento EE' - 48 elettrodi - 188 m



Il profilo EE' ha una lunghezza di circa 190 metri ed è stato realizzato lungo una delle strade presenti nell'area PIP. In questo profilo si evidenziano essenzialmente tre livelli: uno strato aerato superficiale costituito da terreni di riporto sabbioso-ghiaiosi asciutti; terreni di riporto relativamente più umidi presenti nella zona centrale della sezione, a bassa resistività, riconducibili a materiali con grado di umidità relativamente maggiore, o a materiali molto conduttivi come gli scarti di lavorazione industriale, che si spingono fino alla profondità di circa 25 metri dal piano campagna; il substrato carbonatico sottostante, reso evidente da valori di resistività relativamente maggiori in corrispondenza della parte centrale della sezione.



3.6 Stendimento FF' - 48 elettrodi - 141 m



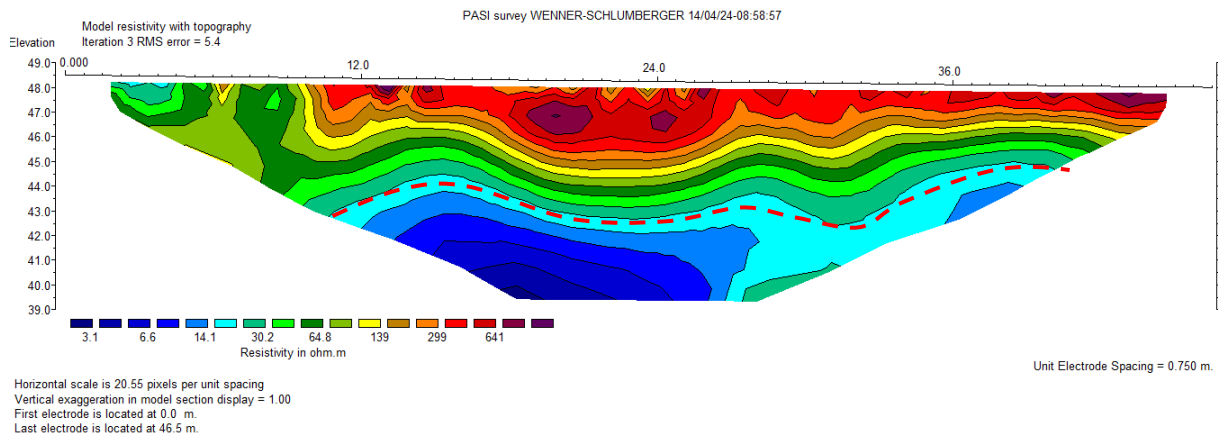
Lo stendimento FF' è posizionato nella zona sud-orientale dell'area PIP e risulta di estrema importanza in quanto in esso è presente ed evidente, a circa metà dello stendimento, il fronte che limitava a sud l'area di cava.

Più in dettaglio, nella parte iniziale del profilo sono presenti terreni di riporto di esiguo spessore, circa 9 metri, asciutti, che poggiano sui sottostanti calcari. I calcari terminano bruscamente nella parte centrale della sezione, formando una geometria di scarpata che è riconducibile al fronte meridionale dell'ex-cava.

La restante parte della sezione evidenzia terreni di riporto con valori di resistività relativamente più bassi ed un'anomalia concentrata alto resistiva tra le progressive 72-96 metri, che con ragionevole probabilità è legata alla presenza di materiali più grossolani.



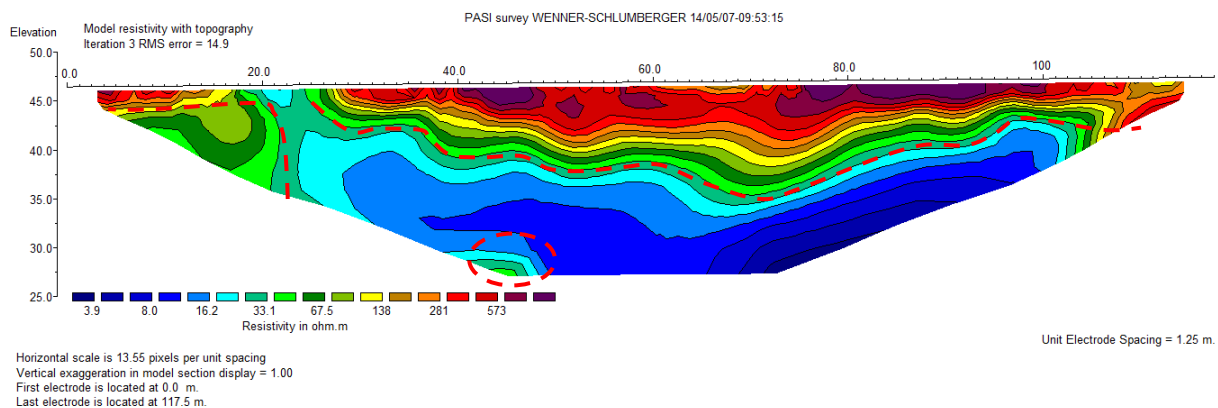
3.7 Stendimento GG' - 48 elettrodi - 46.5 m



Lo stendimento GG' vede valori di resistività riconducibili a terreni di riporto ghiaiosi. Tali terreni presentano valori relativamente più elevati nella parte superficiale ed uno spessore complessivo che si spinge fino a 5 metri dal piano campagna. Al di sotto si deduce la presenza di terreni basso-resistivi. I valori bassi di resistività potrebbero essere legati a due fattori, l'elevata umidità dei depositi o la presenza di materiali molto conduttivi, quali gli scarti di lavorazione industriale. In ogni caso si tratta di materiali di riempimento a granulometria minore rispetto agli strati superficiali.



3.8 Stendimento HH' - 48 elettrodi - 117.5 m

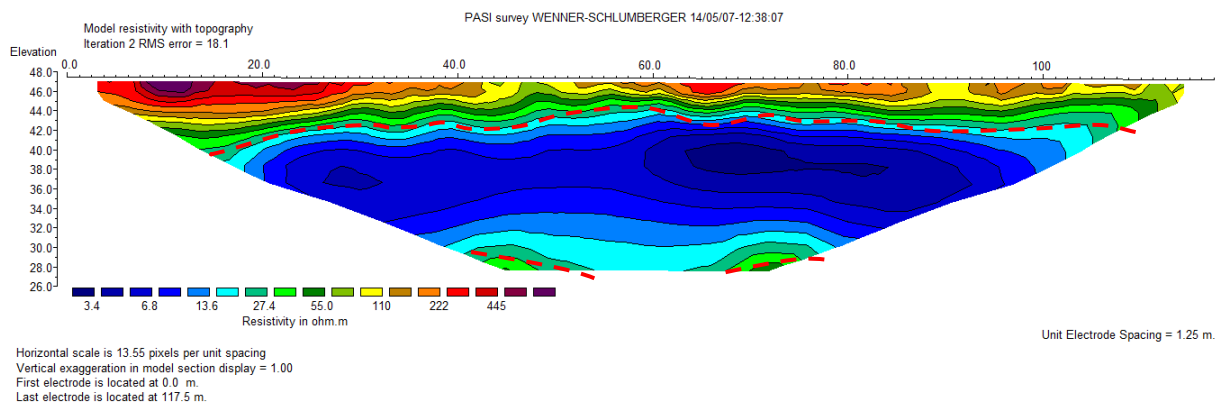


Lo stendimento HH', lungo circa 120 metri, è stato realizzato nei terreni di Proprietà della Quadrato costruzioni. È possibile riscontrare la presenza di materiali con valori di resistività superiori ai 50 ohm·m nella parte iniziale della sezione riconducibili alla presenza del fronte di cava. Tale dato conferma lo stesso andamento riscontrato nelle tomografie BB' e DD'.

La restante parte della sezione è caratterizzata da materiali di riporto sabbioso-ghiaiosi nella parte superficiale, con spessore massimo di circa 13 metri, che poggiano su depositi basso resistivi riconducibili a materiali di scarto da lavorazione industriale. L'anomalia riscontrata a circa 22 metri dal piano campagna, in corrispondenza della progressiva 43 metri, infine, potrebbe essere ricondotta al rinvenimento di un piazzale di cava sepolto, con il corrispondente gradino.



3.9 Stendimento II' - 48 elettrodi - 117.5 m



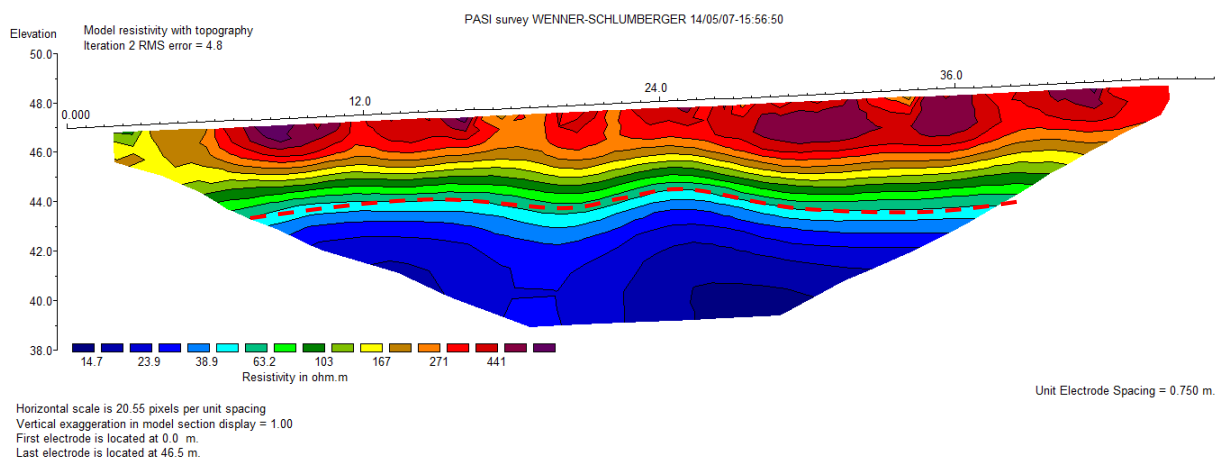
Lo stendimento II', lungo circa 120 metri, è stato realizzato nei terreni di Proprietà della Quadrato costruzioni. I dati inducono ad ipotizzare la presenza di tre livelli di depositi.

Nella parte superficiale sono presenti materiali ad alta resistività, probabilmente sabbie e ghiaie asciutte, il cui spessore stimato varia tra 8 e 10 metri. Essi poggiano su materiali di riporto basso resistivi riconducibili a scarti industriali, il cui spessore desumibile, per una fascia estesa lungo tutta la sezione, è di circa 10-15 m.

Infine, nella parte centrale della sezione tomografica, a circa 20 metri di profondità, è stata riscontrata una geometria planare riconducibile alla presenza del substrato calcareo in posto.



3.10 Stendimento LL - 32 elettrodi - 46.5 m



Lo stendimento LL', lungo 46 metri circa, è stato realizzato nei terreni di proprietà della Società AQUATECH.

Seppure di interesse per gli scopi della caratterizzazione non è stato possibile effettuare ulteriori tomografie nell'area in ragione della presenza di zone accidentate e di cumuli di materiali di risulta da lavorazioni edili che costituiscono fattori di alterazione per le indagini geoelettriche. L'ubicazione del profilo è stata accuratamente scelta per evitare tali elementi di disturbo.

Dalla tomografia risultano presenti materiali di riporto sabbioso-ghiaiosi nella parte superficiale, con spessore di circa 5 metri, poggianti su terreni di riporto sabbiosi e subordinatamente ghiaiosi, con resistività inferiore.



4. Modello di dettaglio dell'area

Le interpretazioni dei profili di resistività, unitamente ai dati derivati dalle stratigrafie dei sondaggi e dei piezometri perforati nell'ambito dei piani di caratterizzazione realizzati da privati (Società Sammarco, Società Acquatech, Società Quadrato Costruzioni) e dal Comune di Statte, hanno consentito una ricostruzione ragionevolmente affidabile della morfologia dell'ex sito estrattivo ed hanno permesso di circoscrivere l'area in cui sono accumulati gli scarti di lavorazione industriale.

Per restituire ed illustrare le ipotesi di ricostruzione della morfologia dell'antico piano di cava e di distribuzione e tipologia dei materiali di riporto si è fatto ricorso a diversi elaborati grafici, illustrati nei successivi paragrafi:

- Sezioni geologiche;
- Carta degli spessori del materiale di riempimento;
- Carta con la distruzione dei materiali di scarto industriale.

Gli stessi elaborati sono allegati in formato A3 alla presente relazione per agevolarne la lettura.

4.1 Sezioni geologiche

Sono state realizzate 9 sezioni interpretative ubicate come illustrato nella seguente immagine in modo da garantire un adeguato ricoprimento di tutta l'area PIP. Esse illustrano con immediatezza grafica la distribuzione dei diversi materiali, naturali e di origine antropica, al variare della profondità.

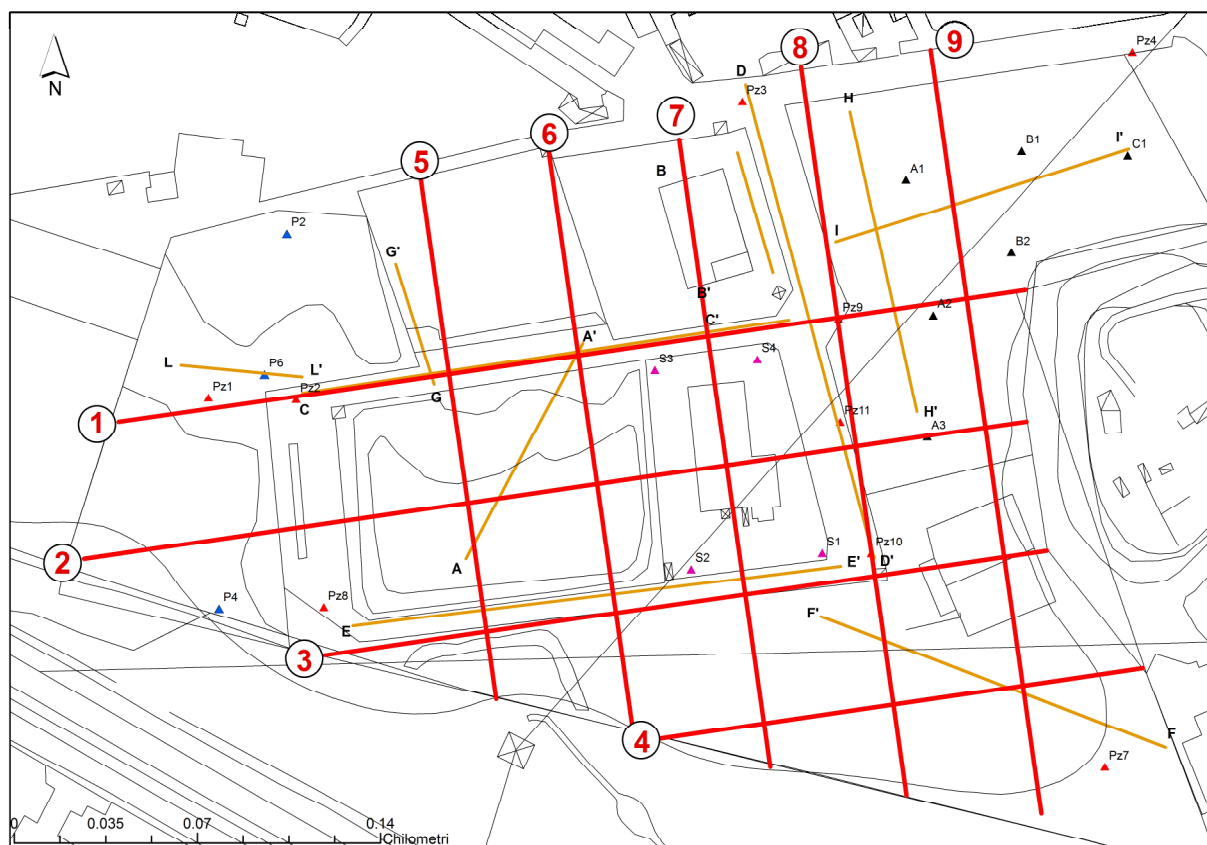
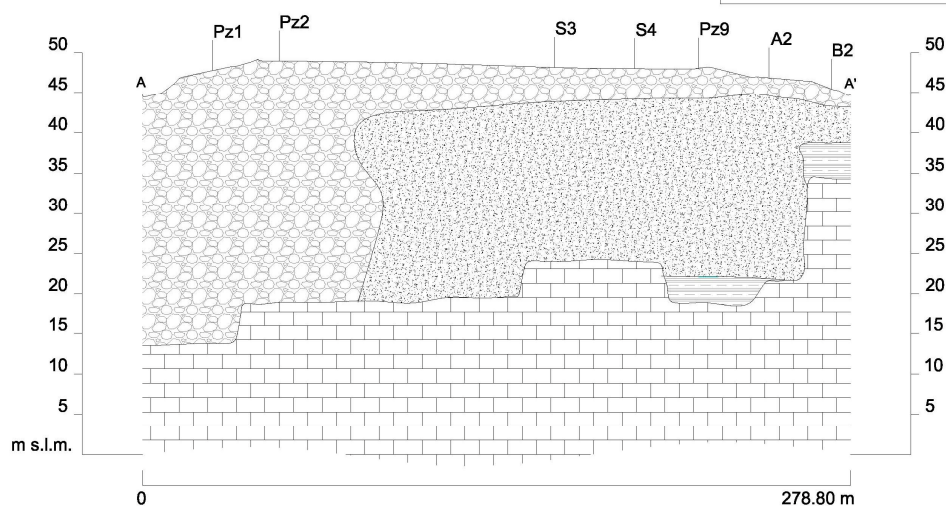
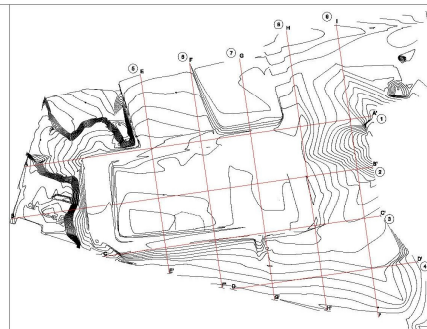
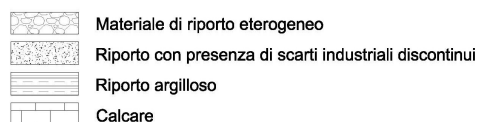


Fig.2 - In rosso l'ubicazione delle tracce delle sezioni interpretative. In arancio l'ubicazione delle tracce di geoelettrica. I triangoli rossi indicano i piezometri del pdc della zona PIP. I triangoli neri quelli del pdc della società Quadrato costruzioni s.r.l.. I triangoli blu i sondaggi del pdc della società Acquatech e infine quelli magenta, sondaggi e piezometri del pdc della società Sammarco.

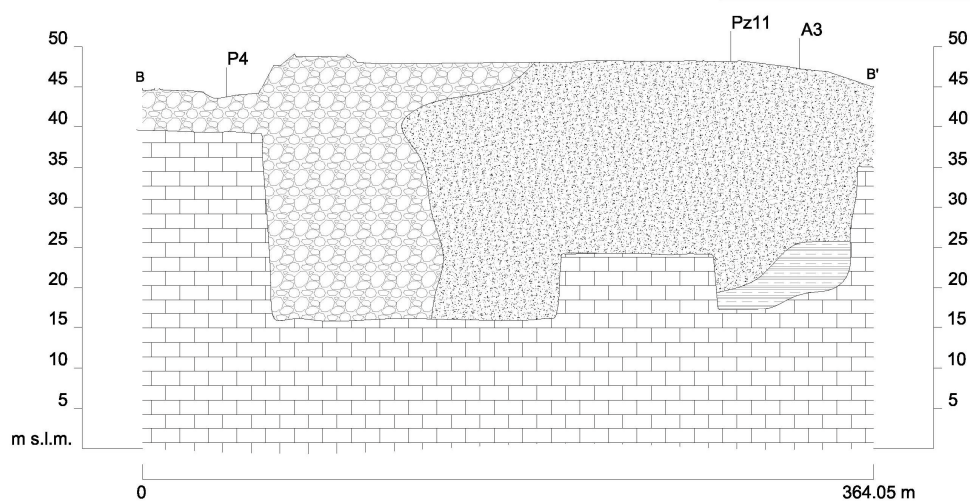
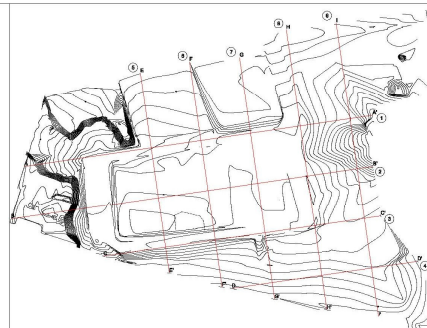
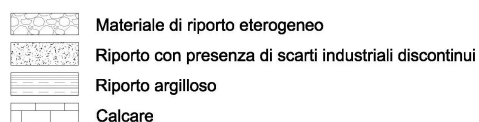
Sezione 1 - W.SW/E.NE

Legenda



Sezione 2 - W.SW/E.NE




Legenda

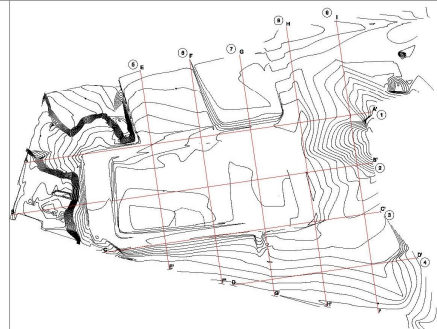
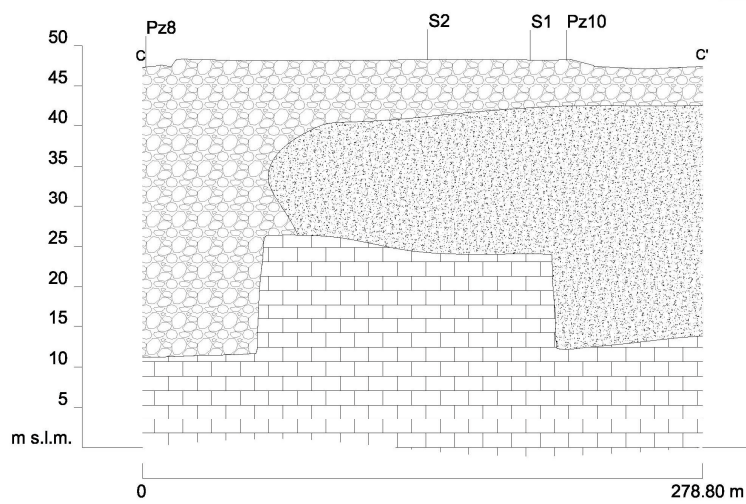




Sezione 3 - W.SW/E.NE



Legenda

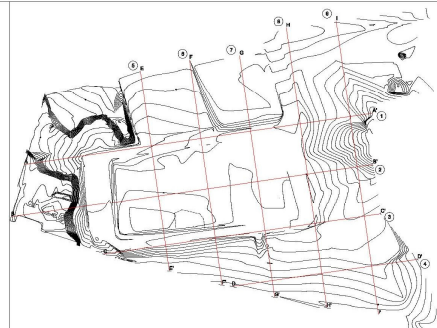
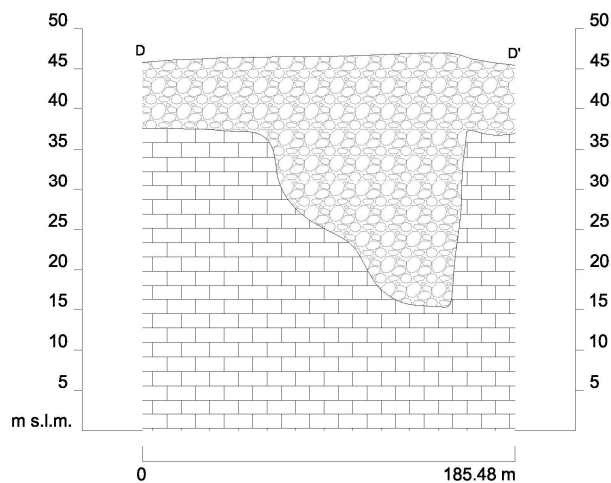
-  Materiale di riporto eterogeneo
-  Riporto con presenza di scarti industriali discontinui
-  Calcare



Sezione 4 - W.SW/E.NE

Legenda




-  Materiale di riporto eterogeneo
-  Calcare

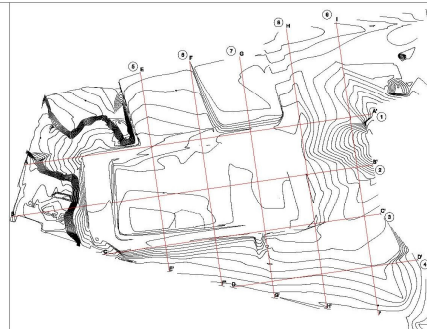
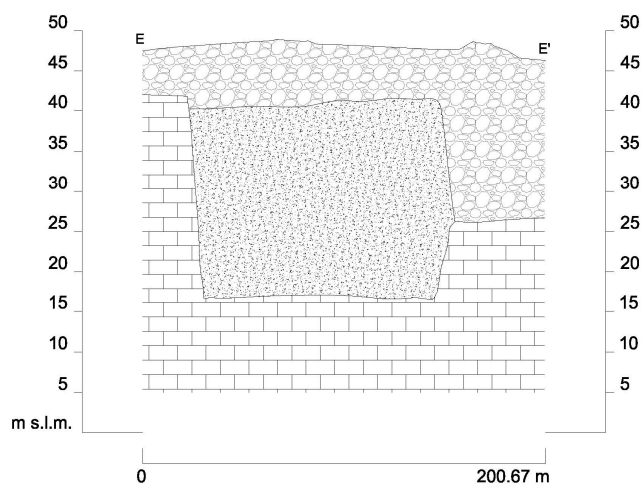




Sezione 5 - N.NW/S.SE




Legenda

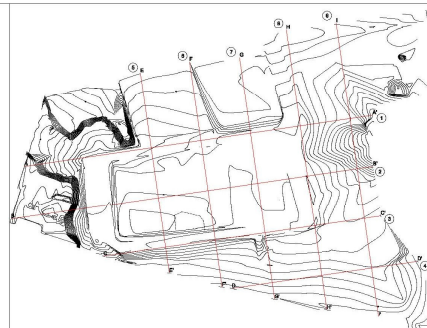
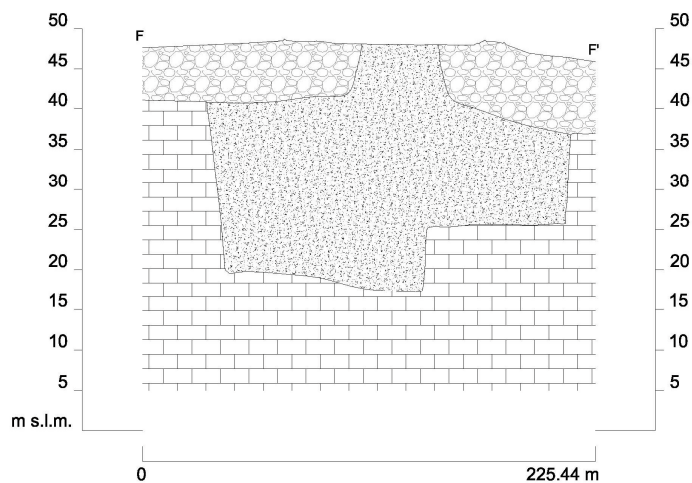
-  Materiale di riporto eterogeneo
-  Riporto con presenza di scarti industriali discontinui
-  Calcare



Sezione 6 - N.NW/S.SE

Legenda




-  Materiale di riporto eterogeneo
-  Riporto con presenza di scarti industriali discontinui
-  Calcare

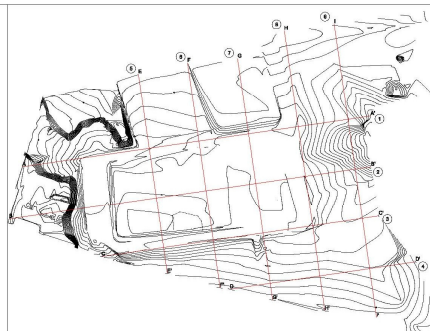
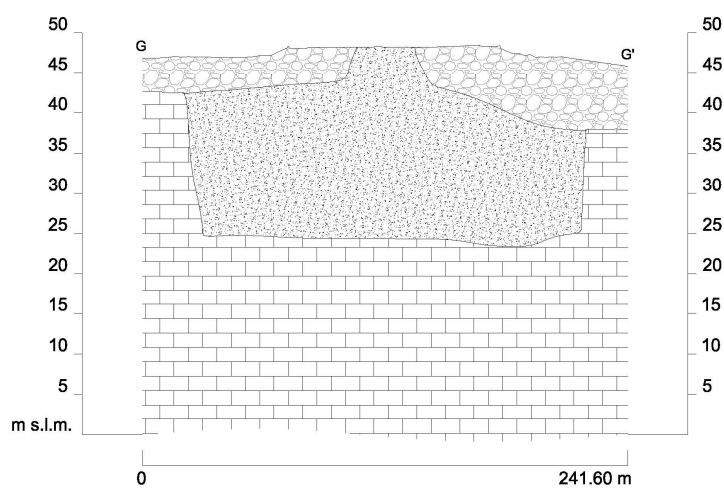




Sezione 7 - N.NW/S.SE





Legenda

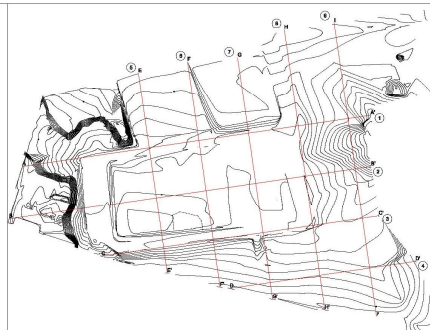
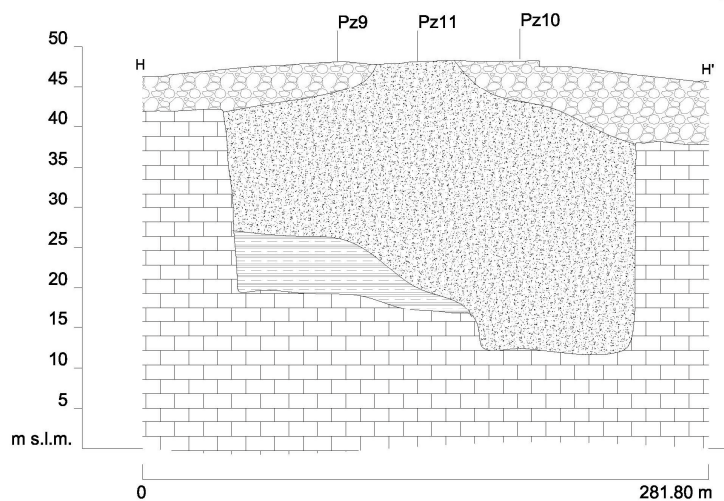
-  Materiale di riporto eterogeneo
-  Riporto con presenza di scarti industriali discontinui
-  Calcare



Sezione 8 - N.NW/S.SE

Legenda





-  Materiale di riporto eterogeneo
-  Riporto con presenza di scarti industriali discontinui
-  Riporto argilloso
-  Calcare

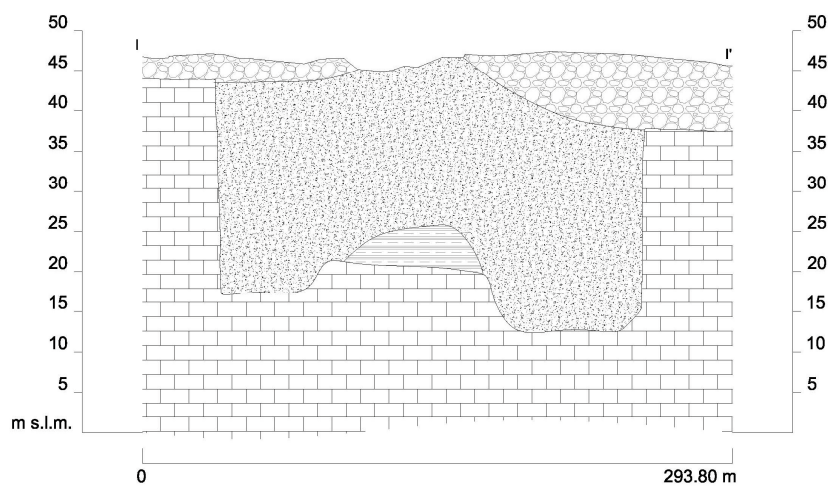
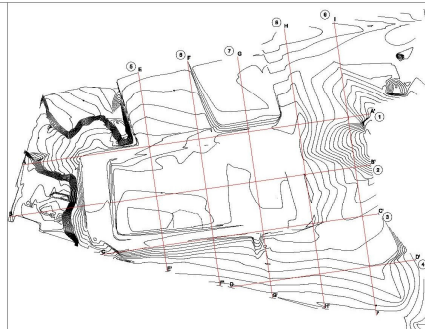




Sezione 9 - N.NW/S.SE

Legenda

-  Materiale di riporto eterogeneo
-  Riporto con presenza di scarti industriali discontinui
-  Riporto argilloso
-  Calcare



4.2 Carta degli spessori del materiale di riempimento

Lo spessore del materiale di riempimento è compreso tra un minimo di 1 metro, in corrispondenza della zona nord-orientale della zona PIP, ad un massimo di circa 38 metri in due settori estrattivi posizionati nella parte sud-occidentale e sud-orientale dell'area.

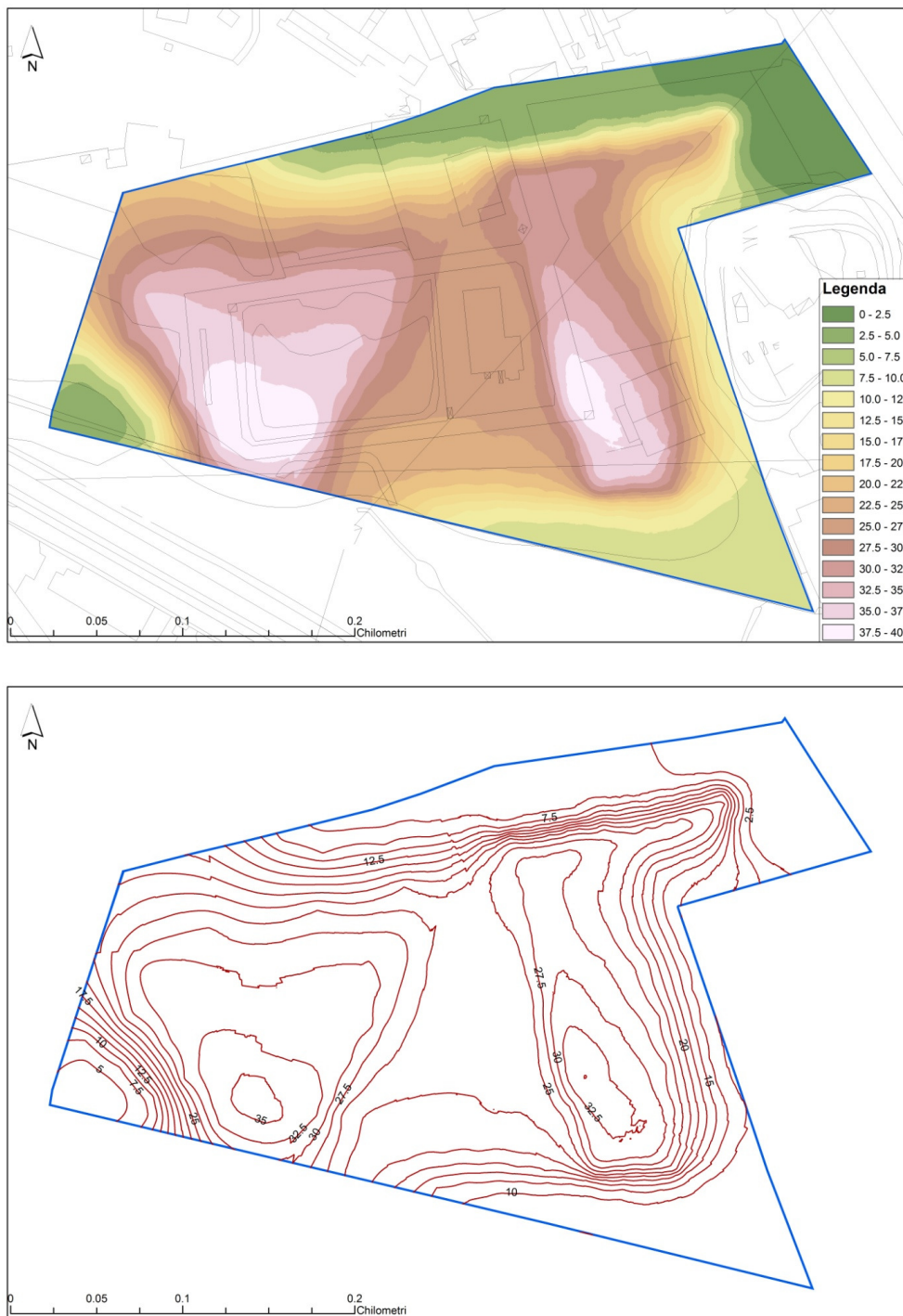


Fig.3 - Zonazione dello spessore dei terreni di riporto presenti nell'area PIP del Comune di Statte.
In alto: carta ad isopache dei materiali di riempimento (gli spessori indicati dalle diverse campiture sono espressi in metri).
In basso: isobate (in metri) della profondità del substrato

Sulla base dell'osservazione degli elaborati precedenti risulta ipotizzabile la modalità di coltivazione dell'antica cava, costituita da due settori più profondi, separati da una zona relativamente meno profonda utilizzata come pista di transito per il trasporto del materiale. I settori più profondi venivano collegati alla superficie o agli impianti di frantumazione tramite rampe di accesso presumibilmente ubicate nella zona nord e nell'area sud, e corrispondenti alle zone con gli spessori di riempimento minori.

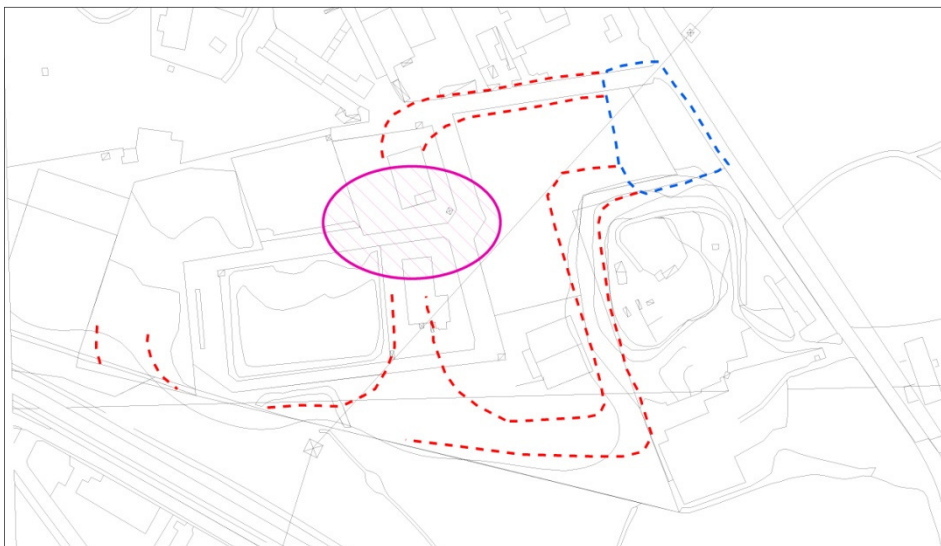


Fig.4 – Ipotesi di schema di coltivazione della cava: il tratteggio rosso individua le presumibili rampe di collegamento. Il tratteggio blu indica l'area compresa nell'ellisse viola corrisponde alla presunta zona di stoccaggio e lavorazione del materiale cavato. L'area tratteggiata in blu infine, indica la zona di affioramento dei calcari prossima alla superficie topografica

4.3 Carta con la distribuzione dei materiali di scarto industriale

Dall'analisi integrata dei dati desunti dalle stratigrafie dei sondaggi realizzati nella zona e delle tomografie elettriche, è stato anche possibile perimetrare indicativamente un'area ove è ragionevole ipotizzare la presenza di materiale di riporto costituito da scarti di lavorazione industriale.

L'ipotesi di distribuzione dei materiali di scarto industriale è riportata nell'immagine seguente.

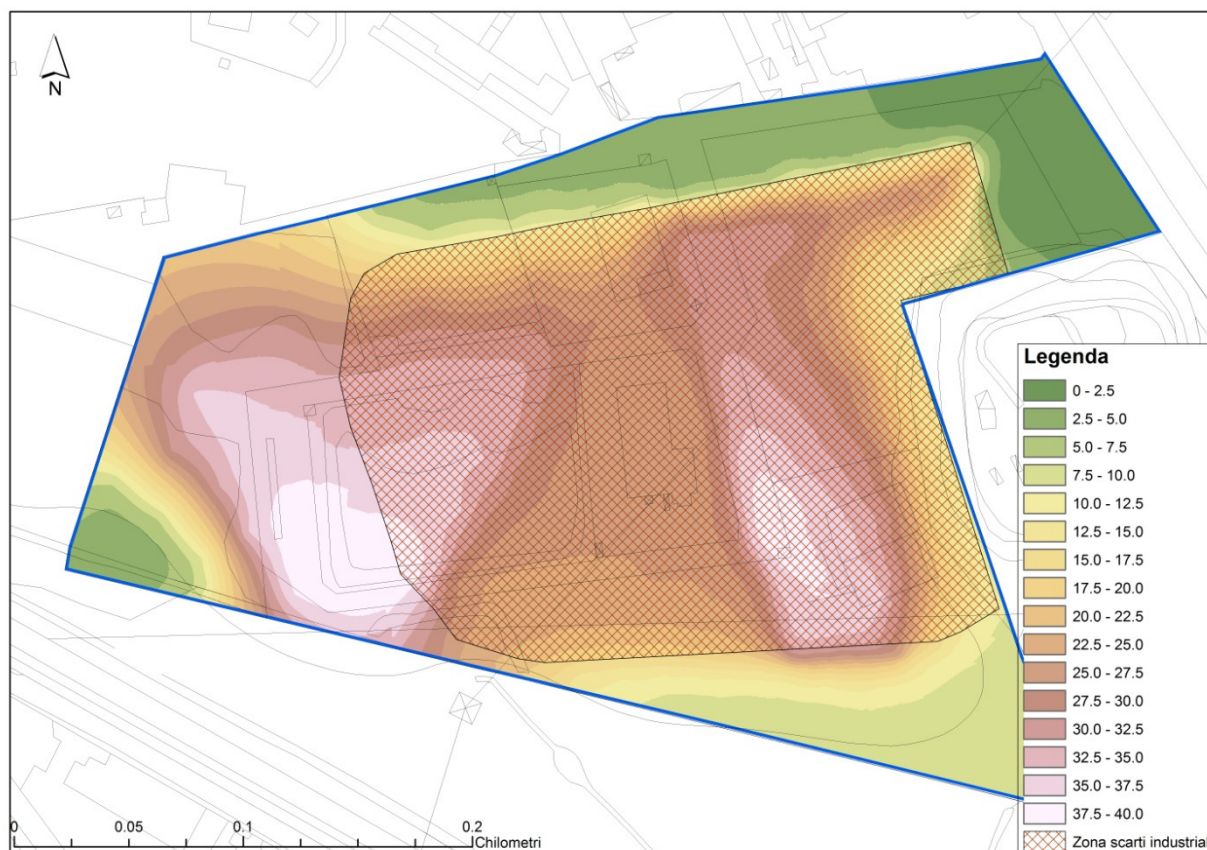


Fig.6 - Ricostruzione ipotetica della distribuzione areale dei materiali di scarto industriale come desunti dall'interpretazione delle tomografie elettriche e dei sondaggi.

Con la redazione del presente elaborato si ritiene di aver compiutamente adempiuto all'incarico conferito e si rimane a disposizione per ulteriori chiarimenti o approfondimenti che codesta Amministrazione ritenesse necessari.



5. Elenco degli allegati

1. Planimetria con ubicazione delle tracce di sezione, delle tomografie elettriche e di piezometri e sondaggi realizzati nell'area PIP;
2. Tomografie elettriche e documentazione fotografica;
3. Sezioni geologiche;
4. Carta ad isopache dei materiali di riempimento;
5. Carta delle isobate della profondità del substrato;
6. Carta della distribuzione dei materiali di scarto industriale.

Sannicandro di Bari, 22.05.2014

Geol. Giorgio De Giorgio