

Committente:

PROVINCIA DI BRESCIA



ATTIVITÀ DI AFFINAMENTO DELLE CONOSCENZE  
SULLA CONTAMINAZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE  
IN PROVINCIA DI BRESCIA CON DEFINIZIONE  
DEI PLUMES DI CONTAMINANTI ED INDIVIDUAZIONE  
DELLE POTENZIALI FONTI DI CONTAMINAZIONE  
**LOTTO "C" - OVEST BRESCIANO - 2° FASE**

Data:

Dicembre 2017

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO  
NUOVI PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO  
**RELAZIONE**

Progettisti RTP:

Capogruppo DOTT. GEOL. LAURA ZILIANI  
DOTT. GEOL. DAVIDE GASPARETTI  
DOTT. ING. CARLO GORIO

Collaboratori:

DOTT. GEOL. GIANANTONIO QUASSOLI  
DOTT. GEOL. SAMUELE CORRADINI

Via T. Olivelli, 5 -25123 Brescia Tel. 030.3771189 Fax 030.3778086 e-mail: info@studiogeologiambiente.it

PROGETTISTI:  
(timbro e firma)



*Handwritten signature of Davide Gasparetti*



*Handwritten signature of Carlo Gorio*

**ATTIVITÀ DI AFFINAMENTO DELLE CONOSCENZE SULLA CONTAMINAZIONE  
DELLE ACQUE SOTTERRANEE IN PROVINCIA DI BRESCIA CON DEFINIZIONE DEI  
PLUMES DI CONTAMINANTI ED INDIVIDUAZIONE DELLE POTENZIALI FONTI DI  
CONTAMINAZIONE**

**LOTTO C - OVEST BRESCIANO - BS004**

**FASE 2 - RELAZIONE DI PROGETTO  
DEI NUOVI PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO**

**INDICE**

1. PREMESSA .....	3
2. OGGETTO DELL’AFFIDAMENTO E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELL’ATTIVITÀ	4
3. SPECIFICHE TECNICHE.....	6
3.1. Esecuzione dei piezometri.....	6
3.2. Gestione dei rifiuti (suolo/sedimento/acque) .....	10
3.3. Rapporto finale .....	10
4. UBICAZIONE DEI NUOVI PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO .....	11
5. ZONA OSPITALETTO-TRAVAGLIATO .....	12
5.1. Ubicazione dei nuovi piezometri .....	12
5.2. Caratteristiche litologiche attese .....	15
5.3. Modalità costruttive dei piezometri.....	15
6. ZONA OSPITALETTO-CASTEGNATO .....	17

6.1.	Ubicazione dei nuovi piezometri .....	17
6.2.	Caratteristiche litologiche attese .....	18
6.3.	Modalità costruttive dei piezometri.....	19
7.	ZONA PADERNO FRANCIACORTA.....	21
7.1.	Ubicazione dei nuovi piezometri .....	21
7.2.	Caratteristiche litologiche attese .....	22
7.3.	Modalità costruttive dei piezometri.....	22
8.	ZONA PROVAGLIO D'ISEO-PASSIRANO-MONTICELLI BRUSATI .....	25
8.1.	Ubicazione dei nuovi piezometri .....	25
8.2.	Caratteristiche litologiche attese .....	25
8.3.	Modalità costruttive dei piezometri.....	26
9.	MONITORAGGIO CHIMICO E PIEZOMETRICO .....	28

## 1. PREMESSA

Su incarico della Provincia di Brescia (Determina Dirigenziale n° 426/2014) è in corso una serie di attività volte all'affinamento delle conoscenze sulla contaminazione delle acque sotterranee nell'Ovest bresciano, nell'ambito del Progetto regionale di intervento per la definizione dei plumes di contaminazione della falda (d.g.r. n. 3510 del 19.07.2012).

Il progetto è strutturato in tre fasi successive, in modo da consentire il progressivo affinamento delle attività previste con il procedere del lavoro, sulla base delle informazioni acquisite e dei risultati delle campagne di monitoraggio eseguite.

La presente relazione contiene il progetto dei piezometri di monitoraggio da realizzare nell'ambito della Fase 2 del Progetto Plume, ad integrazione della rete di monitoraggio dell'Ovest Bresciano, già definita nella Fase 1.

L'ubicazione e le caratteristiche dei nuovi piezometri di monitoraggio sono state definite sulla base dei risultati della Fase 1 del Progetto Plume (Relazione Fase 1).

Le caratteristiche dei piezometri sono state indicate sulla base delle stratigrafie dei pozzi situati nel territorio circostante; l'effettiva profondità di ciascun piezometro e del tratto microfessurato dovrà essere precisata sulla base della stratigrafia del sondaggio che verrà realizzato a carotaggio continuo per la messa in opera del piezometro stesso.

L'ubicazione precisa dei piezometri dovrà essere verificata localmente e meglio definita tenendo conto delle proprietà delle aree e della presenza di sottoservizi.

## 2. OGGETTO DELL’AFFIDAMENTO E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ

Le attività oggetto di affidamento sono le seguenti:

- perforazione;
- messa in opera di piezometri;
- spurgo e sviluppo dei piezometri;
- smaltimento del materiale derivato dalla perforazione;

L'esatta localizzazione e le caratteristiche definitive delle postazioni, saranno comunicate dalla Committenza sulla base di quanto concordato con ARPA Lombardia ed i tecnici incaricati in relazione sia alle risultanze di verifiche dirette in campo sia all'eventuale acquisizione delle autorizzazioni all'accesso in aree private.

Le attività saranno condotte nel rispetto delle “Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche” emanate dall’Associazione Geotecnica Italiana e del “Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati” redatto dall’ISPRA. Le raccomandazioni e le indicazioni contenute nei suddetti documenti si danno per accettate da parte dell’Impresa che dichiara, alla firma del contratto, di conoscerle perfettamente. L’impresa deve assicurare, a proprie spese, durante tutte le fasi di sondaggio (installazione cantiere, perforazione, cementazione etc.) l’assistenza di un proprio geologo per ciascuna macchina di perforazione.

Tale requisito è elemento fondamentale per l’aggiudicazione delle attività.

Prima dell’avvio delle indagini saranno condotte tutte le attività necessarie affinché l’esecuzione delle stesse avvenga in condizioni di sicurezza per i lavoratori impegnati.

Per una migliore gestione ed un corretto svolgimento delle attività, il soggetto affidatario dovrà assicurare l’esecuzione ed il completamento di ogni piezometro, in base al cronoprogramma delle attività definito dagli studi tecnici in collaborazione con il personale della Provincia di Brescia e di ARPA Lombardia, entro 7 giorni dalla comunicazione da parte della Committenza.

Il soggetto affidatario dovrà inoltre garantire l’eventuale esecuzione delle perforazioni contemporaneamente, anche in zone diverse all’interno delle aree oggetto di studio.

La Provincia o Arpa si riserva il diritto di apportare al cronoprogramma delle attività tutte le modifiche utili o necessarie per la corretta esecuzione del servizio ed il coordinamento di tutti i soggetti interessati.

Tutte le attività dovranno, altresì, essere svolte nel rispetto della vigente normativa in materia di sicurezza (D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i.); l’Affidatario dovrà pertanto approntare tutte le misure (igieniche, di protezione collettiva ed individuale, di emergenza ecc.) necessarie a svolgere in completa sicurezza le varie tipologie di attività, sia per il proprio personale incaricato, sia per il personale esterno (personale ARPA o altro Ente interessato) che potrà essere presente durante l’esecuzione del servizio.

### **3. SPECIFICHE TECNICHE**

#### **3.1. ESECUZIONE DEI PIEZOMETRI**

L'ubicazione preliminare dei nuovi piezometri di monitoraggio è stata definita sulla base dei risultati della Fase 1 del Progetto Plume e delle indicazioni contenute nella Relazione Fase 1, cui si rimanda per ulteriori dettagli.

Contemporaneamente alla perforazione verranno realizzati i rilievi di campo.

I sondaggi geognostici saranno effettuati avvalendosi del supporto di fornitori qualificati. Tutte le fasi di perforazione, allestimento del piezometro, sviluppo e spurgo e campionamento dovranno essere eseguite da personale specializzato dotato di strumentazione adeguata.

L'esecuzione dei sondaggi e l'installazione dei piezometri a tubo aperto dovrà essere supervisionata da un geologo che dovrà interfacciarsi con la Direzione Lavori e che provvederà inoltre alla redazione della stratigrafia e dello schema costruttivo del piezometro.

Dovranno essere verificate la funzionalità e la pulizia di tutta l'apparecchiatura utilizzata.

Gli strumenti e le attrezzature impiegati nelle diverse operazioni dovranno essere costruiti con materiali e modalità tali che il loro impiego non modifichi le caratteristiche delle matrici ambientali e la concentrazione delle sostanze contaminanti.

Si dovrà evitare la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (cross-contamination) durante le operazioni di perforazione, allestimento e prelievo dei campioni. A tal fine dovranno essere inoltre controllati l'assenza di perdite di oli, lubrificanti e altre sostanze dai macchinari, dagli impianti e da tutte le attrezzature utilizzate durante la perforazione ed il campionamento.

Tutte le informazioni dovranno essere riportate comunque nel verbale di giornata.

Preliminarmente all'inizio delle attività di campo si dovrà verificare l'accessibilità a tutte le zone di indagine.

Nel caso in cui risultasse necessaria la predisposizione di vie d'accesso ai punti di indagine (taglio di vegetazione, eventuali rimozioni di macerie, lastre di calcestruzzo, calcestruzzo armato, ruderi, eventuali rinterri o formazione di piste o quanto altro non

specificato) gli oneri relativi agli eventuali mezzi necessari all'esecuzione di tale attività restano a carico dell'Affidatario.

Per la decontaminazione delle attrezzature dovrà essere predisposta un'area delimitata e impermeabilizzata con teli, posta ad una distanza dall'area di campionamento sufficiente ad evitare la diffusione dell'inquinamento alle matrici campionate.

A fronte di questa voce verranno eseguiti i lavaggi di: carotiere, e rivestimenti metallici, prima dell'inizio della perforazione e ad ogni manovra di carotaggio; la pulizia dei contenitori e dell'impianto per l'eventuale acqua di circolazione di perforazione, prima dell'inizio di ogni sondaggio.

Alla fine di ogni perforazione saranno decontaminati tutti gli attrezzi e gli utensili che hanno operato in superficie, mentre gli attrezzi e gli utensili che hanno operato in profondità nel perforo saranno decontaminati ad ogni "battuta".

Tali operazioni saranno compiute con acqua in pressione per mezzo di un'idropulitrice. Le apparecchiature dovranno essere asciugate mediante evaporazione naturale o in caso di condizioni climatiche che non garantiscano l'evaporazione, con carta da filtro esente da contaminazione.

In caso di eventi meteorici le operazioni di decontaminazione dovranno essere effettuate al riparo dalle acque di pioggia al fine di garantire assenza di alterazioni del campione.

Utensili che non possono essere decontaminati per la presenza di superfici non facilmente pulibili (funi, guanti) dovranno essere eliminati al termine di ogni trivellazione.

Al termine delle operazioni o in attesa di essere riutilizzati gli attrezzi e le apparecchiature decontaminati dovranno essere conservati in condizioni tali da evitare la contaminazione.

Gli oneri per l'esecuzione del ciclo di pulizia dell'attrezzatura di perforazione si intendono a carico dell'affidatario.

Le specifiche tecniche previste per la realizzazione dei piezometri sono le seguenti:

- i sondaggi saranno eseguiti con sonda meccanica a rotazione, preferibilmente a secco senza l'uso di fluidi di perforazione, a carotaggio continuo del diametro di 101-127 mm con tubazione metallica di rivestimento a seguire del diametro di 127-152 mm;



- il rivestimento sarà installato a rotazione avendo cura di non lasciare più di 1.5 m di foro non rivestito; la profondità alla quale ogni sondaggio dovrà spingersi è determinata dalle caratteristiche geologiche e idrogeologiche di ciascun sito;
- le carote, una volta recuperate, saranno collocate in apposite cassette catalogatrici con separatori interni; su ogni cassetta saranno indicati in modo chiaro e indelebile il nome del sito, il numero del sondaggio e la profondità dell'intervallo di carota contenuto nella cassetta; le profondità di riferimento di ogni operazione di approfondimento saranno riportate sui separatori interni;
- le cassette catalogatrici dovranno essere conservate in spazi idonei, fino al termine del procedimento, al fine di consentire eventuali campionamenti supplementari per determinazioni analitiche integrative;
- i tubi piezometrici da installare dovranno essere a tubo aperto, in PVC, di diametro pari a 3"-4"; dovranno essere preventivamente puliti con idropulitrice e giuntati senza l'uso di mastici o colle;
- tutti i dati significativi (coordinate, quota fondo foro, quota sommità del terreno, spessore cementazione e dreno) dovranno essere misurati in campo, riportati nel quaderno di campagna e nello schema costruttivo definitivo da inserire nel rapporto finale descrittivo dell'indagine;
- al termine della perforazione e con la tubazione di rivestimento ancora installata, dovrà esser inserito il tubo piezometrico all'interno del foro per tutta la sua lunghezza, giuntando i diversi spezzoni a bocca foro;
- nell'intercapedine tra il foro ed il tubo, dovrà essere introdotto il materiale drenante lungo tutto lo spessore del tratto filtrante, estraendo progressivamente la tubazione di rivestimento. L'estrazione del rivestimento deve avvenire per trazione, evitando movimenti rotatori, con manovre di lunghezza non superiore a 1.5 m. La sommità del dreno dovrà essere di almeno 0.5 m sopra la sommità del tratto filtrante;
- alla sommità del materiale drenante dovrà essere messo in opera un tappo in materiale bentonitico, per separare il dreno dalla cementazione superiore;
- la cementazione dovrà essere eseguita in corrispondenza del tratto cieco, a partire dal fondo iniettando direttamente in quota e sollevando i tubi di iniezione al procedere dell'iniezione, mantenendo una velocità costante;

- la testa del tubo piezometrico dovrà essere dotata di un tappo munito di lucchetto con chiusura a tenuta idraulica per evitare l'ingresso di contaminanti dal piano campagna e dovrà essere protetta da un pozzetto di superficie che potrà essere:
  - pozzetto in calcestruzzo con coperchio carrabile a livello del p.c., nel caso in cui il pozzo di estrazione sia installato in un'area di transito di veicoli o persone;
  - pozzetto in metallo, con emergenza fuori terra e dotato di chiusura a lucchetto, nel caso in cui il pozzo di estrazione sia installato in un'area non di transito;
- sul pozzetto e sul tappo dovrà essere indicato il codice identificativo del piezometro;
- al termine dell'installazione, in tutti i piezometri si procederà allo sviluppo e allo spurgo mediante pompa sommersa fino ad ottenimento di acqua limpida priva di particelle in sospensione;
- l'acqua emunta, previa caratterizzazione, dovrà essere raccolta direttamente in apposite cisterne al fine del successivo smaltimento come rifiuto presso impianti autorizzati;
- il terreno derivante dalle operazioni di perforazione ed il terreno contenuto nelle cassette catalogatrici dovrà essere caratterizzato ai fini del successivo smaltimento/recupero.

Alla fine delle attività, dovrà essere prodotta la seguente documentazione descrittiva dei risultati dell'attività eseguita:

- rapporti di perforazione completi di una breve relazione redatta da un geologo comprendente la stratigrafia in scala rilevata nei fori e una planimetria con indicati i punti di indagine;
- documentazione fotografica delle cassette catalogatrici, delle operazioni svolte e delle zone ove vengono eseguiti i fori;
- schema finale di completamento dei piezometri indicante coordinate, diametro, tratti fenestrati e ciechi, dreni, cementazioni, impermeabilizzazioni e livello statico della falda al momento della perforazione.

### **3.2. GESTIONE DEI RIFIUTI (SUOLO/SEDIMENTO/ACQUE)**

Costituiscono inoltre oggetto dell'affidamento le seguenti attività:

- Raccolta, carico, trasporto e smaltimento finale in idonea impianti autorizzati dei rifiuti derivanti dalle attività svolte, comprensivo di classificazione dei rifiuti e di tutti i certificati.
- Gestione delle acque provenienti dalle operazioni di spurgo e delle prove di pompaggio, compreso il carico, il trasporto e lo smaltimento a idoneo impianto.

Gli oneri relativi alla gestione e smaltimento degli altri rifiuti sopra indicati e di tutti quelli prodotti nella fase operativa, dovranno essere smaltiti secondo la normativa vigente in materia e si intendono a carico dell'Affidatario.

### **3.3. RAPPORTO FINALE**

L'Affidatario, alla fine delle attività, dovrà rilasciare un'esplicita relazione esecutiva precisando la tipologia d'intervento, le aree esaminate e una relazione descrittiva dei risultati dell'attività eseguita. Gli elaborati finali dovranno essere forniti alla Committenza sia in formato cartaceo sia in formato digitale modificabile entro quattro settimane dalla fine delle attività.

L'Affidatario dovrà consegnare almeno la seguente documentazione:

- a) rapporti di perforazione completi di una breve relazione redatta da un Geologo comprendente la stratigrafia in scala rilevata nei fori e una planimetria con indicati i punti di indagine;
- b) documentazione fotografica delle cassette catalogatrici, delle operazioni svolte e delle zona ove vengono eseguiti i fori;
- c) schema di completamento dei piezometri indicante coordinate, diametro, tratti fenestrati e ciechi, dreni, impermeabilizzazioni e livello statico della falda al momento della perforazione;
- d) documentazione relativa al corretto smaltimento/recupero di acqua e materiale di risulta derivante dalle operazioni di perforazione.

#### **4. UBICAZIONE DEI NUOVI PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO**

L'ubicazione dei nuovi piezometri nell'Ovest bresciano è illustrata nelle figure contenute nei successivi paragrafi. L'ubicazione precisa dei piezometri dovrà essere verificata localmente e meglio definita tenendo conto delle proprietà delle aree e della presenza di sottoservizi.

Le schede costruttive di progetto relative a ciascun piezometro sono riportate nell'Allegato 1.

Nei capitoli seguenti sono descritte le aree da sottoporre a successiva indagine di dettaglio tramite la messa in opera di nuovi piezometri e sono illustrate le caratteristiche costruttive di ciascun piezometro proposto, definite sulla base delle stratigrafie dei pozzi situati nel territorio circostante; l'effettiva profondità di ciascun piezometro e del tratto microfessurato dovrà essere precisata sulla base della stratigrafia del sondaggio che verrà realizzato a carotaggio continuo per la messa in opera del piezometro stesso.

## 5. ZONA OSPITALETTO-TRAVAGLIATO

### 5.1.

#### 5.1. UBICAZIONE DEI NUOVI PIEZOMETRI

L'area in esame si colloca al confine tra i comuni di Ospitaletto e Travagliato.

Le stratigrafie dei pozzi evidenziano la presenza di depositi ghiaioso-sabbiosi con livelli ciottolosi, caratterizzati da una permeabilità per porosità globalmente medio-alta. I sedimenti presentano una struttura a grosse lenti contraddistinte da differente granulometria e contengono livelli ciottolosi e lenti sabbioso-limose. Generalmente a partire da 15-20 m di profondità dal piano campagna sono presenti orizzonti conglomeratici compatti o fessurati. Come illustrato dalla sezione idrogeologica E-E' le stratigrafie dei pozzi indicano la presenza di almeno due livelli prevalentemente argilloso-limosi:

- il primo è potente alcuni metri ed è situato generalmente tra i 30/40 m di profondità dal piano campagna. Presenta una certa continuità areale ed un andamento subparallelo alla superficie topografica, mediamente pendente verso sud-est; tali caratteristiche, insieme alla colorazione rossastra, inducono a ritenere che si tratti di un paleosuolo;
- il secondo livello limoso-argilloso, più o meno ghiaioso, è caratterizzato da uno spessore di pochi metri e si trova intorno a 60/70 m di profondità.

La falda acquifera principale è sostanzialmente diretta verso S. La soggiacenza diminuisce progressivamente da N verso S. Al confine tra i comuni di Ospitaletto e di Travagliato la superficie piezometrica oscilla all'incirca tra 30 a 24 m di profondità dal piano campagna. Nella zona non ci sono piezometri fessurati nella falda superficiale.

La campagna di monitoraggio dell'inverno 2014-2015 ha evidenziato in questa zona una contaminazione da Cromo VI a NW dell'abitato di Travagliato nei pozzi della Società Agricola Le Paghere L'Agricol (7 µg/l) e dei Servizi Italia (14 µg/l). Tali valori sono coerenti con quelli che si rinvenivano frequentemente nel pozzo Breda che alimenta l'acquedotto di Travagliato, situato a S del pozzo Servizi Italia, e stanno ad indicare la presenza di uno o più focolai a monte.

Allo scopo di individuare la potenziale sorgente di contaminazione si propone di realizzare **n. 2 coppie di piezometri (uno superficiale ed uno profondo) a valle della Stefana s.p.a., in comune di Travagliato** (Figura 5.1.1) con le seguenti caratteristiche:

Piezometro	Profondità (m da p.c.)	Tratto filtrante
TR_PZ1s	35	da -25 a -35 (f.f.)
TR_PZ1p	70	da -45 a -70 (f.f.)
TR_PZ2s	35	da -25 a -35 (f.f.)
TR_PZ2p	70	da -45 a -70 (f.f.)

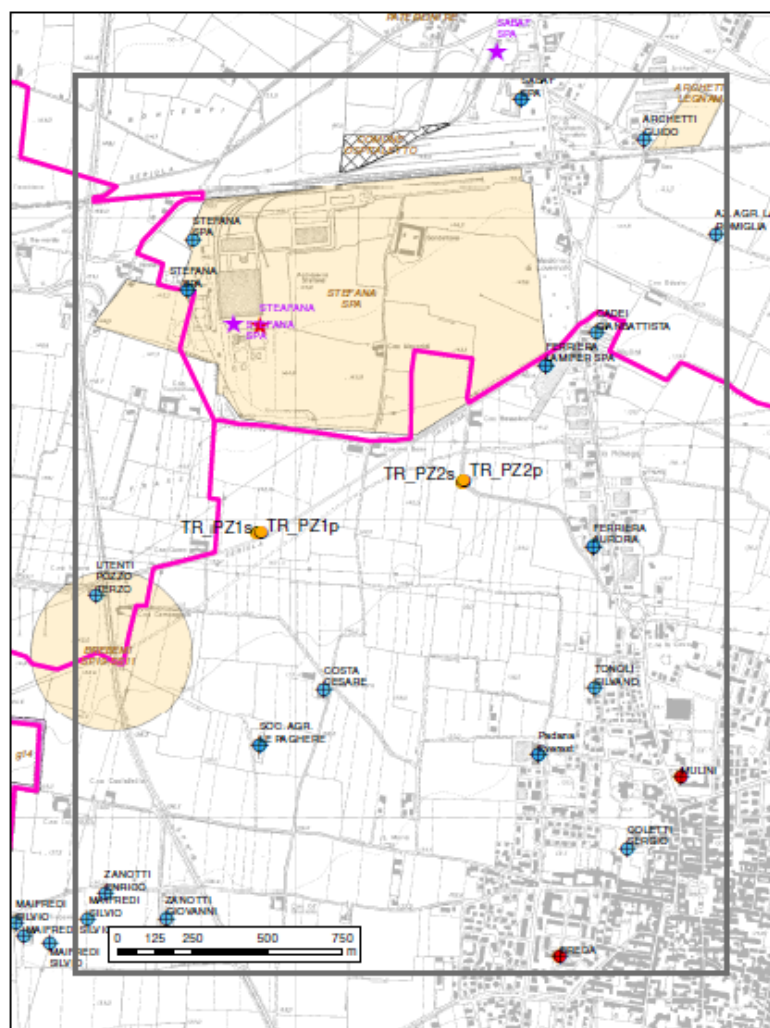


Figura 5.1.1 - Area di approfondimento Ospitaletto-Travagliato e ubicazione indicativa di n. 2 coppie di piezometri in comune di Travagliato (TR\_PZ1s, TR\_PZ1p, TR\_PZ2s, TR\_PZ2p).

Nella porzione sud-orientale del comune di Ospitaletto è stato individuato un valore significativo di Tetracloroetilene (16,8 µg/l) nel pozzo dell'Azienda Agricola La Voliera. Valori inferiori sono stati rilevati nei piezometri sia di monte che di valle della discarica Bettoni di Travagliato, posta idrogeologicamente a valle rispetto al pozzo La Voliera.



## 5.2. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE ATTESE

Per ogni piezometro in progetto è stata predisposta una scheda costruttiva con indicazione della stratigrafia presunta sulla base delle stratigrafie dei pozzi e dei piezometri situati nel territorio circostante, riportata nell'Allegato 1.

## 5.3. MODALITÀ COSTRUTTIVE DEI PIEZOMETRI

Tenendo conto delle specifiche generali (diametri di perforazione, colonna di produzione, dreni e cementazioni) valide per tutti i nuovi piezometri da realizzare e dettagliate nel Capitolo 3, per i nuovi piezometri di monitoraggio si propongono le seguenti modalità realizzative, che potranno subire modifiche alla luce di quanto sarà rilevato durante le operazioni di trivellazione.

- Profondità: 35 m (TR\_PZ1s, TR\_PZ2s, OS\_PZ1s), 60 m (OS\_PZ1p), 70 m (TR\_PZ1p, TR\_PZ2p).
- Metodo di perforazione: ai fini dell'esatta ricostruzione della litologia del sottosuolo i piezometri saranno realizzati a carotaggio continuo sino alla massima profondità raggiunta. In difformità da quanto descritto nelle specifiche tecniche, i piezometri superficiali, se realizzati successivamente a quelli profondi, potranno essere realizzati a distruzione di nucleo; in alternativa, nel caso in cui si proceda dapprima alla realizzazione del piezometro superficiale, il tratto fino a 35 m di quello profondo potrà essere realizzato a distruzione di nucleo. Per quanto possibile l'avanzamento del carotiere avverrà a secco senza l'utilizzo di fluidi di perforazione. L'acqua potrà essere utilizzata, se ritenuta indispensabile, solo per consentire l'avanzamento delle tubazioni provvisorie di lavoro (tubi di rivestimento per evitare il franamento del foro) che saranno infisse a rotazione dopo l'estrazione del terreno carotato a secco. Per l'attraversamento di eventuali banchi molto compatti o di formazioni rocciose si dovranno utilizzare corone diamantate.
- Diametro di perforazione: si prevede l'utilizzo di un carotiere del diametro di 101-127 mm (o superiore per i piezometri profondi), con diametro del rivestimento provvisorio di 127-152 mm (o superiore per i piezometri profondi), idoneo per la posa di una tubazione in PVC del diametro di 3-4".



- Installazione della tubazione definitiva: è prevista la posa di tubi in PVC ciechi e microfessurati, del diametro di 3-4". La posa dei tratti microfessurati può essere prevista a partire da 25 m (TR\_PZ1s, TR\_PZ2s, OS\_PZ1s) e 45 m (OS\_PZ1p, TR\_PZ1p, TR\_PZ2p) fino a fondo foro, sempre che le caratteristiche litostratigrafiche, idrogeologiche e idrochimiche del sottosuolo non suggeriscano di operare diversamente.
- Drenaggio, argillificazione e cementazione dell'intercapedine: qualora non si rinvenissero significativi livelli limoso argillosi, da fondo foro sino almeno 0.5 m al di sopra della quota del filtro, nell'intercapedine sarà posato un dreno in ghiaietto. In caso contrario, in corrispondenza dei livelli limoso argillosi, si dovrà procedere alla posa di tamponi in argilla fortemente rigonfiante dello spessore all'incirca pari a quello degli strati di bassa permeabilità. E' previsto anche il riempimento con argilla al di sopra del dreno per uno spessore di circa 0.5 m, seguito dalla cementazione dell'intercapedine nel tratto rimanente fino al piano campagna.
- Spurgo: al termine delle operazioni di sviluppo i piezometri saranno sottoposti a operazioni di spurgo utilizzando un pompaggio con pompa sommersa; tali attività dovranno essere protratte sino alla completa chiarificazione dell'acqua emunta.
- Protezione della sommità del piezometro: i piezometri di monitoraggio saranno chiusi in superficie da tappi ermetici e alloggiati entro un pozzetto carrabile chiuso da un tombino o un pozzetto in metallo con emergenza fuori terra e dotato di chiusura con lucchetto nel caso in cui il piezometro sia installato in un'area non di transito.

## 6. ZONA OSPITALETTO-CASTEGNATO

### 6.1. UBICAZIONE DEI NUOVI PIEZOMETRI

L'area in esame si colloca al confine tra i comuni di Ospitaletto e Castegnato.

Dal punto di vista geologico l'area è situata in posizione distale rispetto alle conoidi ciottolose-ghiaioso-sabbiose prodotte dai torrenti fluvioglaciali del sistema morenico sebino e, di conseguenza, i sedimenti presentano una natura ed una granulometria alquanto variabile ed è possibile rinvenire nel sottosuolo lenti sabbioso-limose o limoso-argillose.

Le stratigrafie dei pozzi evidenziano la presenza di almeno un livello prevalentemente argilloso-limoso alla profondità di circa 20-30 m da p.c. che possiede una discreta continuità (sezione idrogeologica F-F') e che sostiene una falda superficiale di esiguo spessore, monitorata da diversi piezometri presenti in zona.

Nel sito Cepav Due - CT101, posto in adiacenza alla linea ferroviaria Milano-Venezia, durante la campagna di monitoraggio dell'inverno 2014-2015 è stato rilevato un valore di Cromo VI significativo (127 µg/l) nel piezometro PZ5 EST (PZ5s), confermando la contaminazione delle acque sotterranee da Cromo VI già evidenziata in passato sia in questo piezometro che nei piezometri superficiale e profondo posti a monte (PZ3s e PZ3p) della linea ferroviaria.

Lungo questo tratto di ferrovia sono presenti alcune depressioni dovute ad ex cave di prestito parzialmente colmate con terreni di riporto misti a materiali di origine antropica. In particolare il PZ3 è ubicato all'interno di una di queste depressioni.

Come descritto nella Relazione Fase 1, si propone l'esecuzione di una coppia di nuovi piezometri (uno superficiale ed uno profondo) appena a monte del PZ3, all'esterno della depressione di cava (Figura 6.1.1), al fine di verificare se la contaminazione proviene da materiale scaricato nella depressione stessa.

Le caratteristiche della coppia di nuovi piezometri sono le seguenti:

Piezometro	Profondità (m da p.c.)	Tratto filtrante
CA_PZ1s	30	da -25 a -30 (f.f.)
CA_PZ1p	50	da -35 a -50 (f.f.)

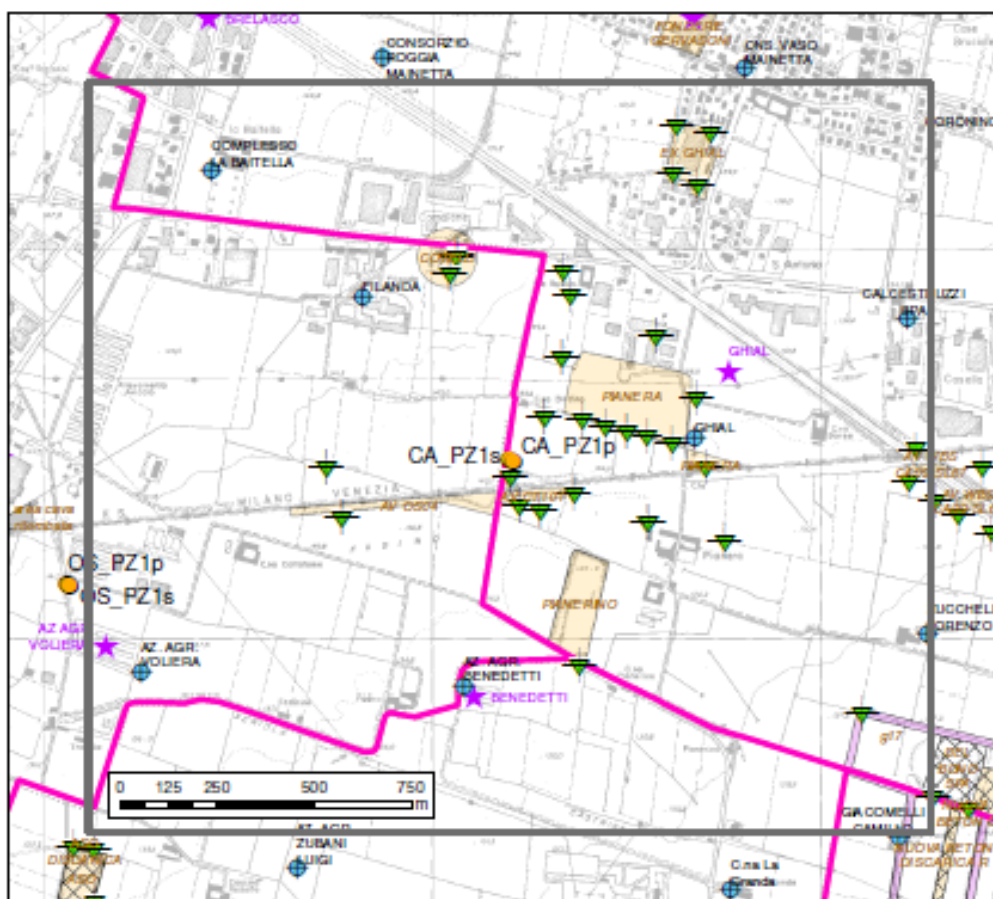


Figura 6.1.1 - Area di approfondimento Ospitaletto-Castegnato e ubicazione indicativa di n. 1 coppia di piezometri in comune di Castegnato (CA\_PZ1s, CA\_PZ1p)

## 6.2. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE ATTESE

Per ogni piezometro in progetto è stata predisposta una scheda costruttiva con indicazione della stratigrafia presunta sulla base delle stratigrafie dei pozzi e dei piezometri situati nel territorio circostante, riportata nell'Allegato 1.

### 6.3. MODALITÀ COSTRUTTIVE DEI PIEZOMETRI

Tenendo conto delle specifiche generali (diametri di perforazione, colonna di produzione, dreni e cementazioni) valide per tutti i nuovi piezometri da realizzare e dettagliate nel Capitolo 3, per i nuovi piezometri di monitoraggio si propongono le seguenti modalità realizzative, che potranno subire modifiche alla luce di quanto sarà rilevato durante le operazioni di trivellazione.

- Profondità: 30 m (CA\_PZ1s), 50 m (CA\_PZ1p).
- Metodo di perforazione: ai fini dell'esatta ricostruzione della litologia del sottosuolo i piezometri saranno realizzati a carotaggio continuo sino alla massima profondità raggiunta. In difformità da quanto descritto nelle specifiche tecniche, il piezometro superficiale, se realizzato successivamente a quello profondo, potrà essere realizzato a distruzione di nucleo; in alternativa, nel caso in cui si proceda dapprima alla realizzazione del piezometro superficiale, il tratto fino a 30 m di quello profondo potrà essere realizzato a distruzione di nucleo. Per quanto possibile l'avanzamento del carotiere avverrà a secco senza l'utilizzo di fluidi di perforazione. L'acqua potrà essere utilizzata, se ritenuta indispensabile, solo per consentire l'avanzamento delle tubazioni provvisorie di lavoro (tubi di rivestimento per evitare il franamento del foro) che saranno infisse a rotazione dopo l'estrazione del terreno carotato a secco. Per l'attraversamento di eventuali banchi molto compatti o di formazioni rocciose si dovranno utilizzare corone diamantate.
- Diametro di perforazione: si prevede l'utilizzo di un carotiere del diametro di 101-127 mm (o superiore per il piezometro profondo), con diametro del rivestimento provvisorio di 127-152 mm (o superiore per il piezometro profondo), idoneo per la posa di una tubazione in PVC del diametro di 3-4".
- Installazione della tubazione definitiva: è prevista la posa di tubi in PVC ciechi e microfessurati, del diametro di 3-4". La posa dei tratti microfessurati può essere prevista a partire da 25 m (CA\_PZ1s) e 35 m (CA\_PZ1p) fino a fondo foro, sempre che le caratteristiche litostratigrafiche, idrogeologiche e idrochimiche del sottosuolo non suggeriscano di operare diversamente.
- Drenaggio, argillificazione e cementazione dell'intercapedine: qualora non si rinvenissero significativi livelli limoso argillosi, da fondo foro sino almeno 0.5 m al di sopra della quota del filtro, nell'intercapedine sarà posato un dreno in

ghiaietto. In caso contrario, in corrispondenza dei livelli limoso argillosi, si dovrà procedere alla posa di tamponi in argilla fortemente rigonfiante dello spessore all'incirca pari a quello degli strati di bassa permeabilità. E' previsto anche il riempimento con argilla al di sopra del dreno per uno spessore di circa 0.5 m, seguito dalla cementazione dell'intercapedine nel tratto rimanente fino al piano campagna.

- Spurgo: al termine delle operazioni di sviluppo i piezometri saranno sottoposti a operazioni di spurgo utilizzando un pompaggio con pompa sommersa; tali attività dovranno essere protratte sino alla completa chiarificazione dell'acqua emunta.
- Protezione della sommità del piezometro: i piezometri di monitoraggio saranno chiusi in superficie da tappi ermetici e alloggiati entro un pozzetto carrabile chiuso da un tombino o un pozzetto in metallo con emergenza fuori terra e dotato di chiusura con lucchetto nel caso in cui il piezometro sia installato in un'area non di transito.

## 7. ZONA PADERNO FRANCIACORTA

### 7.1. UBICAZIONE DEI NUOVI PIEZOMETRI

L'area in esame si colloca nella porzione orientale del comune di Paderno Franciacorta, dove sono presenti alcune depressioni di cava riempite in passato con materiale di diversa origine e mancano pozzi o piezometri di controllo della qualità delle acque sotterranee.

Nella zona sono presenti depositi ghiaioso-sabbiosi con livelli ciottolosi e massi, caratterizzati da una permeabilità per porosità globalmente alta. A partire da 25-30 m di profondità le ghiaie passano a conglomerati compatti o fessurati, con intercalazioni di lenti prevalentemente ghiaiose e più raramente argillose e limoso-argillose.

La soggiacenza della falda principale è intorno a 45 m. Non è segnalata la presenza di una falda sospesa

Si propone in questa fase di mettere in opera **una coppia di piezometri (uno superficiale ed uno profondo)** a valle di alcune depressioni di cava riempite in passato con materiale di diversa origine (Figura 7.1.1). A seguito della realizzazione del sondaggio a carotaggio continuo per la messa in opera del piezometro profondo si deciderà, sulla base della stratigrafia rinvenuta, se realizzare anche il piezometro superficiale.

Le caratteristiche dei piezometri sono descritte nella tabella seguente.

Piezometro	Profondità (m da p.c.)	Tratto filtrante
PA_PZ1s	25	da -15 a -25 (f.f.)
PA_PZ1p	70	da -45 a -70 (f.f.)

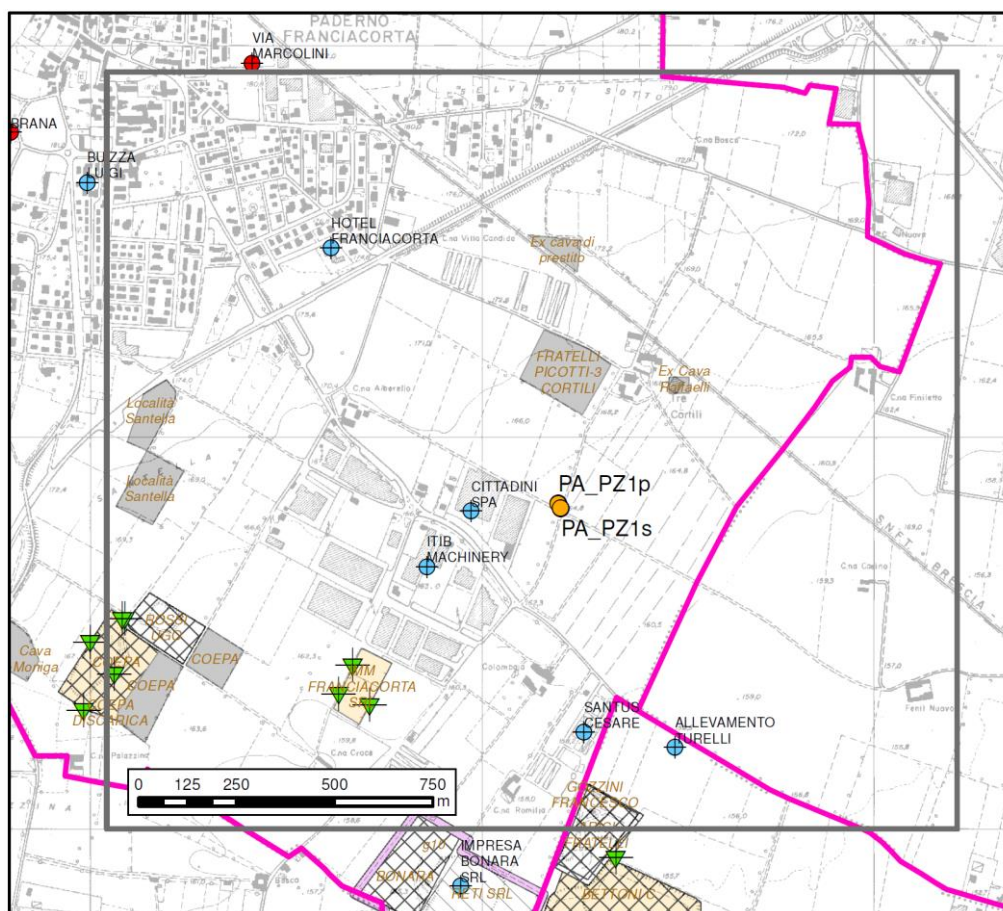


Figura 7.1.1 - Area di approfondimento Paderno Franciacorta e ubicazione indicativa di n. 1 coppia di piezometri (PA\_PZ1s, CA\_PZ1p)

## 7.2. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE ATTESE

Per ogni piezometro in progetto è stata predisposta una scheda costruttiva con indicazione della stratigrafia presunta sulla base delle stratigrafie dei pozzi e dei piezometri situati nel territorio circostante, riportata nell'Allegato 1.

## 7.3. MODALITÀ COSTRUTTIVE DEI PIEZOMETRI

Tenendo conto delle specifiche generali (diametri di perforazione, colonna di produzione, dreni e cementazioni) valide per tutti i nuovi piezometri da realizzare e dettagliate nel Capitolo 3, per i nuovi piezometri di monitoraggio si propongono le seguenti modalità realizzative, che potranno subire modifiche alla luce di quanto sarà rilevato durante le operazioni di trivellazione. Come già chiarito al par. 7.1, a seguito della realizzazione del

sondaggio a carotaggio continuo per la messa in opera del piezometro profondo si deciderà, sulla base della stratigrafia rinvenuta, se realizzare anche il piezometro superficiale.

- Profondità: 25 m (PA\_PZ1s), 70 m (PA\_PZ1p).
- Metodo di perforazione: ai fini dell'esatta ricostruzione della litologia del sottosuolo i piezometri saranno realizzati a carotaggio continuo sino alla massima profondità raggiunta. In difformità da quanto descritto nelle specifiche tecniche, il piezometro superficiale, se realizzato successivamente a quello profondo, potrà essere realizzato a distruzione di nucleo; in alternativa, nel caso in cui si proceda dapprima alla realizzazione del piezometro superficiale, il tratto fino a 25 m di quello profondo potrà essere realizzato a distruzione di nucleo. Per quanto possibile l'avanzamento del carotiere avverrà a secco senza l'utilizzo di fluidi di perforazione. L'acqua potrà essere utilizzata, se ritenuta indispensabile, solo per consentire l'avanzamento delle tubazioni provvisorie di lavoro (tubi di rivestimento per evitare il franamento del foro) che saranno infisse a rotazione dopo l'estrazione del terreno carotato a secco. Per l'attraversamento di eventuali banchi molto compatti o di formazioni rocciose si dovranno utilizzare corone diamantate.
- Diametro di perforazione: si prevede l'utilizzo di un carotiere del diametro di 101-127 mm (o superiore per il piezometro profondo), con diametro del rivestimento provvisorio di 127-152 mm (o superiore per il piezometro profondo), idoneo per la posa di una tubazione in PVC del diametro di 3-4".
- Installazione della tubazione definitiva: è prevista la posa di tubi in PVC ciechi e microfessurati, del diametro di 3-4". La posa dei tratti microfessurati può essere prevista a partire da 15 m (PA\_PZ1s) e 45 m (PA\_PZ1p) fino a fondo foro, sempre che le caratteristiche litostratigrafiche, idrogeologiche e idrochimiche del sottosuolo non suggeriscano di operare diversamente.
- Drenaggio, argillificazione e cementazione dell'intercapedine: qualora non si rinvenivano significativi livelli limoso argillosi, da fondo foro sino almeno 0.5 m al di sopra della quota del filtro, nell'intercapedine sarà posato un dreno in ghiaietto. In caso contrario, in corrispondenza dei livelli limoso argillosi, si dovrà procedere alla posa di tamponi in argilla fortemente rigonfiante dello spessore all'incirca pari a quello degli strati di bassa permeabilità. E' previsto anche il riempimento con argilla al di sopra del dreno per uno spessore di circa 0.5 m,



seguito dalla cementazione dell'intercapedine nel tratto rimanente fino al piano campagna.

- Spurgo: al termine delle operazioni di sviluppo i piezometri saranno sottoposti a operazioni di spurgo utilizzando un pompaggio con pompa sommersa; tali attività dovranno essere protratte sino alla completa chiarificazione dell'acqua emunta.
- Protezione della sommità del piezometro: i piezometri di monitoraggio saranno chiusi in superficie da tappi ermetici e alloggiati entro un pozzetto carrabile chiuso da un tombino o un pozzetto in metallo con emergenza fuori terra e dotato di chiusura con lucchetto nel caso in cui il piezometro sia installato in un'area non di transito.

## 8. ZONA PROVAGLIO D'ISEO-PASSIRANO-MONTICELLI BRUSATI

### 8.1. UBICAZIONE DEI NUOVI PIEZOMETRI

L'area in esame si colloca al confine tra i comuni di Provaglio d'Iseo, Passirano e Monticelli Brusati.

Considerato che il pozzo Camignone che alimenta l'acquedotto di Passirano evidenzia in modo saltuario una contaminazione da Tetracloroetilene e che i pozzi ad uso acquedottistico di Monticelli Brusati di via Europa e ICOM, situati idrogeologicamente a monte rispetto al pozzo Camignone, presentano una contaminazione da Tetracloroetilene e da Tricloroetilene con valori superiori rispetto a quelli rilevati nel pozzo Camignone, si è deciso di ampliare la zona di studio nella 2ª Fase del lavoro, comprendendo anche il comune di Monticelli Brusati, con l'obiettivo di individuare la sorgente della contaminazione delle acque sotterranee.

Si propone di mettere in opera **n. 2 piezometri di cui uno a monte del pozzo Camignone (in comune di Monticelli Brusati - MO\_PZ2) e uno a monte del pozzo vecchio di via Europa e del pozzo ICOM (in comune di Monticelli Brusati - MO\_PZ1)**, con le seguenti caratteristiche (Figura 8.1.1):

Piezometro	Profondità (m da p.c.)	Tratto filtrante
MO_PZ1	70	da -50 a -70 (f.f.)
MO_PZ2	60	da -40 a -60 (f.f.)

### 8.2. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE ATTESE

Per ogni piezometro in progetto è stata predisposta una scheda costruttiva con indicazione della stratigrafia presunta sulla base delle stratigrafie dei pozzi e dei piezometri situati nel territorio circostante, riportata nell'Allegato 1.

In corrispondenza del piezometro MO\_PZ1 è possibile che da 50 a 70 m si incontri roccia calcareo-marnosa.

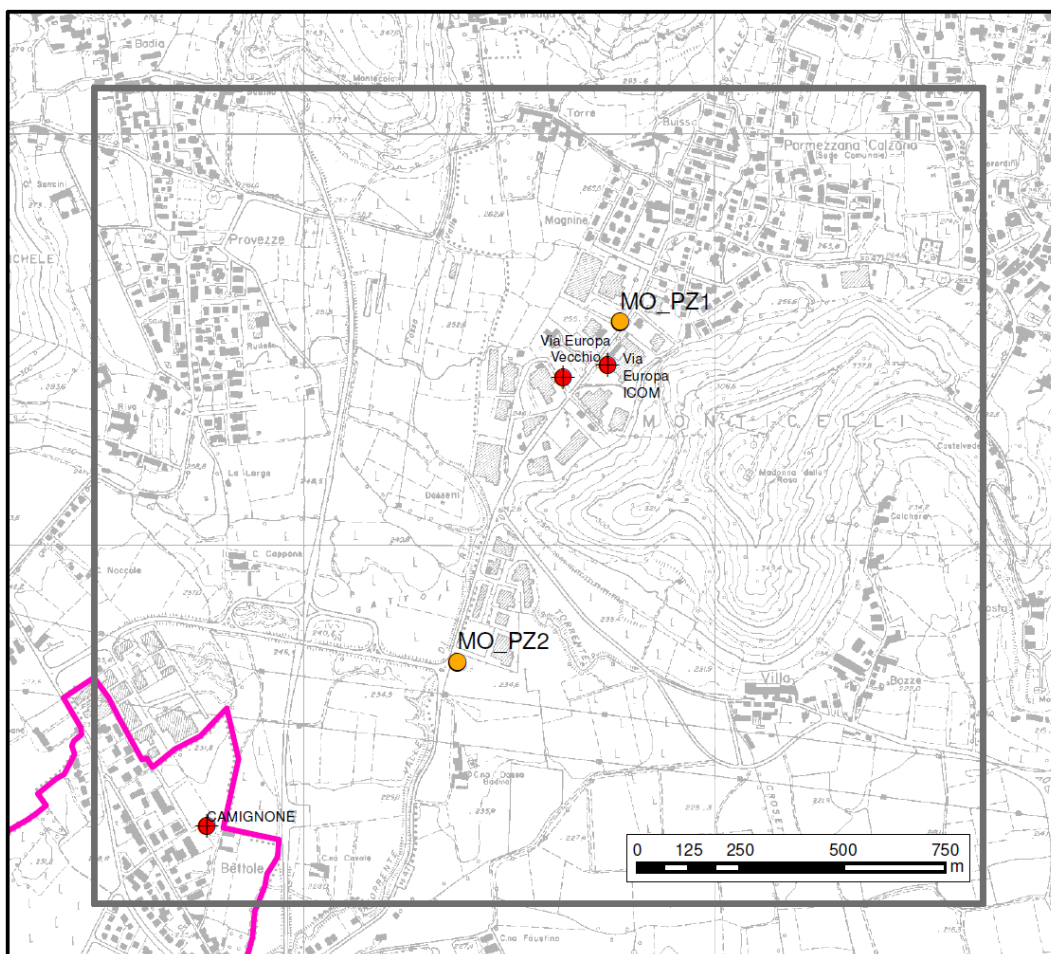


Figura 8.1.1 - Area di approfondimento Provaglio d'Iseo-Passirano-Monticelli Brusati e ubicazione di n. 2 piezometri in comune di Monticelli Brusati (MO\_PZ1 e MO\_PZ2)

### 8.3. MODALITÀ COSTRUTTIVE DEI PIEZOMETRI

Tenendo conto delle specifiche generali (diametri di perforazione, colonna di produzione, dreni e cementazioni) valide per tutti i nuovi piezometri da realizzare e dettagliate nel Capitolo 3, per i nuovi piezometri di monitoraggio si propongono le seguenti modalità realizzative, che potranno subire modifiche alla luce di quanto sarà rilevato durante le operazioni di trivellazione.

- Profondità: 60 m (MO\_PZ2), 70 m (MO\_PZ1).
- Metodo di perforazione: ai fini dell'esatta ricostruzione della litologia del sottosuolo i piezometri saranno realizzati a carotaggio continuo sino alla massima profondità raggiunta. Per quanto possibile l'avanzamento del carotiere

avverrà a secco senza l'utilizzo di fluidi di perforazione. L'acqua potrà essere utilizzata, se ritenuta indispensabile, solo per consentire l'avanzamento delle tubazioni provvisorie di lavoro (tubi di rivestimento per evitare il franamento del foro) che saranno infisse a rotazione dopo l'estrazione del terreno carotato a secco. Per l'attraversamento di eventuali banchi molto compatti o di formazioni rocciose si dovranno utilizzare corone diamantate.

- Diametro di perforazione: si prevede l'utilizzo di un carotiere del diametro di 101-127 mm (o superiore per il piezometro profondo), con diametro del rivestimento provvisorio di 127-152 mm (o superiore per il piezometro profondo), idoneo per la posa di una tubazione in PVC del diametro di 3-4".
- Installazione della tubazione definitiva: è prevista la posa di tubi in PVC ciechi e microfessurati, del diametro di 3-4". La posa dei tratti microfessurati può essere prevista a partire da 40 m (MO\_PZ2) e 70 m (MO\_PZ1) fino a fondo foro, sempre che le caratteristiche litostratigrafiche, idrogeologiche e idrochimiche del sottosuolo non suggeriscano di operare diversamente.
- Drenaggio, argillificazione e cementazione dell'intercapedine: qualora non si rinvenissero significativi livelli limoso argillosi, da fondo foro sino almeno 0.5 m al di sopra della quota del filtro, nell'intercapedine sarà posato un dreno in ghiaietto. In caso contrario, in corrispondenza dei livelli limoso argillosi, si dovrà procedere alla posa di tamponi in argilla fortemente rigonfiante dello spessore all'incirca pari a quello degli strati di bassa permeabilità. E' previsto anche il riempimento con argilla al di sopra del dreno per uno spessore di circa 0.5 m, seguito dalla cementazione dell'intercapedine nel tratto rimanente fino al piano campagna.
- Spurgo: al termine delle operazioni di sviluppo i piezometri saranno sottoposti a operazioni di spurgo utilizzando un pompaggio con pompa sommersa; tali attività dovranno essere protratte sino alla completa chiarificazione dell'acqua emunta.

Protezione della sommità del piezometro: i piezometri di monitoraggio saranno chiusi in superficie da tappi ermetici e alloggiati entro un pozzetto carrabile chiuso da un tombino o un pozzetto in metallo con emergenza fuori terra e dotato di chiusura con lucchetto nel caso in cui il piezometro sia installato in un'area non di transito.

## 9. MONITORAGGIO CHIMICO E PIEZOMETRICO

Come illustrato nella Relazione Fase 1, i dati raccolti sulla qualità delle acque sotterranee nell'Ovest bresciano, relativi sia ai monitoraggi effettuati in passato che alla campagna di controllo dell'inverno 2014-2015, non evidenziano la presenza di importanti focolai in grado di rilasciare nelle acque sotterranee ingenti quantità di contaminanti, bensì confermano l'esistenza di alcune situazioni di contaminazione delle acque sotterranee da Solventi clorurati e da Metalli con valori generalmente inferiori a 10 volte le CSC (Tab.2, All.5, Parte IV del D.lgs 152/2006).

La contaminazione delle acque sotterranee nell'Ovest bresciano è per lo più dovuta alla presenza nel sottosuolo di rifiuti di diversa tipologia, utilizzati già prima degli anni '80 del secolo scorso per riempire le numerose cave di ghiaia e sabbia che caratterizzavano l'alta pianura bresciana occidentale. La maggior parte delle situazioni di contaminazione delle acque sotterranee è già oggetto di procedimento ai sensi del D.lgs.152/2006.

Nei capitoli precedenti sono indicate le aree contaminate da sottoporre a indagine di dettaglio tramite la messa in opera di nuovi piezometri nella Fase 2 del Progetto Plume.

Tenuto conto del quadro di contaminazione delle acque sotterranee nell'Ovest bresciano emerso nella Fase 1, si propone di effettuare la campagna di monitoraggio chimico e piezometrico su tutta la rete di monitoraggio della falda superficiale e della falda profonda utilizzata nella Fase 1, integrata dai nuovi piezometri, al fine di confermare tale quadro di contaminazione, oltre che a meglio definire la contaminazione delle acque sotterranee nelle aree da sottoporre a indagine di dettaglio.

Si sottolinea che nell'area di indagine di dettaglio Ospitaletto-Castegnato è necessario analizzare le acque del piezometro superficiale di valle del sito Cotelli (posto a monte del sito Cepav Due - CT101) effettuando il prelievo dopo un periodo caratterizzato da precipitazioni, in quanto nell'ambito della caratterizzazione del sito Cotelli non è stato effettuato il campionamento del piezometro superficiale di valle a causa del ridotto battente idrico nel piezometro (Relazione Fase 1, par. 10.3).

Il set analitico da prevedere per il monitoraggio dei piezometri proposti è così composto:

- Cromo totale
- CrVI

- Arsenico
- Ferro
- Manganese
- Nichel
- Alifatici clorurati cancerogeni
- Alifatici clorurati non cancerogeni
- Composti organici aromatici

In occasione del monitoraggio chimico sarà effettuato anche il monitoraggio piezometrico al fine di ricostruire la direzione di deflusso delle acque.