

Comune di SAN ROCCO AL PORTO (LO)

*PIANO REGOLATORE CIMITERIALE
DEL COMUNE DI SAN ROCCO AL PORTO*



*Indagine geologica relativa ai cimiteri
di San Rocco al Porto e di Mezzana Casati*

*Regolamento Regionale 9.11.2004, n. 6
“Regolamento in materia di attività funebri e cimiteriali”*

19 APRILE 2013

dott. Marco Daguati
GEOLOGO

via A. Diaz, 22 – 26845 Codogno (Lo)
tel e fax 0377.433021 – portatile 335.6785021
e-mail: marco.daguati@geolambda.it



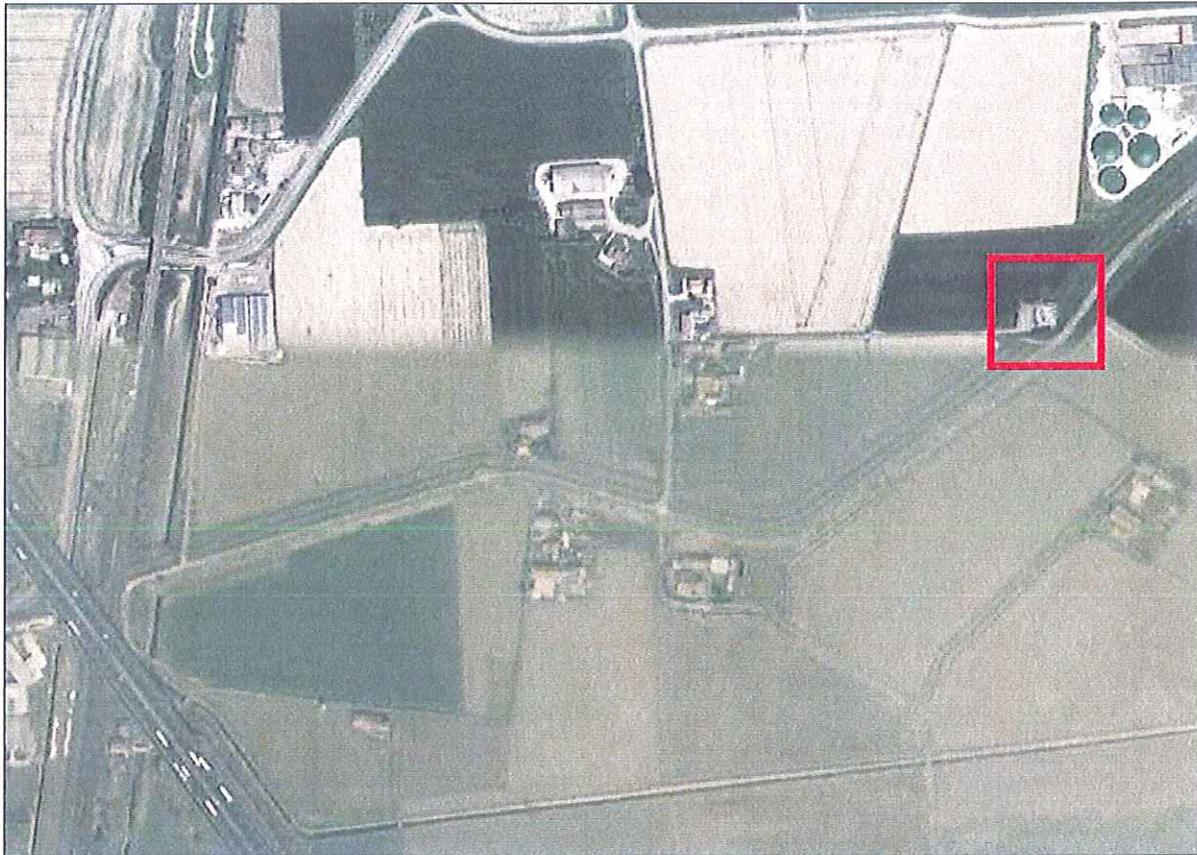
PREMESSA

In seno al piano cimiteriale del Comune di San Rocco al Porto, lo scrivente ha ricevuto l'incarico di redigere lo studio geologico previsto dal Regolamento Regionale 9.11.2004, n. 6 "Regolamento in materia di attività funebri e cimiteriali".

Oltre che uno studio geologico e idrogeologico generale, è stata eseguita anche un'indagine volta a esprimere giudizi sulla compatibilità geologica delle attività cimiteriali.



Il Cimitero comunale di San Rocco al Porto (Estratto da Google Earth)



Il Cimitero comunale di Mezzana Casati (Estratto da Google Earth)

INQUADRAMENTO GEOLOGICO e GEOMORFOLOGICO

Nell'ambito dello studio affrontato e considerata la sua finalità, la geologia di superficie assume scarsa importanza: in un intorno significativo del territorio comunale, infatti, affiorano solo depositi continentali di origine fluviale e fluvioglaciale, i quali raggiungono spessori rilevanti e sono caratterizzati da condizioni di giacitura decisamente uniformi.

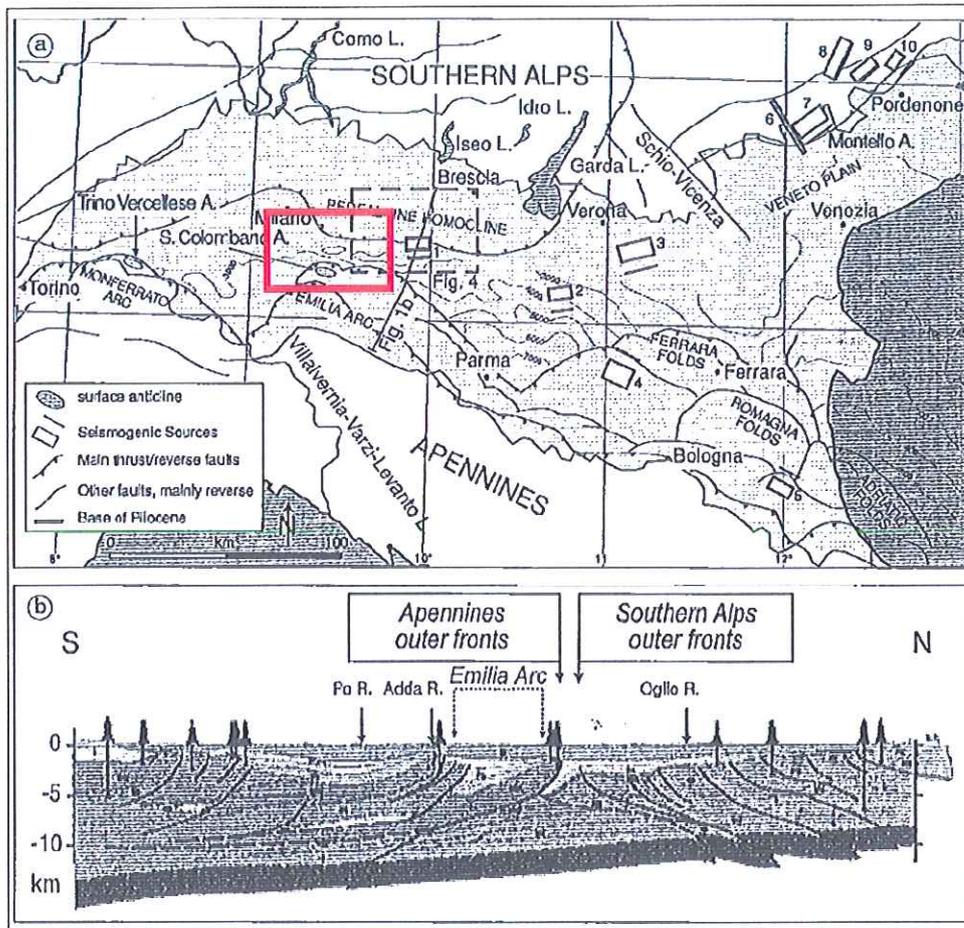
Al di sotto dei depositi continentali affioranti nell'ambito di indagine (che presentano spessori di centinaia di metri), si sviluppa un basamento di origine marina per il quale le prospezioni geofisiche, eseguite nei decenni scorsi a scopo di ricerca petrolifera, hanno permesso di rilevare una situazione strutturale complessa e non priva di significato neotettonico.

In linea generale, l'evoluzione geologica del substrato della Pianura Padana deriva dalla convergenza della placca Africana e di quella Europea: sin dal tardo Cretacico, la Pianura Padana ha rappresentato la parte frontale di due catene di opposta vergenza, l'Appennino settentrionale (N-vergente) e le Alpi meridionali (S-vergenti). L'aspetto finale della Pianura Padana si è raggiunto attraverso il riempimento definitivo (cominciato nel Pliocene con depositi dapprima marini e poi continentali) delle avanfosse padane, sulle quali si sono sviluppati una serie di bacini di piggy-back (bacini sedimentari di tipo sin-orogenetici sul dorso di thrust embriciati) a seguito dei movimenti riconducibili a varie fasi tettoniche.

Studi sulla base della sequenza plio-quadernaria nella porzione centrale e meridionale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1981) mostrano lo sviluppo di tre grandi archi costituiti da thrust ciechi N-vergenti che costituiscono il fronte più avanzato della struttura appenninica settentrionale: l'Arco del Monferrato (Elter e Pertusati, 1973), l'Arco Emiliano e l'Arco Ferrarese-Romagnolo. In tale contesto, il Comune di San Rocco al Porto si sviluppa nel settore più avanzato della struttura appenninica, in corrispondenza dell'Arco Emiliano.

Sebbene la definitiva strutturazione del substrato sepolto venga tradizionalmente associata a una fase pliocenica media-inferiore (databile dalla discordanza esistente tra i sedimenti plio-pleistocenici marini ed il substrato più antico), è opinione sempre più diffusa che i depositi alluvionali quadernari siano stati coinvolti anche in fasi neotettoniche, condizionando la morfogenesi più recente (Braga et al., 1976; Pieri e Groppi, 1981; Burrato et. al., 2003).

A sostegno di questo fatto molti Autori indicano gli affioramenti di sedimenti pre-würmiani che emergono sul "Livello Fondamentale della Pianura" in prossimità degli assi di alcune strutture positive del substrato, come accade a W del vicino comune di Casalpusterlengo, in corrispondenza della terminazione assiale della struttura "Casalpusterlengo-San Colombano". Tuttavia questa struttura, che interessa anche il sottosuolo del comune di San Rocco al Porto, non provoca in corrispondenza del territorio comunale indagato significative anomalie dettate da condizionamenti neotettonici nello sviluppo dei meccanismi sedimentari e morfologici locali.

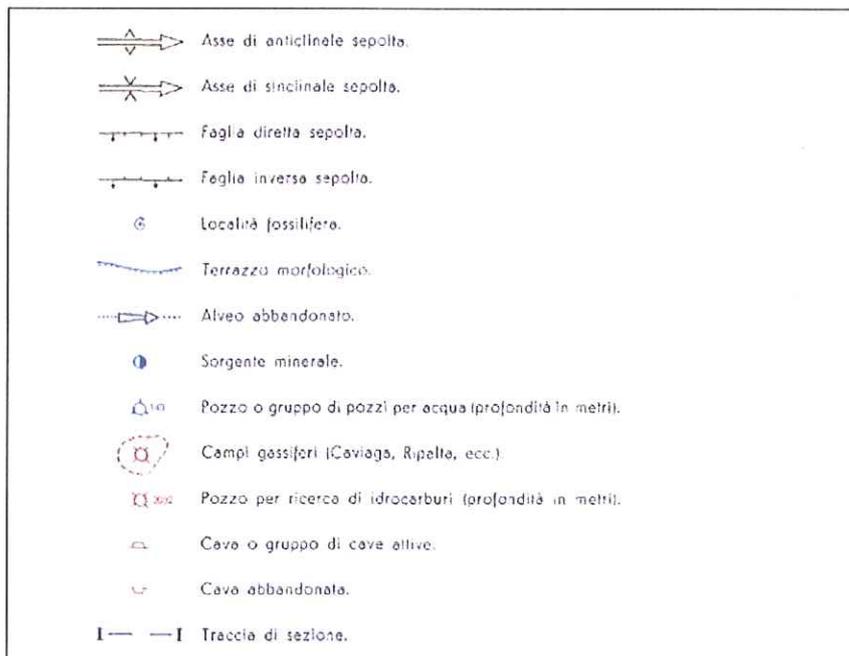
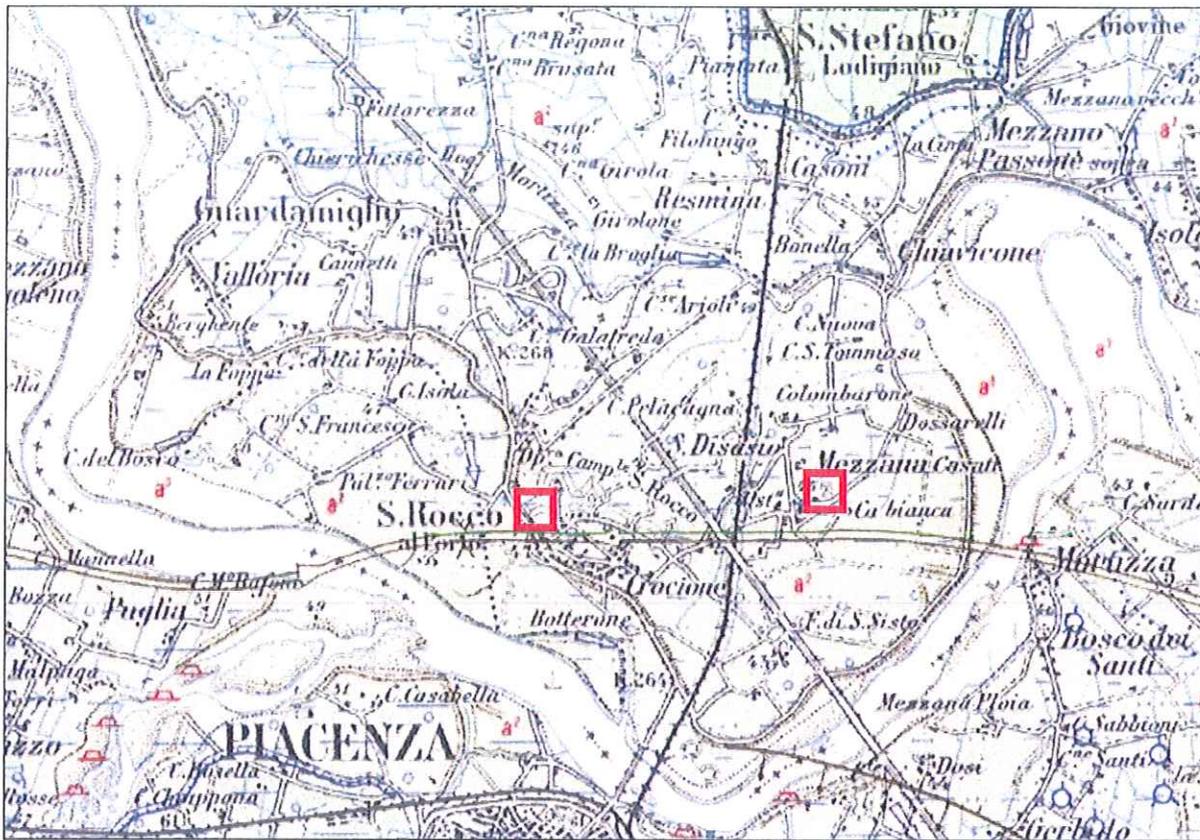


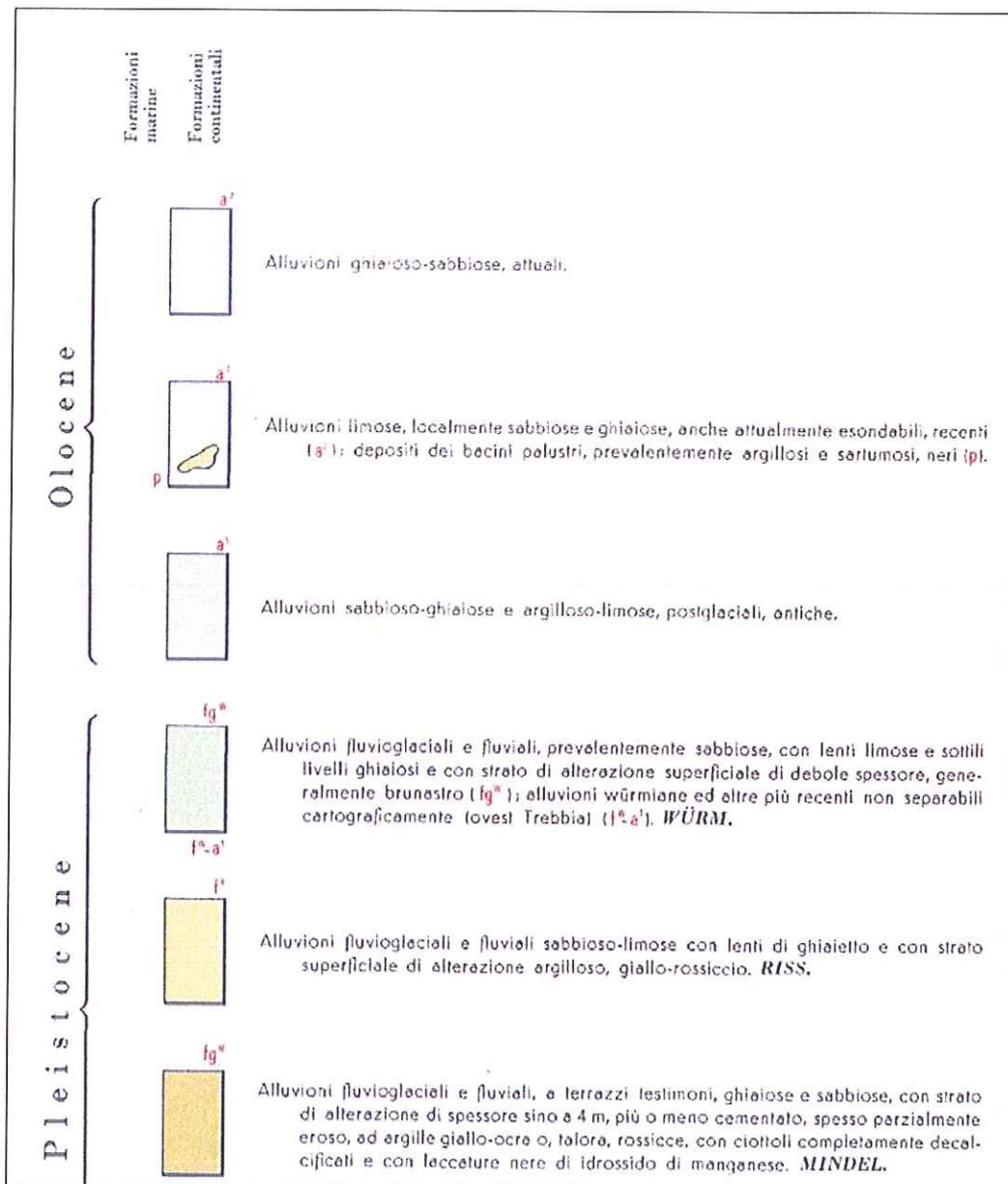
*Schema tettonico del substrato della Pianura Padana
 ("Pieri and Groppi, 1981" in "Burrato et al.", 2003)*

Nonostante i chiari sintomi di un coinvolgimento della copertura quaternaria in fasi neotettoniche, non si rilevano concrete situazioni di rischio derivanti da sismi di superficie; l'ambito comunale, infatti, risulta classificato, secondo la recente normativa (Ordinanza del Pres. Cons. Ministri n. 3274 del 20.03.2003), come zona 4.

A tale proposito va considerato come anche nelle aree sismicamente più attive della penisola italiana, i tempi di ritorno per i grandi terremoti siano superiori a 1000 anni, mentre l'attuale catalogo storico (considerato completo per eventi di magnitudo superiore a 5.5 solo dopo il 17° secolo) potrebbe non coprire adeguatamente il ciclo sismico della maggior parte delle aree sismogenetiche padane. Tuttavia, il confronto tra le deformazioni verticali a lungo termine (a partire dal Pleistocene superiore) e quelle a breve termine, calcolato utilizzando correlazioni geomorfologiche e misure geodetiche (De Martini et al., 1998), dimostra come per molti dei thrust attivi una buona parte dell'energia venga rilasciata in modo asismico: tale fattore giustificherebbe comunque l'attività neotettonica e il condizionamento della sedimentazione e dei lineamenti morfologici di superficie (Burrato et al., 2003), pur riducendo il rischio sismico a cui è esposto questo lembo di Pianura Padana.

Come evidenziato dalla cartografia geologica ufficiale (Carta Geologica della Lombardia scala 1:250.000 e Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 foglio n. 60 "Piacenza", presentata in stralcio nella figura seguente), tutte le unità affioranti in un intorno significativo del territorio comunale di San Rocco al Porto sono di origine continentale.





L'intero territorio comunale è modellato nei depositi di origine alluvionale di età olocenica: si tratta delle *Alluvioni recenti* del Po, affioranti con continuità lungo fasce più o meno ampie sulle sponde del fiume. I depositi alluvionali olocenici interrompono, 3-4 km a N del territorio comunale, la continuità di quelli più antichi (*Alluvioni fluviali e fluvio-glaciali wurmiani*), i quali costituiscono il substrato del Livello Fondamentale della Pianura, il cui limite più meridionale coincide generalmente con una netta scarpata d'erosione.

Per quanto concerne i cimiteri comunali di San Rocco al Porto, essi si sviluppano entrambi su un unico ripiano morfologico modellato nelle alluvioni oloceniche medio-recenti del Po. Questa unità, lontana dai lineamenti morfologici di particolare rilievo e separata, attraverso il rilevato arginale maestro, dall'area golenale inondabile in occasione delle piene ordinarie, non risulta più interessata dai fenomeni sedimentari e morfodinamici del Po. Vengono segnalati tuttavia, nella fascia al piede del rilevato arginale maestro, locali fenomeni di filtrazione (fontanazzi) in occasione delle piene più gravose del Po.

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E PIEZOMETRIA

A differenza della geologia di superficie, quella del sottosuolo comprende notevoli variazioni laterali e verticali in funzione degli eventi che hanno interessato la zona nel Quaternario. La successione idrogeologica a scala regionale è definita, sulla base dei dati di cui si dispone, da tre unità ben distinte anche se non sempre individuabili altrettanto chiaramente. Dalla più superficiale alla più profonda le unità citate sono le seguenti:

- **Unità ghiaioso-sabbiosa:** è costituita nella parte più settentrionale del territorio padano dalle formazioni moreniche, sfumanti verso sud alle coltri fluvio-glaciali e fluviali recenti. Questa unità è costituita da depositi alluvionali (recenti ed antichi) e da quelli fluvioglaciali wurmiani, in cui le frazioni limose e argillose risultano particolarmente scarse. Essa rappresenta la litozona più superficiale con ambiente di sedimentazione tipicamente continentale, fluviale e fluvio-glaciale. È costituita da granulometrie progressivamente più fini da N a S, in accordo con quanto osservabile in sito, ove prevalgono ghiaie e, subordinatamente, sabbie. Il colore dei sedimenti più fini denota condizioni ossidanti tipiche di un ambiente di sedimentazione sub-aereo. L'Unità ghiaioso-sabbiosa è la sede della struttura idrica più importante e tradizionalmente utilizzata in quanto caratterizzata da valori di trasmissività molto elevati. L'elevata permeabilità consente la ricarica dell'acquifero da parte delle acque meteoriche e di quelle di infiltrazione da corsi d'acqua o canali artificiali; la conducibilità idraulica media che caratterizza questa unità è compresa tra valori di 10^{-3} e 10^{-4} m/s mentre la trasmissività è, in linea generale, superiore a 10^{-2} m²/s.

- **Unità sabbioso-argillosa:** sottostante alla litozona ghiaioso-sabbiosa, è da questa separata da un contatto graduale e di difficile ubicazione. È suddivisibile in due sub-unità, la prima costituita da argille, limi e sabbie con frequenti livelli torbosi o lignitosi e caratteristica di ambienti fluvio-palustri, la seconda indica invece condizioni marine costiere ed è costituita da alternanze di ghiaie e sabbie con argille e limi. Ovviamente la permeabilità è molto variabile nelle due sub-unità in funzione delle differenze granulometriche.

Trattandosi di litotipi a granulometria estremamente fine, i valori di conducibilità idraulica sono piuttosto bassi e dell'ordine di 10^{-5} - 10^{-6} m/s nei livelli più produttivi; anche la trasmissività risulta mediocre ed in genere inferiore a 10^{-3} m²/s.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, questa unità rappresenta il substrato dell'acquifero tradizionale. L'acqua è contenuta in livelli sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi: si tratta principalmente di falde confinate con presenza talora di sostanze tipiche di ambiente riducente.

- **Unità argillosa:** è l'unità più profonda e più antica nell'ambito dei sedimenti quaternari e corrisponde a condizioni di sedimentazione tipicamente marine. Presenta permeabilità scarsa o nulla con rari livelli acquiferi; viene generalmente considerata il substrato idrogeologico delle unità soggette ad eventuali captazioni.

L'intera successione quaternaria, dunque, viene interpretata come fase terminale del progressivo riempimento del bacino padano, con condizioni di sedimentazione da marine a francamente continentali.

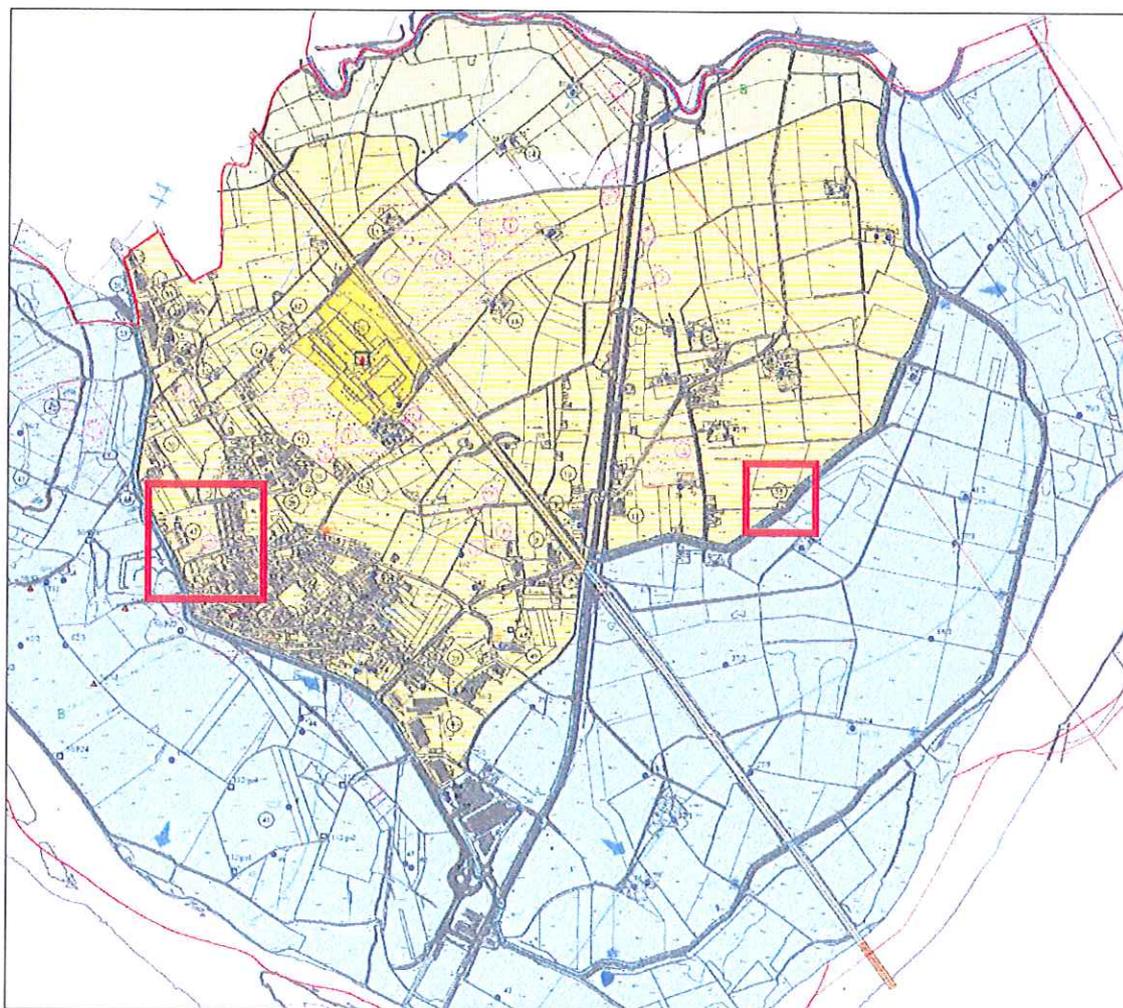
Una prima classificazione idrogeologica del sottosuolo ha portato alla individuazione di due sistemi acquiferi separati e sostanzialmente indipendenti (Martinis e Mazzarella, 1971), noti come acquifero tradizionale (corrispondente alla litozona ghiaioso-sabbiosa) e acquifero profondo (ospitato entro la litozona sabbioso-argillosa).

Successivi studi di dettaglio hanno individuato, all'interno dell'acquifero tradizionale, due circuiti sostanzialmente separati (Francani e Pozzi, 1981), secondo un modello successivamente ripreso dal P.T.U.A. della Regione Lombardia:

- 1) un circuito superficiale, con caratteristiche prevalentemente freatiche (I acquifero);
- 2) un circuito più profondo (di tipo confinato o semiconfinato) sottostante uno o più livelli impermeabili arealmente correlabili (II acquifero).

Il grado di indipendenza dei due acquiferi non è facilmente valutabile (soprattutto nelle zone di alta pianura e in corrispondenza delle valli dei principali corsi d'acqua). La non continuità laterale è un fattore derivante soprattutto dalla dinamica sedimentaria dell'ambiente fluviale entro il quale i depositi si sono formati. A scala locale, tuttavia, i dati disponibili descrivono una significativa continuità laterale dei corpi argillosi a partire dalla quota di circa 20-30 m s.l.m..

Per quanto riguarda il deflusso idrico sotterraneo della falda superficiale, le informazioni idrogeologiche disponibili dalla letteratura specifica evidenziano come i grandi fiumi (Lambro, Adda e Po) costituiscano gli assi di drenaggio principali della pianura lodigiana, condizionando in modo sostanziale le linee di flusso sotterraneo.



Carta piezometrica della falda superficiale
(Tratta da: Carta idrogeologica del PGT di San Rocco al Porto; 2002)

Nel dettaglio locale, la falda superficiale assume una direzione verso quadranti S-orientali, influenzata dall'effetto drenante esercitato dal Po, mentre la soggiacenza, in corrispondenza delle aree di studio, si attesta intorno a 4-5 m dal piano campagna.

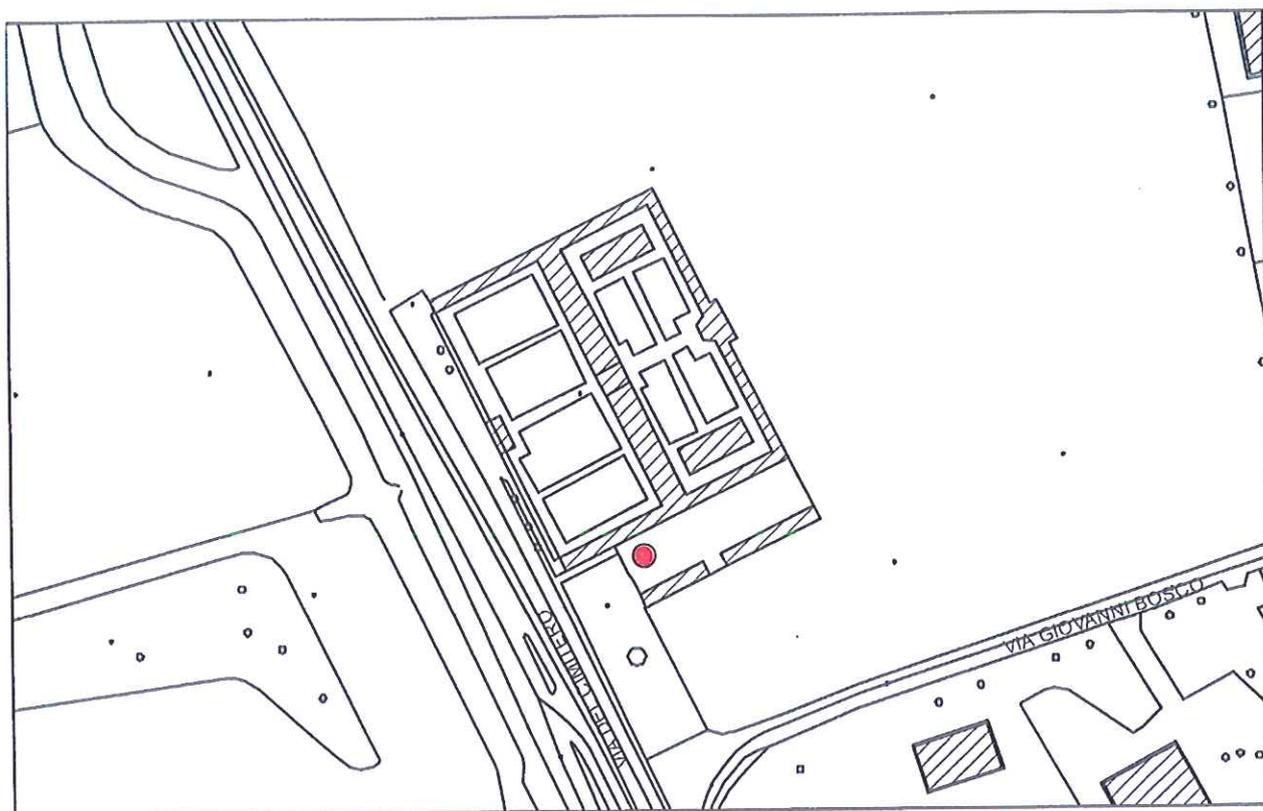
Quanto sopra conferma come il sistema idrografico di superficie, centrato sulla presenza del Po e il complesso delle acque sotterranee siano fra loro interconnessi secondo un delicato equilibrio. Nonostante in tutto il territorio comunale non siano note registrazioni sistematiche delle oscillazioni piezometriche che consentano di effettuare considerazioni idrogeologiche in merito a possibili variazioni delle linee di deflusso nel breve periodo (periodi di minima e massima escursione annuale) e nel lungo periodo, considerato il particolare contesto morfologico ed idrogeologico si esclude che la pratica irrigua o le precipitazioni meteoriche, anche se intense o concentrate in taluni periodi dell'anno, siano in grado di modificare in modo sostanziale le linee di flusso sotterraneo, ad eccezione delle aree più vicine al Po. Durante i periodi di piena del Fiume, infatti, la falda superficiale subisce oscillazioni verso l'alto sino all'emersione a piano campagna, con localizzate e temporanee inversioni del deflusso sotterraneo (alimentazione fiume-falda) nelle aree più vicine all'argine maestro, dando luogo ai fenomeni di filtrazione noti come "fontanazzi".

INDAGINI GEOGNOSTICHE DI DETTAGLIO

Come accennato in premessa, è stata eseguita una verifica in sito con lo scopo di valutare la compatibilità delle strutture cimiteriali (e in particolare le attività di inumazione) con l'assetto geologico locale in conformità a quanto previsto dal R.R. 6/2004.

L'indagine si è concretizzata attraverso due pozzetti esplorativi (uno per ciascun cimitero) eseguiti mediante pala meccanica; all'interno di ogni pozzetto è stata eseguita una prova di permeabilità (a circa 1,40 m di profondità) per meglio caratterizzare i terreni di substrato. Il successivo approfondimento degli scavi esplorativi, inoltre, ha consentito l'osservazione diretta dei profili stratigrafici fino alla profondità di 2.00 – 2.20 m dalla quota del piano campagna, successivamente documentati fotograficamente:

T1 – cimitero di San Rocco al Porto:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione</u> <u>USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	0.70		Materiale di riporto costituito da terreno sciolto, frammenti di mattoni, ghiaia, materiale da costruzione
Da	0.70	a	2.00		Sabbia fine limosa di colore nocciola
<i>falda: assente</i>					

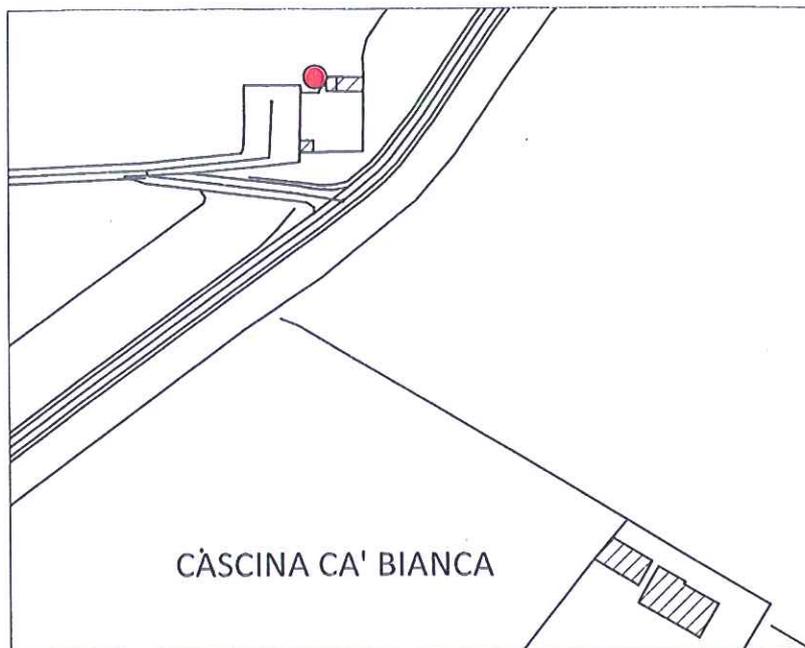


Ubicazione del pozzetto esplorativo su estratto di mappa



Particolare del pozzetto esplorativo

T2 – cimitero di Mezzana Casati:					
<u>profondità (m. da p.c.)</u>				<u>Classificazione USCS</u>	<u>Natura dei terreni</u>
Da	0.00	a	1.40		Materiale di riporto costituito da terreno sciolto, frammenti di mattoni, ghiaia, catrame, plastica
Da	1.40	a	2.20		Limo sabbioso – sabbia da media a grossolana limosa di colore nocciola
<i>falda: assente</i>					



Ubicazione del pozzetto esplorativo su estratto di mappa



Particolare del pozzetto esplorativo

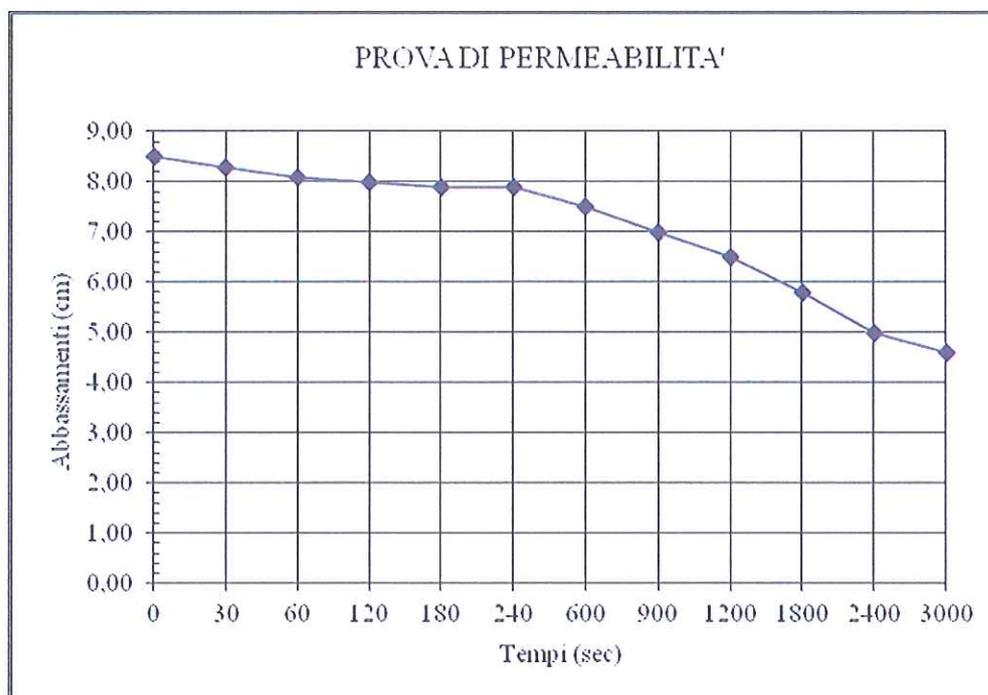
PROVE di PERMEABILITA'

Nella tabella seguente si riportano le misure registrate durante l'esecuzione della prova di permeabilità n.1 e n.2 a carico variabile ed i relativi grafici "abbassamenti/tempi":

Prova di permeabilità

PROVA 1

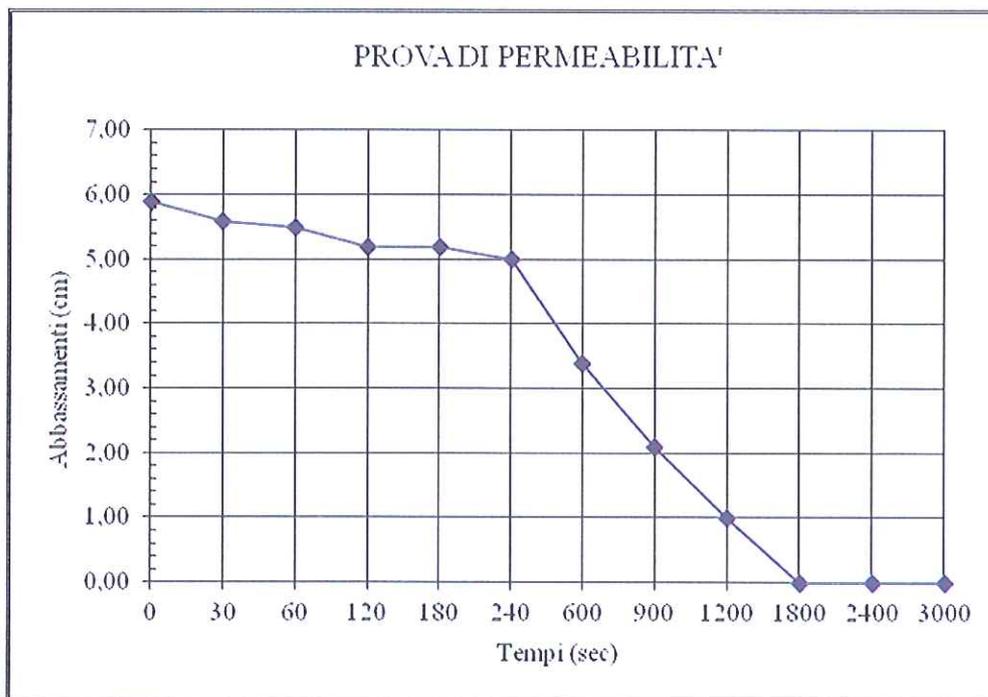
Tempo (secondi)	Tempo (minuti)	Livello (cm)	Abbassamento (cm)
0	0,0	8,50	0,00
30	0,5	8,30	0,20
60	1,0	8,10	0,40
120	2,0	8,00	0,50
180	3,0	7,90	0,60
240	4,0	7,90	0,60
600	10,0	7,50	1,00
900	15,0	7,00	1,50
1200	20,0	6,50	2,00
1800	30,0	5,80	2,70
2400	40,0	5,00	3,50
3000	50,0	4,60	3,90



Prova di permeabilità

PROVA 2

Tempo (secondi)	Tempo (minuti)	Livello (cm)	Abbassamento (cm)
0	0,0	5,90	0,00
30	0,5	5,60	0,30
60	1,0	5,50	0,40
120	2,0	5,20	0,70
180	3,0	5,20	0,70
240	4,0	5,00	0,90
600	10,0	3,40	2,50
900	15,0	2,10	3,80
1200	20,0	1,00	4,90
1800	30,0	0,00	5,90
2400	40,0	0,00	5,90
3000	50,0	0,00	5,90



Attraverso le prove è stato possibile ricavare la capacità di assorbimento del terreno, definendo il coefficiente di permeabilità-filtrazione K [m/s] con la seguente espressione (Civita M., 2005):

$$K = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + (2h_m/b)/27 \cdot (h_m/b) + 3}{1}$$

dove

h_1, h_2 = altezze dell'acqua in due istanti di tempo differenti, rispettivamente t_1 e t_2 ;

b = lato della trincea;

h_m = altezza dell'acqua (media tra h_1 e h_2)

Svolgendo opportunamente i calcoli si ottengono i seguenti valori di permeabilità:

- $K = 1,4 * 10^{-5}$ m/s per la prova n. 1 eseguita presso il cimitero del capoluogo;
- $K = 3,4 * 10^{-5}$ m/s per la prova n. 2 eseguita presso il cimitero della frazione di Mezzana Casati;

I valori calcolati per le prove di permeabilità confermano quelli noti in letteratura per depositi di natura sabbioso-limoso a permeabilità discreta, come indicato nella seguente tabella:

k (cm/s)	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte		

Classi di permeabilità (Casadio & Elmi, 1995)



Particolare della prova di permeabilità eseguita presso il cimitero di San Rocco al Porto



Particolare della prova di permeabilità eseguita presso il cimitero di Mezzana Casati

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

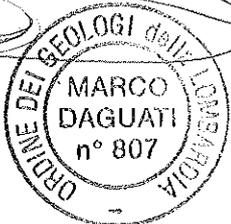
L'indagine sito-specifica ha definito due profili stratigrafici caratterizzati dalla presenza di materiale di riporto superficiale seguiti da depositi di natura sabbioso-limosa.

Le informazioni disponibili e quelle specificatamente acquisite evidenziano la presenza di terreni superficiali di proprietà geotecniche compatibili con strutture di fondazione di tipo diretto di modeste dimensioni, le cui caratteristiche andranno verificate adeguatamente nel caso di progettazione di nuove opere ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i..

Sebbene i dati disponibili non abbiano evidenziato la presenza di acqua sotterranea nei primi metri di profondità, il contesto idro-geomorfologico in cui si sviluppano le strutture cimiteriali è tale per cui, in occasione delle principali piene del Po, si registra un consistente incremento della quota piezometrica portando la falda, soprattutto nei pressi del cimitero del capoluogo, a quote prossime al piano campagna. Seppur limitato nel tempo, il fenomeno è tale da determinare una condizione ostativa alla realizzazione di strutture interrato (quali tombe, loculi ecc.) e in particolare alle fosse per inumazione che, secondo normativa (R.R. n. 6/2004), devono avere un fondo a quota di almeno 0.50 m superiore alla massima escursione della falda freatica.

Codogno, 19 aprile 2013

dott. geologo Marco Daguati



ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
MARCO
DAGUATI
n° 807