STUDIO PROGEA

Dott. S. AICARDI
~ Geologo ~

via G. Leopardi 35 r 17100 Savona
Tel e Fax 019.825956Q
studio.progea@gmail.com



RELAZIONE TECNICA DI SINTESI

OGGETTO DELL'INTERVENTO
Indagine geofisica integrata (Electrical Resistivity Tomography) per la valutazione presenza falda idrica.

mantobit S.p.A.

COMMITTENTE : Mantobit S.p.a.

LOCALITA' : Cava Mei - Boscaccio

Redazione a cura di

PhD Dott. Sergio AICARDI (A.P. n°304)



20 luglio 2022

1.Premessa

Nella presente relazione vengono presentate le risultanze, in sintesi, delle indagini indirette eseguite sul sito di interesse, che è di proprietà del Comune di Vado Ligure e in locazione alla Committente, Mantobit S.p.A.. L'area è interessata dall'impianto di Cava Mei, nei pressi della località Boscaccio, nel territorio del Comune di Vado Ligure, per l'esercizio del quale è stata autorizzata la Committente.

Ciò al fine di ottenere informazioni utili alla verifica della presenza di falda idrica, all'interno dell'impronta dell'impianto di cava.

Il contesto in cui si inquadra il sito è un ambito di versante prossimo alla sommità del crinale, descritto nel seguito sotto il profilo dei litotipi che espone in affioramento.

La presente tende a definire:

- Presenza, Profondità e continuità dei volumi di terreno impregnati d'acqua;
- Presenza attuale o pregressa di una filtrazione idrica sotterranea secondaria, nonché individuazione di eventuali volumi a frazione fine dominante, che condizionano e/o sono determinati dalla filtrazione medesima.

2.Geologia, Idrogeologica del Comparto

L'Impianto di cava è situato in corrispondenza del contatto litologico tra due litotipi originariamente sedimentari, che si presentano a basso grado metamorfico, della serie di copertura Brianzonese mesozoica. Ad Est si registra la presenza di litotipi metamorfici di pertinenza del Tegumento Brianzonese Permiano (Auct.).

L'associazione litologica di copertura sedimentaria caratterizza la totalità del substrato dell'impianto esistente. Essa consiste di masse calcareo dolomitici associate a rocce silicee, entrambi di origine sedimentaria marina, distale per i carbonati, circa litorale per le quarziti. **Esse sono riconducibili alla Formazione di San Pietro dei Monti e a quella di Ponti di Nava** rispettivamente.

Si tratta di materiali in generale fratturati in modo più o meno intenso e pervasivo ma tendenzialmente in condizioni meccaniche migliori rispetto alle vicine metamorfiti. Le miche al loro interno sono sostanzialmente assenti e risultano quindi prive di una coltre di copertura sviluppata, complice la rapida infiltrazione delle acque superficiali verso la profondità, a causa dei diffusi processi di dissoluzione carsica.

Le rocce più antiche, che affiorano ad Est dell'Impianto di Cava, sono metamorfiti molto fratturate e tettonizzate a causa della loro evoluzione orogenetica. Sono quindi rocce polideformate interessate da una scistosità pervasiva cui è associato un reticolo di fratturazione caotico. **Esse sono riconducibili alla Formazione di Murialdo**

I due termini, metamorfiti e sequenza sedimentaria, si giustappongono attraverso una discontinuità tettonica di sovrascorrimento che colloca i materiali metamorfici, più antichi, in

posizioni geometricamente superiori alla sequenza di copertura quarzitico dolomitica, più recente.

La presenza di tale lineazione tettonica è associata a fenomeni di frizione che hanno comportato, all'interno delle due differenti masse rocciose, ad una estrema, pervasiva e intima frantumazione detta milonisi. Identico motivo strutturale è responsabile del rapporto, all'interno della sequenza di copertura sedimentaria, tra corpo carbonatico e corpo siliceo. Il secondo è stratigraficamente sottoposto al primo ma localmente la sequenza può presentarsi rovesciata. Anche qui l'intensa fratturazione può dar luogo a processi di argillificazione ad opera dei acque di infiltrazione. Il processo spiega la disponibilità dei materiali oggetto del cinematismo gravitato, osservabile nel comparto sud est della cava.

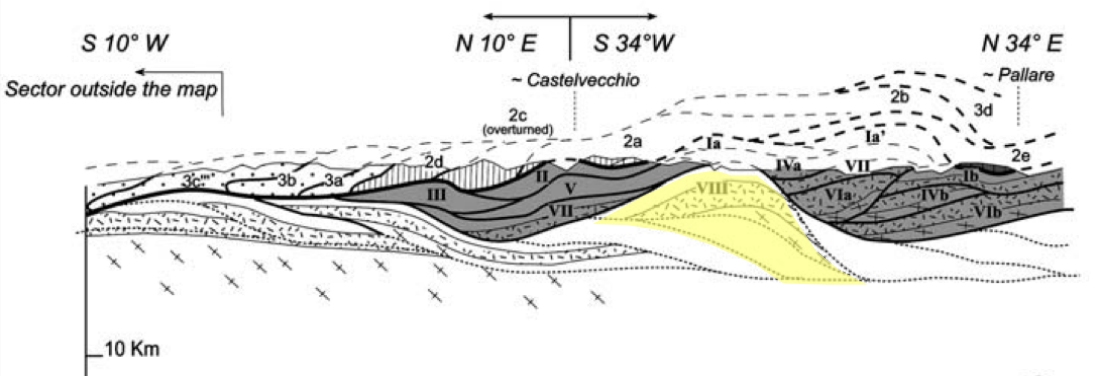
In termini generali il reticolo idrografico di superficie dell'area vasta nella quale si inquadra l'intervento, è condizionato dall'erosione incanalata associata al citato rio Mulini che è tributario di destra del Torrente Segno. Il settore di interesse presenta 2 incisioni parallele rappresentate dal Rio Mulini a Ovest e dal Rio Calcinara, ad Est, alla cui testata è posto l'impianto di cava, cui si sommano alcuni colatori secondari. L'assetto pennato delle incisioni denuncia la presenta di un condizionamento tettonico del comparto e precisamente dalla superficie 280/70; 115/70, rilevata sul terreno.

All'interno del corpo carbonatico si sviluppa verosimilmente un acquifero carsico rispetto al quale, sono note solo limitate evidenze. Queste consistono, in termini generali osservando la totalità del complesso, di poche cavità accessibili, prevalentemente poste a bassa quota in prossimità del livello del mare e delle forme tipiche dell'epicarso. Non sono presenti forme di assorbimento concentrato quali doline; gli inghiottitoi, se presenti, sono mascherati da detrito alluvionale.

Questo sistema acquifero, di tipo carsico appunto, si sviluppa presumibilmente lungo alcune direttrici generate dai contrasti di permeabilità da un lato, e dalle lineazioni geologico strutturali, segnatamente di tipo fragile dall'altro.

Lungo le dislocazioni della roccia, infatti, circolano le acque ad opera delle quali si propaga la dissoluzione della roccia, secondo il modello classico di sviluppo delle idrostrutture carsiche.

Per comprendere in generale l'assetto di tali lineazioni, è possibile riferirsi alla bibliografia scientifica, in termini di sintesi geologico strutturale.



External sector Brianconnais

VIII = M. Carmo unit (external element): corresponds to a unit from the inner side of the sector (Seno et al. 2003)

Internal sector (Seno et al. 2003)

I = Pamparato–Murialdo unit (Ia, Ib = principal tectonic elements)

IVa = Mallare unit (external element, Settepani sub-element)

IVb = Pamparato–Murialdo unit (Nucetto element)

VI = Mallare unit (internal element; VIa, VIb principal tectonic sub-elements)

VII = Mallare unit (external element, Pian dei Corsi sub-element)

Fig. 2.1 Schema geologico strutturale tratto da "A kinematic evolutionary model for the Penninic sector of the central Ligurian Alps"Silvio Seno Giorgio Dallagiovanna Mario Vanossi 2005

Lo schema geologico strutturale evidenzia la posizione dei terreni della copertura sedimentaria triassica, l'unità M.Mao risulta analoga a quella M.Carmo, al di sotto delle metamorfiti adiacenti. La tesi scientifica spiega indirettamente la difficoltà del reperimento di un livello di falda statico, che ha causato il fallimento di numerosi fori piezometrici, pure estesi a rilevanti profondità all'interno di questi terreni carbonatici. Questi, infatti, sono permeabili per carsismo e tendono a drenare in profondità lungo giunti e fratture, le acque di infiltrazione. La conferma della valutazione desunta dalla bibliografia, che prevede l'assenza di metamorfiti al di sotto della serie carbonatica, è data dai riscontri di cantiere della perforazione della galleria M. Mao di proprietà RFI. In essa si registra che, durante l'esecuzione dei lavori negli anni 60-70 del secolo scorso, la porzione centrale dell'intero sviluppo, per circa 1 Km, ha incontrato materiale carbonatico e consistenti venute d'acqua, tali da imporre impegnativi drenaggi, ad una altitudine compresa, tra 25 e 30 m s. l. m., di minima 150 mt al di sotto del piano di lavorazione della cava.

Riassumendo in sintesi l'assetto del comparto

Il corpo carbonatico in esame è quindi interessato da un sistema acquifero sviluppato in rocce carbonatiche segnatamente di tipo calcareo dolomitico, interessate da diversi lineamenti strutturali fragili. Questi materiali affiorano già sul versante settentrionale del rilievo e sono ben evidenti sia sul crinale che culmina con M. Mao sia sul versante marino, fino a raggiungere la costa.

Le indagini e i rilievi sviluppati, collocati nel contesto geologico strutturale generale, desunto dalla bibliografia scientifica specialistica, hanno portato alla comprensione di alcuni caratteri salienti del modello idrogeologico di riferimento.

In dettaglio si è accertato che:

- Il corpo carbonatico si estende in profondità almeno fino al livello del mare;
- Il livello saturo permanente, all'interno del corpo carbonatico, è verosimilmente in equilibrio idraulico con il livello di quota 0,0 m s.l.m., il quale costituisce perciò il livello di base di questo acquifero;
- La massa carbonatica, entro cui possono svilupparsi processi e drenaggi ipogei di tipo carsico, è limitata a Est da terreni metamorfici sostanzialmente impermeabili;
- Tali terreni metamorfici sono geometricamente sovrapposti alla copertura sedimentaria. Essi sono sostanzialmente impermeabili rispetto al massiccio carbonatico;

Il drenaggio ipogeo all'interno del corpo carbonatico, nella porzione non satura dell'idrostruttura, avviene per via vadosa a partire dalla superficie verso la parte satura profonda.

3.Tomografia Elettrica (E.R.T.)

3.1.Strumentazione e mezzi

La prospezione elettrica è stata eseguita con il resistivimetro Syscal PRO (in figura a lato) in grado di gestire una tensione massima pari a 800 V ed una corrente di 2500 mA con risoluzione pari a 10 µA e durata d'impulso selezionabile compresa tra 0.25 e 2 s. Nel caso è stata utilizzata la massima tensione possibile con un frequenza d'impulso pari a 2 Hz. L'impianto di ricezione ha una impedenza di 10 MΩ ed è in grado di rilevare tensioni nel range ± 10 V con una risoluzione pari a 1 µV (precisione 0.3%) per mezzo di 10 canali contemporanei di acquisizione.

Sono stati impiegati n° 2 operatori e due mezzi fuoristrada, diretti dallo scrivente.

3.2.Dettagli del rilievo

L'indagine è stata eseguita su di un unico livello altimetrico con una disposizione elettrodica tesa ad ottenere la massima copertura dell'area di interesse, con una lunghezza totale del dispositivo pari a m 352,5. Il dispositivo di acquisizione è situato su di una banca di lavorazione alla quota di circa m 185 s.l.m.

Il posizionamento dell'indagine ottenuta attraverso rilievo celerimetrico è stato riferito sul rilievo topografico di dettaglio, fornito dalla Committente, opportunamente georiferito. Ciò ha permesso di georiferire, al contesto di interesse, il rilievo geoelettrico, contenuto all'interno di un prisma confinato dalla superficie topografica e dall'inviluppo della linea elettrica; esso costituisce il volume iniziale per la successiva elaborazione di inversione.

Preliminarmente all'acquisizione è stata operata una misura preliminare con uno schema misto wenner shlumberger al fine di regolare a regime la prospezione.

Sono stati acquisiti due distinti schemi: Wenner Shlumberger e Polo Dipolo con un polo remoto ubicato a circa 500 m dal centro del dispositivo. Questa configurazione permette un incremento significativo della massima profondità raggiungibile, rispetto ai tradizionali dispositivi elettrodici, in funzione della geometria di superficie, fino a ottenere una penetrazione nominale di circa 50.0 m da p.c. Il dispositivo è situato come riportato nella tavola grafica allegata.

3.3.Modellistica delle caratteristiche elettriche

Data la complessità della disposizione elettrodica, si è provveduto ad elaborare l'intero dataset con un algoritmo di inversione 3D sviluppato dalla società Geostudi Aster S.r.l. di Livorno.

LA DETERMINAZIONE DELLA POSIZIONE DELLE ANOMALIE, PERTANTO DEVE ESSERE CONDOTTA RICORRENDO AL MODELLO DIGITALE GEORIFERITO E PUO' ESSERE RICAVATA SOLO IN MODO APPROSSIMATO (15%) DALLE TAVOLE GRAFICHE.

3.4.Approccio interpretativo e sintesi dei risultati

La resistività di rocce e terreni è funzione sia della natura chimica del materiale stesso, sia della sua porosità. Ciò in quanto, della porosità dipende il contenuto in acqua in aria ovvero in argilla. La tabella riporta gli intervalli di variabilità della resistività per i più comuni terreni e rocce.

Resistività tipica dei terreni [Ωm][1]	
Calcare	50 ÷ 150
Argilla	1 ÷ 100
Ghiaia	100 ÷ 5000
Calcare	50 ÷ 107
Marna	1 ÷ 100
Quarzite	10 ÷ 108
Argilla	10 ÷ 1000
Sabbia	500 ÷ 5000
Arenaria	1 ÷ 108
Basalto	10 ÷ 107

L'obbiettivo dell'indagine, all'interno della profondità indagata, è di seguito articolato:

- *PRIMARIO identificazione della parte potenzialmente impregnata d'acqua e delle potenziali vie di circolazione idrica ipogea.*
- *SECONDARIO identificazione di eventuali accumuli di materiali argillosi ovvero di volumi potenzialmente cavi, che possano essere pari enti sede di circolazione idrica.*

La presenza d'acqua nei materiali di tipo sia lapideo sia detritico o sedimentario è spesso condizionata dalla presenza di argille.

La filtrazione sotterranea causa la riorganizzazione di tali materiali a formare eventuali accumuli.

I volumi di materiali in condizioni di saturazione idrica, che rappresentano vie di drenaggio attive, ovvero gli accumuli di limi e argille, che sono la manifestazione di passate circolazioni idriche, costituiscono il bersaglio dell'indagine.

Il metodo è in effetti sensibile alla caduta di resistività elettrica propria dei materiali saturi d'acqua o ricchi in frazione argillosa.

L’eventuale presenza di acqua, anche in modesta quantità interagisce con le componenti argillose realizzando un effetto di ionizzazione superficiale dovuta a cationi e anioni non bilanciati che abbassa drasticamente la resistività elettrica; essa è soprattutto ben evidenziata dalla distribuzione della caricabilità ed in particolare dai flessi della curva di distribuzione della medesima, in corrispondenza di anomalie dipolari (rosso/blu) nelle tavole.

Tale grandezza esprime la capacità di mantenere la carica elettrica, del materiale indagato, a seguito di applicazione del campo elettrico energizzante. Tale grandezza esprime quindi la potenziale formazione di volumi polarizzabili che ben si associano al processo appena descritto.

D’altra parte la prospezione è in grado di individuare volumi cavi, caratterizzati da elevati valori della resistività elettrica.

La tavola di sintesi riporta la distribuzione di resistività elettrica e caricabilità modellata.

Nella lettura della medesima si consideri che:

Le zone che mostrano resistività minore <20 Ωm devono essere interpretate come comparti nei quali l’accumulo di argilla umida sia particolarmente sviluppato, e dove si concentri la presenza idrica.

Zone che mostrano resistività compresa tra 0 e 5 Ωm devono essere interpretate come comparti nei quali la presenza idrica è dominante.

Invece, le zone che mostrano valori di resistività superiori o uguali a 150 Ωm devono essere interpretate come comparti nei quali sono presenti porzioni di detrito grossolano.

Corpi caratterizzati da valori di resisitività elettrica superiori a 15 KΩm, sono associati a cavità.

Le anomalie di resistività e caricabilità, cioè i volumi all’interno del prisma di distribuzione, che raccolgono i valori eccedenti la scala cromatica, sono state evidenziate e sovrapposte alle slices di distribuzione della grandezza relativa per favorire il confronto e determinare visivamente la aree conduttive e caricabibili rispetto a quelle non caricabili

Si consideri che la prospezione elettrica descrive il terreno in funzione della distribuzione della proprietà fisica studiata (resistività-caricabilità) e che i limiti eventualmente individuabili possono non corrispondere a bordi di corpi geometricamente definiti. Ciò è dovuto sia al fatto che la resistività elettrica in un mezzo varia spazialmente con continuità, indipendentemente dalla presenza di discontinuità nette, sia al particolare funzionale (smoothness constrain) impiegato nel calcolo dell'inversione.

4.Conclusioni e Interpretazioni

Sulla scorta delle indagini e del rilevamento sviluppato è possibile formulare le seguenti considerazioni di sintesi conclusiva:

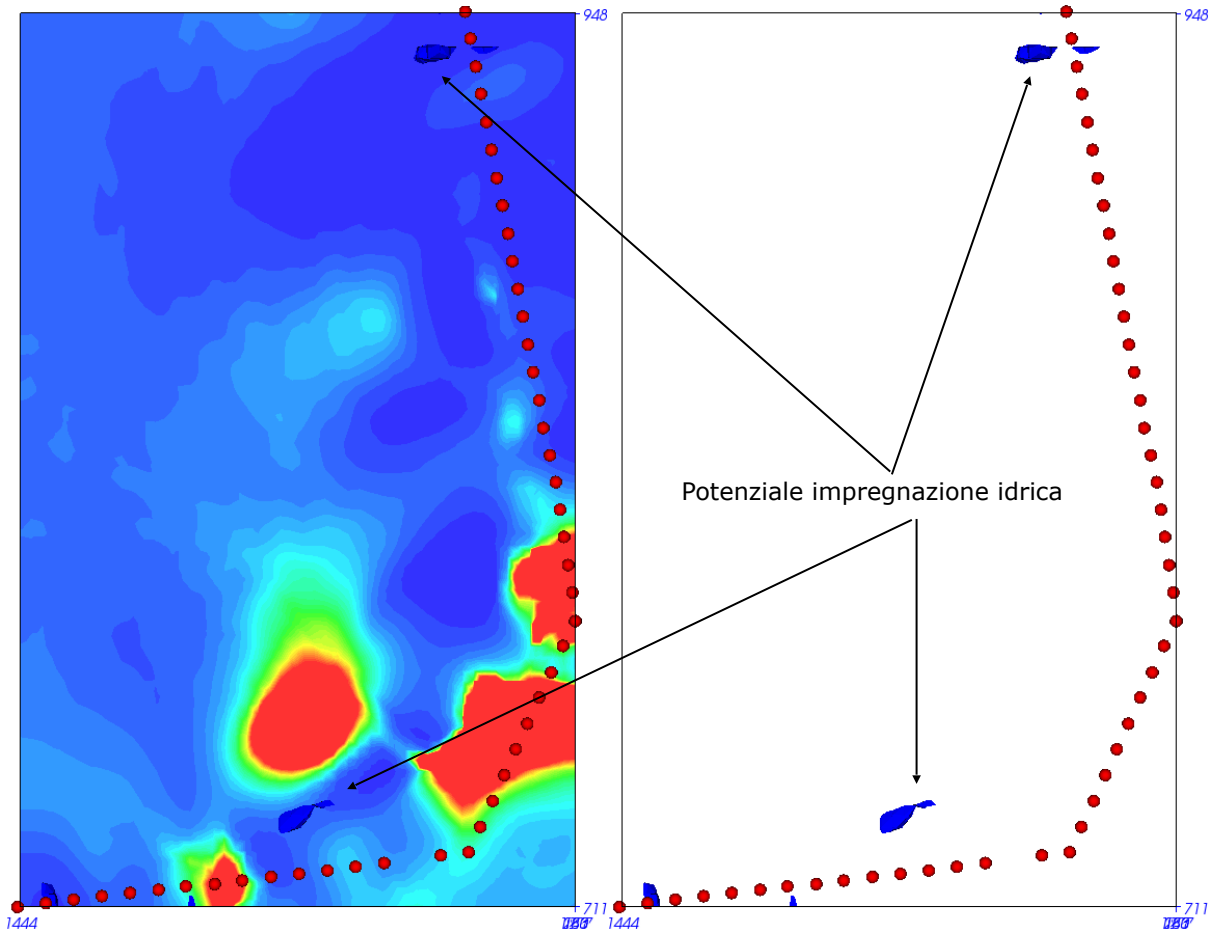
Il tema dominante della distribuzione della resistività elettrica è un corpo genericamente conduttivo, fatto che che si accorda con la diffusa presenza di materiale detritico argilloso con carattere residuale, prodotto dalla dissoluzione dei carbonati nei processi di alterazione fisica e degradazione chimica della roccia di substrato, ovvero banalmente alla lavorazione dell’impianto.

Sulla base delle risultanze dell'indagine ERT è possibile evidenziare alcune caratteristiche salienti:

Si rileva la presenza di anomalie alto resistive, toni rossi nella scala cromatica utilizzata, in posizioni superficiali chiaramente associabili alla presenza di volumi lapidei detensionati e allentati, all’interno dei quali il volume fratturato, assume incidenza rilevante;

Confrontando le mappe di distribuzione della resistività elettrica con la caricabilità, emerge il contatto litologico marcato, per le quarziti, da una massa argillificata e scaricabile, concordemente con quanto descritto più sopra;

Nella distribuzione della caricabilità è presente un corpo caricabile allungato in direzione ovest est, compatibile con una linea di drenaggio ipogeo, probabilmente coincidente con un giunto. L'assenza tuttavia di evidenze a conducibilità elettrica elevata, tende ad escludere tale modalità di interpretazione per quella caratteristica. Nel caso che essa sia stata effettivamente attiva in passato, attualmente risulta inaridita e non riattivabile, stante la sua posizione e giacitura, al di sotto del piazzale di lavorazione e diretta verso l'adiacente discarica;



Confronto tra due mappe di distribuzione della resistività elettrica a quota 160 m s.l.m. estratte dal prisma modellato: a sx la mappa del range tra 0 e 15 k Ω m a dx i soli volumi dell'intervallo 0-50 Ω m, presenti ma poco visibili a sx, caratteristici dei volumi impregnati d'acqua. La linea elettrodica fornisce un riferimento per la lettura, tenuto conto della tavola di sintesi.

Nelle sezioni ricavate dal prisma di distribuzione possono essere intuiti i rapporti tra rocce silicee, e argillificate, e rocce carbonatiche nella serie di copertura sedimentaria;

Le anomalie basso resistive, toni blu nella scala cromatica utilizzata, sono pressoché inesistenti nell'area indagata ed entro la profondità di indagine. Esse sarebbero da associare a volumi di materiale saturi d'acqua. Si tratta di minime volumetrie in posizione subsuperficiale. Si può escludere che siano

associate a presenza di falda idrica sia per dimensione, sia per morfologia, che si presenta discontinua a masse isolate, sia per profondità;

In definitiva dalle risultanze della prospezione, stante l'assetto geologico del comparto e la posizione topografica e geomorfologica dell'impianto, è possibile escludere la presenza di una falda acquifera stabile per una altitudine compresa tra m 160 s.l.m. e il piano topografico locale. Sono possibili delle attivazioni temporanee e occasionali di drenaggi per infiltrazione locale.

Per lo Studio Progea
Phd Dott. Sergio AICARDI
Geologo



Studio PROGEA
~Dott. S. AICARDI Geologo ~
Via G. Leopardi 35r 17100 Savona
Tel e Fax 019.825956 studio.Progea@gmail.com