



*Dipartimento di Scienze Ecologiche e
Biologiche (DEB)*

Largo Università snc – 01100 Viterbo

PROGETTO As-WELL Corchiano

RICERCA E CAPTAZIONE DI RISORSE IDRICHE ALTERNATIVE PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO POTABILE DEL COMUNE DI CORCHIANO (VT)

Rapporto sulle indagini idrogeologiche della Fase I e II

Viterbo, 10 Febbraio 2014

Il Direttore del Dipartimento

Prof. Silvano Onofri

Il Responsabile del Progetto

Prof. Vincenzo Piscopo

Contatti



Prof. Vincenzo Piscopo
Tel.: +39 0761 357743
Fax: +39 0761 357751
piscopo@unitus.it

INDICE

PREMESSA	3
1 CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	4
1.1 Inquadramento geologico	4
1.2 Inquadramento idrogeologico	8
1.3 Qualità delle acque sotterranee	10
2 INDAGINI IDROGEOLOGICHE NEL COMUNE DI CORCHIANO.....	12
3 ELABORAZIONI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI	20
4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E III FASE DI INDAGINE.....	25
Riferimenti bibliografici.....	27
ALLEGATO I.....	29

PREMESSA

Il presente documento costituisce parte integrante della Convenzione di Ricerca stipulata tra la Talete s.p.a., il Comune di Corchiano ed il Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche dell'Università degli Studi della Tuscia (DEB).

Oggetto della Convenzione sono le attività che il DEB si impegna a svolgere al fine di individuare risorse idriche alternative a quelle attualmente captate nel Comune di Corchiano, che siano caratterizzate da una concentrazione di Arsenico entro i limiti di legge.

I contenuti di questo primo Rapporto riguardano i risultati delle Fasi I e II di indagini idrogeologiche condotte nel territorio comunale e che hanno avuto come oggetto l'individuazione di una zona per la realizzazione del pozzo pilota sul quale sviluppare una appropriata sperimentazione per raggiungere l'obiettivo finale della Convenzione di Ricerca.

Le indagini condotte in queste fasi hanno compreso:

- la raccolta di tutte le informazioni disponibili per l'area in esame;
- le misure e i rilievi sul territorio;
- le analisi chimiche delle acque sotterranee nelle zone di maggiore interesse.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti, inquadrando, innanzitutto, l'area di studio nel contesto geologico e idrogeologico generale con riferimento alla più aggiornata bibliografia scientifica (cfr. Par. 1). Sono poi dettagliate le indagini condotte ed i metodi utilizzati (cfr. Par. 2) ed i principali risultati ottenuti (cfr. Par. 3). Questi ultimi sono stati interpretati e finalizzati ad individuare la zona per la realizzazione del pozzo pilota e di altri specifici accertamenti perché esso possa assicurare una significativa produttività in relazione all'ambiente idrogeologico di riferimento (cfr. Par. 4).

Durante queste prime fasi di indagine si sono tenuti incontri tecnici con la Talete s.p.a. ed il Comune di Corchiano.

Le indagini e le elaborazioni contenute in questo Rapporto sono state condotte dal gruppo di ricerca del DEB così costituito:

- Vincenzo Piscopo, Professore Associato in Geologia Applicata;
- Antonella Baiocchi, PhD in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche;
- Francesca Lotti, PhD in Geologia Applicata, Geomorfologia e Idrogeologia;
- Maurizio Mazzuoli, Dottorando di Ricerca in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche presso il C.R. Casaccia ENEA.

1 CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Le indagini idrogeologiche condotte nel Comune di Corchiano sono state interpretate tenendo conto del contesto generale della regione vulcanica cimino-vicana, pertanto prima di esaminare i risultati degli accertamenti specifici condotti sul territorio comunale è stato necessario sintetizzare le caratteristiche dell'ambiente geologico e idrogeologico di riferimento.

1.1 Inquadramento geologico

Nell'area comprendente i distretti vulcanici Cimino e Vicano ed i loro settori marginali, il paesaggio fisico è estremamente differenziato, in conseguenza della varietà petrografica e chimica delle rocce affioranti e dei processi esogeni ed endogeni che si sono succeduti negli ultimi milioni di anni. Il prevalere, in affioramento, di depositi vulcanici determina una morfologia tipicamente collinare, culminante nel rilievo di Monte Cimino (1052 m s.l.m.), interrotta da varie depressioni di natura vulcano-tettonica, quali quella ospitante il Lago di Vico (Fig. 1). Nell'area settentrionale si distinguono numerosi rilievi lavici, cupoliformi, delle vulcaniti cimine caratterizzati da versanti relativamente acclivi, che contrastano con le superfici tabulari degli estesi plateaux ignimbritici. Immediatamente a sud-ovest di questi rilievi è evidente la tipica forma tronco-conica del vulcano-strato di Vico, caratterizzato da pendii molto ripidi all'interno della caldera. La peculiarità dell'idrografia dell'area è fortemente condizionata dalla presenza dei due distretti vulcanici, dando luogo ad una rete di drenaggio molto articolata, radiale centrifuga rispetto ai principali centri di emissione (Fig. 1).

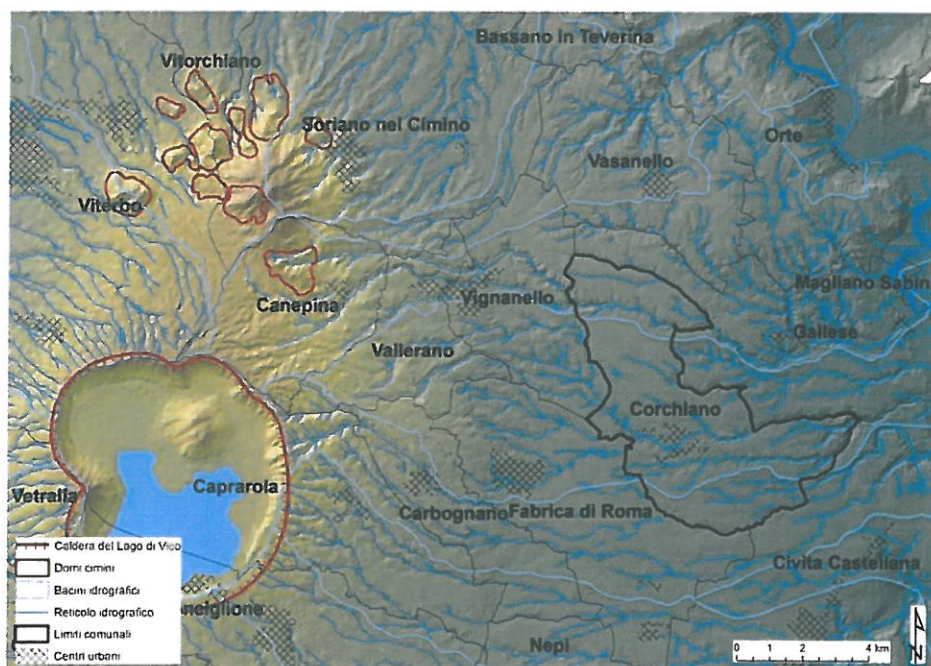


Figura 1: Principali elementi morfologici e idrografici dell'area di studio.

Il Distretto Vulcanico Cimino (DVC) (Fig. 2) è stato attivo nel Pleistocene ed in particolare tra 1.35 e 0.95 Ma, intervallo in cui la risalita di magmi viscosi acidi da fratture regionali ha comportato la formazione di oltre 50 domi e cupole di ristagno, depositi di *surge* e piroclastiti di flusso (Sollevanti, 1983; Lardini e Nappi, 1987). I prodotti vulcanici sono principalmente di composizione latitica e trachitica. In particolare, le lave sono relativamente ricche in alcali, con composizioni variabili dalle trachiti alle shonshoniti. I domi e le ignimbriti sono quarzo-normativi mentre le lave finali olivinlatitiche sono sature in silice (Perini et al., 2000; Cimarelli e De Rita, 2006).

La storia evolutiva del distretto vulcanico può essere ricondotta a tre fasi eruttive (Lardini e Nappi, 1987). Durante la prima fase, si ebbe la formazione di domi lungo fessure orientate NO-SE, accompagnata da attività esplosiva ed, in seguito, la formazione della colata piroclastica dell'Ignimbrite Cimina generata dalle stesse fessure, di natura quarzo-latitica, che ricoprì un'area di circa 300 km², raggiungendo uno spessore massimo di qualche centinaia di metri. Durante la seconda fase, lungo fratture si svilupparono diversi domi: a queste emissioni, seguì una attività idromagmatica con la formazione di depositi piroclastici di *surge* che interessò soprattutto la parte orientale dell'attuale Monte Cimino. Dopo le esplosioni idromagmatiche, un'altra grande eruzione esplosiva generò un secondo deposito piroclastico di flusso, dell'estensione di circa 20 km² e con spessori di una decina di metri. Nella fase finale si sviluppò un vulcano centrale con l'emissione principalmente di lave latitiche e olivinlatitiche, più fluide delle precedenti emissioni.

L'attività del Distretto Vulcanico Vicano (DVV) (Fig. 2) compresa tra 0.8 Ma e 0.09 Ma (Locardi, 1965; Bertagnini e Sbrana, 1986), si sviluppò principalmente da un edificio centrale, il vulcano di Vico. Si tratta di un tipico strato-vulcano con la parte terminale troncata da una caldera eccentrica verso sud, sprofondata a formare il lago omonimo. Dal fondo della caldera si innalza un edificio secondario, il vulcano di Monte Venere (835 m s.l.m.). L'attuale morfologia non è tuttavia determinata dalla semplice esistenza di un originario cratere, ma dallo sprofondamento calderico della parte centrale dell'antico edificio.

I prodotti del DVV ricoprono buona parte di quelli del DVC e sono testimonianza di fasi esplosive ed effusive. Sono presenti, infatti, diversi depositi pliniani di caduta, lave e diverse colate piroclastiche di natura leucitica, tefritico-fonolitica e fonolitico-leucitica (Locardi, 1965; Mattias e Ventriglia, 1970; Bertagnini e Sbrana, 1986; Nappi et al., 2004).

La storia vulcanologico-evolutiva del DVV può essere suddivisa in quattro fasi (Locardi, 1965; Bertagnini e Sbrana, 1986).

Durante la prima fase (0.8–0.4 Ma) si sono deposte spesse coltri di piroclastiti di caduta, con composizione varia da latitiche a trachitiche, separate da paleosuoli, e da emissioni di colate di lava, di composizione da leucitico-fonolitica a fonolitico-tefritica (Complesso Tufaceo Composito, secondo C.G.I., 1970; 1971, o Tufi Stratificati Varicolori, secondo Mattias e Ventriglia, 1970).

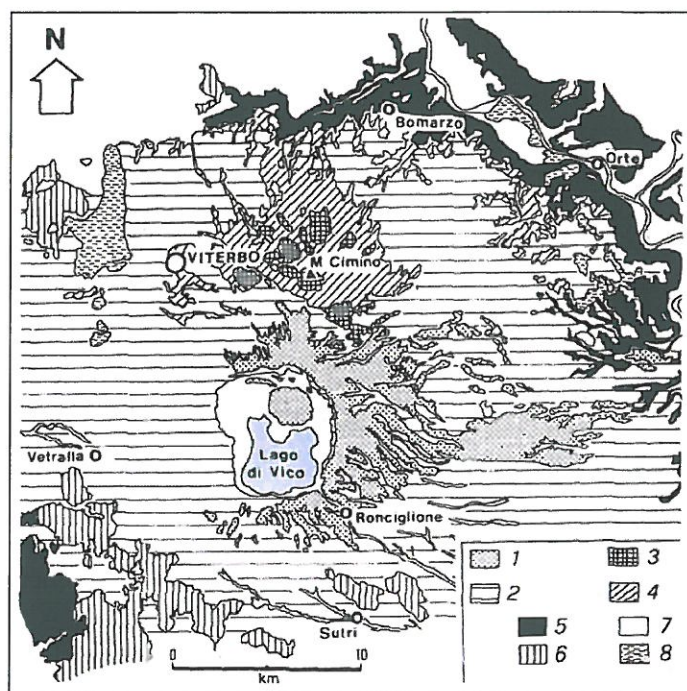


Figura 2: Schema geologico dei DVC e DVV (da Sollevanti, 1983): 1) prodotti post-calderici; 2) tufi e lave dell'attività precalderica; 3) domi cimini; 4) ignimbriti; 5) sedimenti del Plio-Pleistocene; 6) unità flyschoidi; 7) alluvioni e detriti; 8) travertini.

La seconda fase (0.35–0.2 Ma) è caratterizzata da attività principalmente effusiva, con l'emissione di ingenti colate di lava a composizione variabile da trachitiche a tefritico-fonolitiche (circa 50 km²). La terza fase (0.2–0.15 Ma) ha carattere esplosivo e porta alla messa in posto delle principali colate piroclastiche, note con il nome di Ignimbriti A, B e C (Locardi, 1965), a composizione variabile da tefritico-fonolitica a fonolitica e trachitica. La prima si è espansa, per circa 12 km, sui fianchi orientale ed occidentale; la seconda, la più piccola in termini volumetrici, si sviluppò per circa 10 km sui fianchi sud-occidentale, sud-orientale e meridionale. L'Ignimbrite C si caratterizza sia per i volumi emessi, circa 10 km³, sia per la complessità della sequenza, entro la quale spicca il Tufo Rosso a Scorie Nere, classico deposito da colata piroclastica, che si è espanso per un raggio di circa 25 km, coprendo una superficie di oltre 1250 km². Alla fine di questa fase si è verificato il collasso della parte terminale dell'edificio vulcanico. Durante la quarta fase (0.14–0.095 Ma) le modalità eruttive risultarono fortemente condizionate dalla presenza di un bacino lacustre all'interno della cinta calderica e si ebbero violente esplosioni idromagmatiche e la messa in posto dell'Ignimbrite D e dei Tufi Finali a chimismo tefritico-fonolitico (Locardi, 1965). L'attività del vulcano terminò circa 0.09 Ma, con l'edificazione nella caldera del cono lavico di Monte Venere, a composizione fonolitico-tefritica e fonolitica (Sollevanti, 1983).

La natura e la morfologia del substrato delle vulcaniti è stata studiata sulla base delle indagini condotte mediante sondaggi profondi e delle prospezioni geofisiche (Baldi et al., 1974; Buonasorte et al., 1987; La Torre et al., 1981; Barberi et al. 1994). Questi studi evidenziano che il substrato delle vulcaniti è costituito da depositi carbonatici e silico-clastici meso-cenozoici. Il substrato è deformato in *horst* e *graben* da faglie distensive orientate principalmente NO-SE e NE-SO. Le strutture ribassate del substrato meso-cenozoico

sono riempite da sedimenti neogenici da marini a continentali, comprendenti principalmente sabbie ed argille.

Nel settore del DVC, il substrato pre-vulcanico è stato sollevato dall'intrusione dei corpi magmatici. Il DVV, invece, ricade in un settore tettonicamente ribassato in corrispondenza di un *graben* delle unità mesozoiche colmato in parte da sedimenti depositi nel Pliocene (Sollevanti, 1983; Cimarelli e De Rita, 2006).

L'interpretazione dei rilievi di superficie e delle indagini dirette ed indirette in profondità hanno portato a diverse ricostruzioni del sottosuolo. Sezioni significative per l'area di interesse sono riportate nelle Figure 3 e 4 secondo diverse interpretazioni.

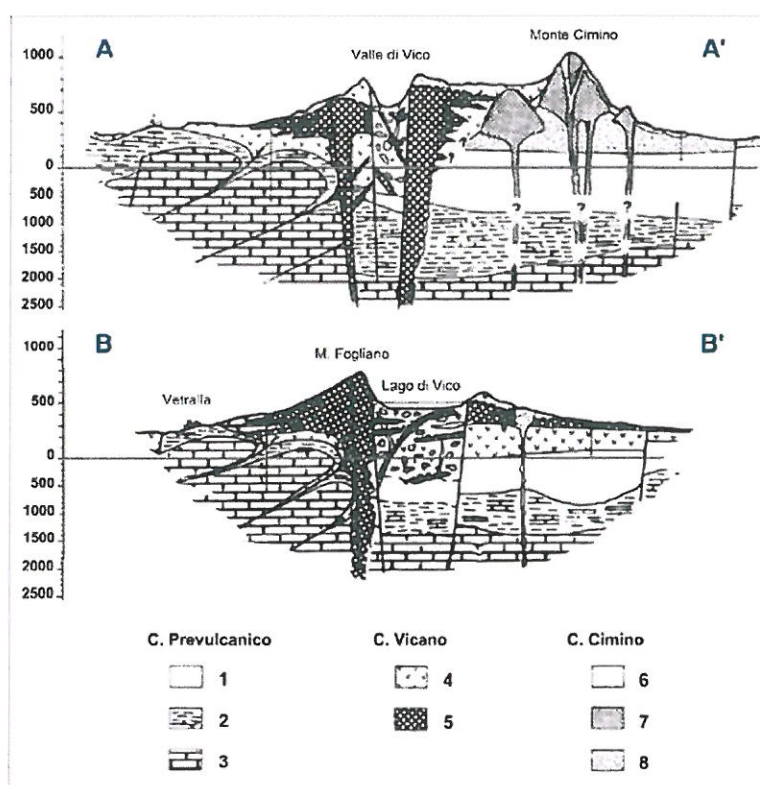


Figura 3: Sezioni geologiche attraverso i DVC e DVV (da La Torre et al., 1981): 1) formazioni del ciclo neoautoctono (Miocene, Pliocene, Quaternario); 2) formazioni alloctone in facies di flysch (Cretacico superiore-Oligocene); 3) basamento carbonatico mesozoico; 4) tufi e lave; 5) lave e tufi; 6) colate di lava; 7) lave in domi; 8) ignimbriti.

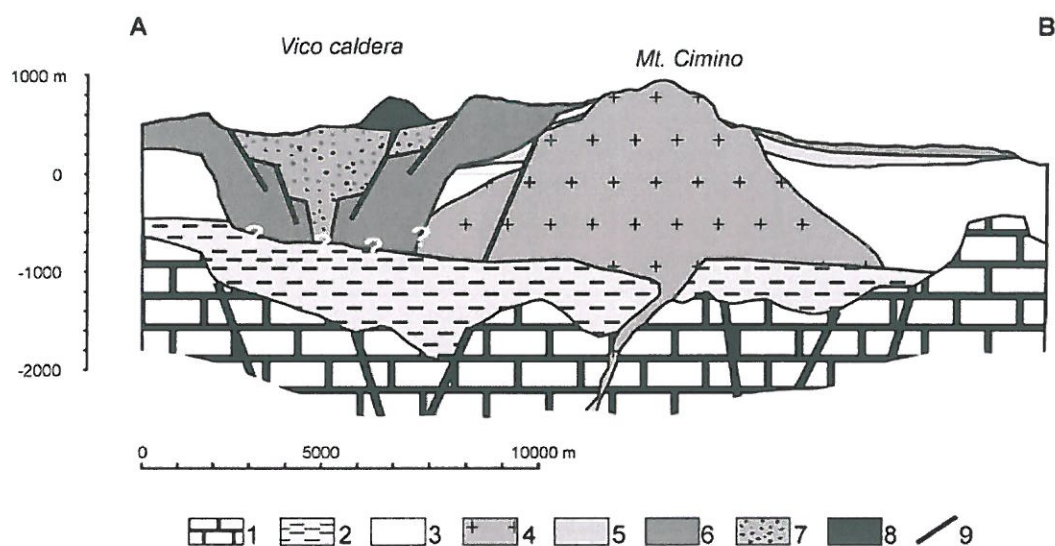


Figura 4: Sezione geologica attraverso i DVC e DVV (da Cimarelli e De Rita, 2006): 1) calcari mesozoici; 2) sedimenti silicoclastici cenozoici; 3) sedimenti marini plio-pleistocenici; 4) lave trachidacitiche cimine; 5) ignimbriti cimine; 6) depositi alcalino potassici della caldera di Vico; 7) depositi vulcanici riempiuti la caldera di Vico; 8) cono di scorie del Monte Venere; 9) faglie e fratture.

1.2 Inquadramento idrogeologico

L'area in esame è compresa nel sistema idrogeologico cimino-vicano, per il quale sono disponibili diversi studi a scala regionale (Ambrosi et al., 1984; Boni et al., 1986; Capelli et al., 1999) ed a scala di singolo sistema (Capelli et al., 2005; Baiocchi et al., 2006). Facendo riferimento a questi ultimi, di seguito sono sintetizzate le conoscenze idrogeologiche dell'area.

Le vulcaniti dei DVC e DVV costituiscono nel loro insieme un sistema idrogeologico (Fig. 5). Esso è limitato a NE, NO, O e SO dall'affioramento di complessi relativamente poco permeabili, corrispondenti alle unità del substrato sedimentario delle vulcaniti. Un altro tipo di contorno corrisponde ai tratti terminali dei torrenti che incidono i rilievi vulcanici, dove essi drenano la falda di base. Il terzo tipo di contorno corrisponde alle unità sabbioso-conglomeratiche pleistoceniche che cingono a SE le vulcaniti. Tale contorno, a causa della locale alta permeabilità delle unità costituenti il substrato delle vulcaniti, permette il flusso dall'acquifero vulcanico verso l'acquifero della piana alluvionale del Tevere (Baiocchi et al., 2006).

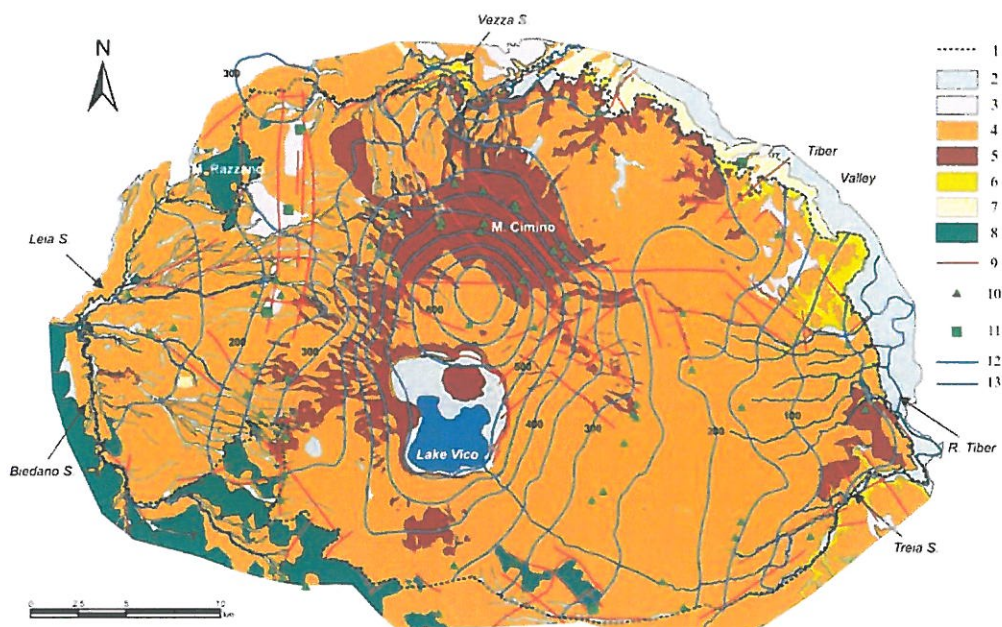


Figura 5: Carta idrogeologica schematica (da Baiocchi et al., 2006): 1) limiti dell'area di studio; 2) complesso alluvionale; 3) complesso dei travertini; 4) complesso piroclastico; 5) complesso lavico-piroclastico; 6) complesso sabbioso-conglomeratico; 7) complesso argilloso-sabbioso; 8) complesso calcareo-marnoso-argilloso; 9) faglie e fratture; 10) sorgenti (portata > 5 l/s); 11) principali sorgenti minerali e termali; 12) curve isopiezometriche e relative quote in m s.l.m.; 13) torrenti drenanti.

Il limite inferiore del sistema idrogeologico è rappresentato dal substrato sedimentario, la cui articolata morfologia comporta spessori variabili dell'acquifero vulcanico (da pochi metri fino a diverse centinaia di metri). Le stesse unità vulcaniche, quando notevolmente potenti, mostrano una graduale riduzione della permeabilità con la profondità, a causa della chiusura delle fessure e della diminuzione della porosità delle rocce vulcaniche e piroclastiche con l'aumentare del carico litostatico.

La circolazione idrica sotterranea all'interno delle vulcaniche avviene secondo una falda di base continua e più falde sospese limitate e discontinue.

Per la falda di base, si riconosce un flusso di tipo radiale divergente, condizionato dai limiti del sistema. La morfologia piezometrica segue la topografia, soprattutto nella porzione centrale comprendente i domi cimini e la caldera del Lago di Vico, dove all'alto morfologico corrisponde l'alto piezometrico. In quest'area, inoltre, è ben evidente l'azione del lago sul flusso idrico sotterraneo; la superficie d'acqua libera è correlabile con quella della falda di base ed evidenzia rapporti di alimentazione dall'acquifero verso il bacino lacustre, nel settore settentrionale, e flusso dal lago verso la falda, ai limiti orientale, occidentale e meridionale (Fig. 5).

La porzione centrale dell'acquifero è circoscritta da una fascia ad elevato gradiente idraulico (dal 4% al 7%), oltre la quale si riconoscono direzioni di flusso condizionate principalmente dai limiti impermeabili, dalle quote dei torrenti e da quelle piezometriche degli acquiferi limitrofi. Le aree di recapito dell'acquifero si individuano in corrispondenza dei torrenti drenanti dei versanti orientale, sud-orientale, occidentale e settentrionale e verso sud-est, dove avvengono travasi idrici sotterranei verso i depositi alluvionali del Fiume Tevere.

Ulteriori recapiti della circolazione idrica sotterranea sono rappresentati dalle sorgenti localizzate, gran parte delle quali rappresentano però recapiti delle falde sospese. Le poche sorgenti riferibili alla falda di base sono ubicate ai margini esterni della fascia di gradiente più elevato e sono caratterizzate da portate generalmente non superiori ad alcune decine di litri al secondo.

La porzione centrale del sistema, comprendente i domi cimini e la caldera del Lago di Vico, è caratterizzata dai più bassi valori di trasmissività (generalmente il parametro è compreso tra gli ordini di grandezza 10^{-6} e 10^{-4} m²/s); verso le porzioni marginali a O e SE, l'acquifero mostra i valori più elevati di trasmissività (fino a 10^{-2} m²/s) (Baiocchi et al., 2006).

In bibliografia sono riportate diverse stime della produzione di acque sotterranee del sistema idrogeologico comprendente l'area di studio. In Baiocchi et al. (2006), dal bilancio idrologico medio annuo dell'intero sistema (900 km²), risulta una portata complessiva delle acque sotterranee compresa tra 5 e 7 m³/s. Le uscite di acque sotterranee dal sistema (stimate in circa 6 m³/s) sono rappresentate principalmente da incrementi di portata in alveo, da travasi idrici sotterranei verso acquiferi limitrofi, da efflussi dalle sorgenti e da prelievi mediante pozzi, questi principalmente al servizio del fabbisogno irriguo e potabile.

1.3 Qualità delle acque sotterranee

La presenza di elementi minori tossici nelle acque sotterranee dell'area vulcanica del Cimino-Vico, tra cui l'Arsenico, è stata documentata in diversi studi (Cremisini et al., 1979; Dall'Aglio et al., 2001; Vivona et al., 2007; Angelone et al., 2009; Achene et al., 2010).

La presenza di Arsenico nelle acque circolanti in rocce vulcaniche è un fenomeno diffuso e principalmente di origine naturale ed è riconducibile alla presenza dell'elemento quale costituente minore dei gas vulcanici e dei fluidi geotermali o alla lisciviazione di rocce contenenti minerali dell'arsenico (per esempio, Ballantyne e Moore, 1988; Webster e Nordstrom, 2003). Nelle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale la presenza di Arsenico nelle acque sotterranee è ampiamente documentata (per esempio, Cremisini et al., 1979; Brondi et al., 1986; Celico et al., 1992; Dall'Aglio, 1996; Aiuppa et al., 2003; Lima et al., 2003; Aiuppa et al., 2006; Baiocchi et al., 2011).

Nel sistema idrogeologico Cimino-Vicano, dove ricade il territorio comunale di Corchiano, sono stati riconosciuti, come detto in precedenza, un acquifero basale continuo e diverse falde sospese in relazione alla complessa idrostratigrafia, che include formazioni con più alta permeabilità alternate a formazioni discontinue a più bassa permeabilità (Baiocchi et al., 2006). Nel settore occidentale del sistema emergono anche acque termali da sorgenti e pozzi profondi. La risalita di tali acque avviene attraverso il substrato sedimentario delle vulcaniti, in particolare dove esso è sollevato, fagliato e fratturato e dove è presente una forte anomalia del flusso di calore (Piscopo et al., 2006; Baiocchi et al., 2012).

Le acque termali sono di tipo solfato-alcantino-terroso, hanno temperatura tra 50 e 62 °C, conducibilità elettrica tra 2,700 e 3,400 µS/cm ed alto contenuto in gas (CO₂ e H₂S). Invece le acque delle falde sospese e della falda di base delle vulcaniti comprendono acque poco mineralizzate (conducibilità elettrica tra 200 e 900 µS/cm) e fredde (temperatura tra 13 e 20°C) di tipo bicarbonato-alcantino (Piscopo et al., 2006; Angelone et al., 2009; Baiocchi et al., 2012).

La concentrazione di Arsenico nelle acque sotterranee del sistema Cimino-Vico varia da valori minori a 1 µg/L fino a 370 µg/L nei diversi punti d'acqua, comprendenti sorgenti e pozzi della falda di base e delle falde sospese, sorgenti e pozzi di acque termali. La concentrazione di Arsenico nelle acque destinate al consumo umano supera spesso i 10 µg/L (Angelone et al., 2009; Achene et al., 2010).

La presenza di arsenico nelle acque sotterranee dell'area vulcanica è principalmente connessa con la risalita di fluidi profondi che caratterizzano il sistema idrotermale attivo. Le più alte concentrazioni di Arsenico (da 180 a 370 $\mu\text{g/L}$) sono state trovate nelle acque termali alimentate da circuiti relativamente più profondi nel substrato delle vulcaniti. Nell'acquifero vulcanico, la distribuzione dell'Arsenico è molto variabile.

La concentrazione di arsenico nelle acque sotterranee dell'acquifero basale del sistema non è omogenea (Fig. 6). I valori più alti (da 20 a 100 $\mu\text{g/L}$) risultano in un'area allungata in direzione NW-SE, mentre valori inferiori a 10 $\mu\text{g/L}$ caratterizzano le acque sotterranee dei settori settentrionali e orientali dell'acquifero basale. Questa distribuzione del contaminato geogenico può essere spiegata attraverso la complessità dell'assetto idrostratigrafico e strutturale dell'area ed i relativi fenomeni di mescolamento che avvengono tra acque circolanti nell'acquifero vulcanico basale ed i fluidi di risalita profonda che caratterizzano il sistema idrotermale. Nelle zone dove l'arsenico nella falda di base è superiore a 20 $\mu\text{g/L}$, la concentrazione aumenta con la profondità dei pozzi e la vicinanza a faglie e fratture. Per le falde sospese è stata riscontrata la più bassa concentrazione di arsenico in relazione a ridotte profondità e lunghezza dei circuiti idrici nelle vulcaniti (Angelone et al., 2009; Baiocchi et al., 2013).

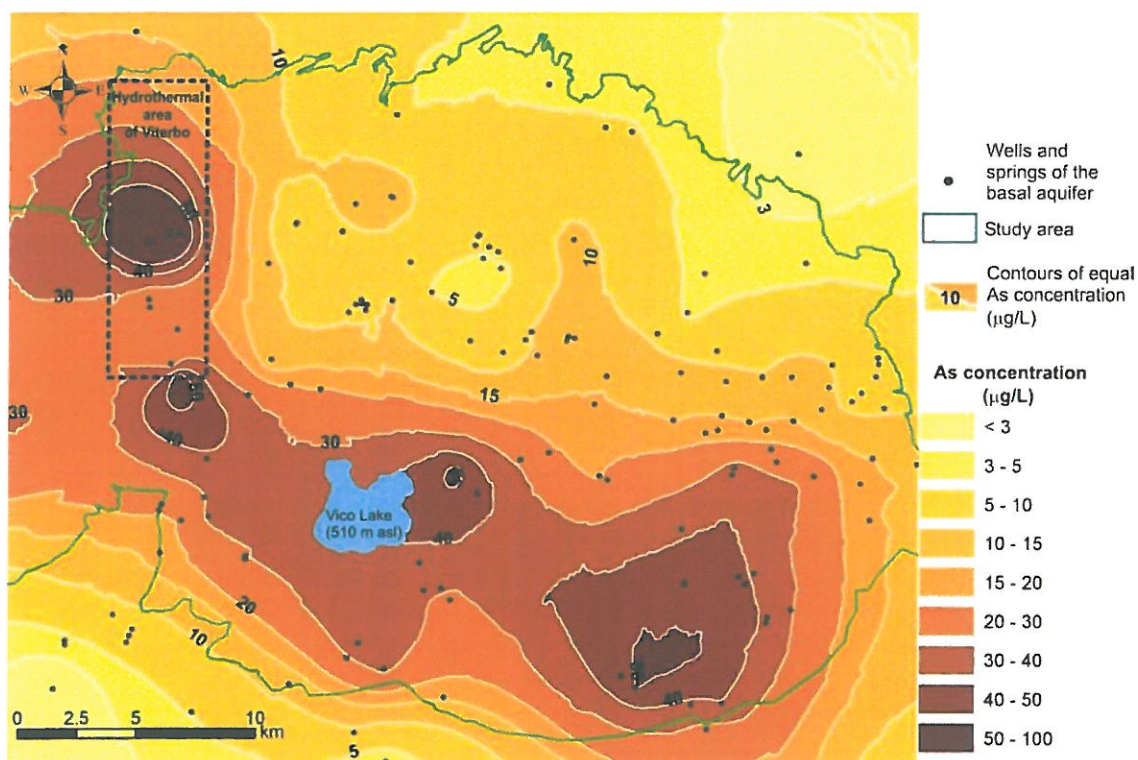


Figura 6: Contenuto di Arsenico nelle acque della falda di base del sistema Cimino-Vicino (da Baiocchi et al., 2013).

2 INDAGINI IDROGEOLOGICHE NEL COMUNE DI CORCHIANO

Le indagini idrogeologiche effettuate nel Comune di Corchiano hanno compreso la raccolta di tutti dati disponibili, editi ed inediti, e specifiche misure, rilievi e campionamenti. In Figura 7 sono riportate in modo sintetico le indagini effettuate.

Al fine di ricostruire l'assetto idrostratigrafico dell'area di studio e del suo intorno, sono state acquisite le stratigrafie dagli archivi ISPRA (ISPRA, 2013), da studi inediti di professionisti e dalla letteratura (Capelli et al., 2005; Baiocchi et al., 2006; Piscopo et al., 2006; Baiocchi et al., 2012; Baiocchi et al., 2013). Nel complesso sono state considerate circa 100 stratigrafie.

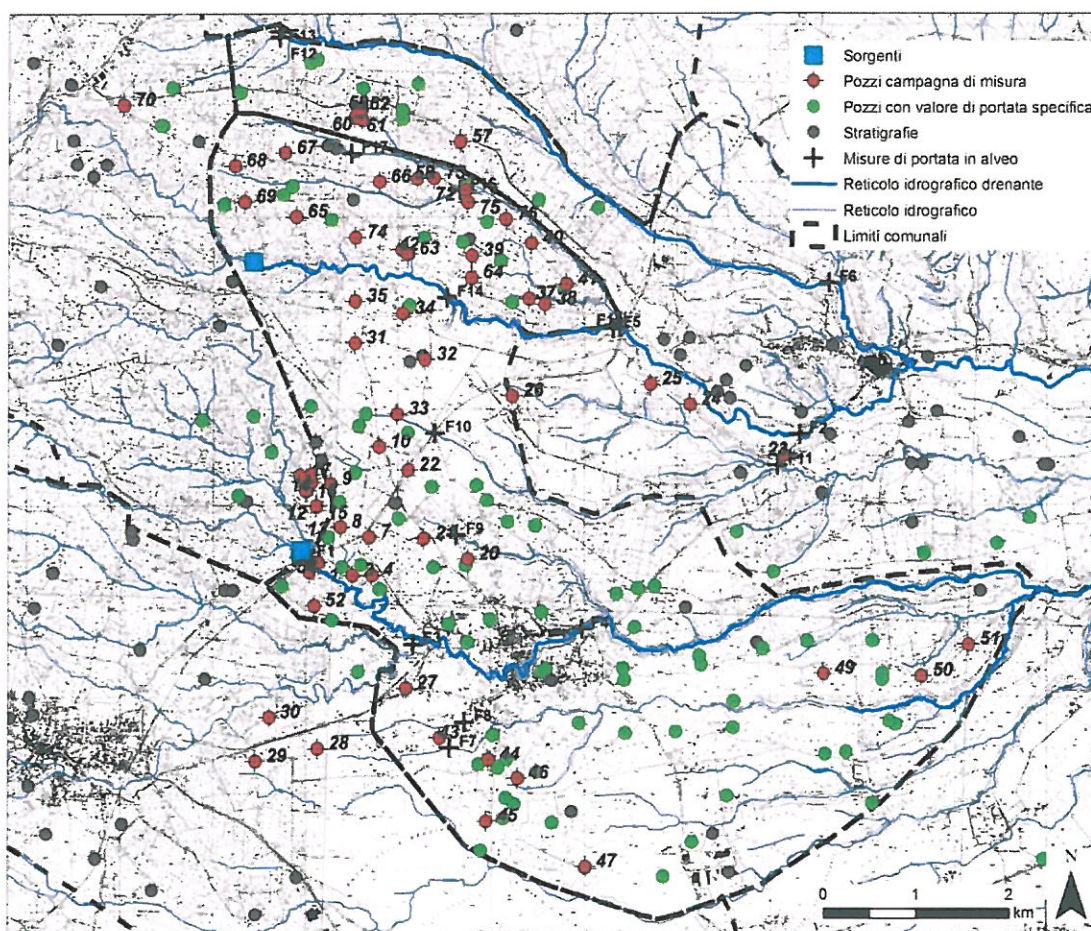


Figura 7: Ubicazione delle indagini idrogeologiche.

Indagini e rilievi specifici hanno riguardato torrenti, sorgenti e pozzi, soprattutto nella zona settentrionale del territorio comunale, laddove dagli studi di carattere generale è stato riconosciuto un minore contenuto di Arsenico nelle acque sotterranee della falda di base (cfr. Par. 1.3).

La localizzazione delle sezioni dei torrenti di interesse è stata definita in base alla necessità di identificare eventuali incrementi in alveo dovuti alle acque sotterranee (Fig. 7). Le misure sono state effettuate nel mese di ottobre 2013, in periodi lontani da eventi piovosi significativi, al fine di eliminare l'influenza delle acque di ruscellamento. Lo strumento utilizzato per le misure è il mulinello idrometrico SIAP mod. ME-4001 con contatore SIAP mod. CE-6015, che permette di misurare velocità di flusso fino ad un massimo di 10 m/s con una sensibilità di 0.05 m/s. Il mulinello idrometrico ha permesso la misura delle velocità puntuali lungo le sezioni prescelte ottenendo per ogni sezione il relativo valore di portata. In Tabella 1 sono riassunti i dati di tutte le sezioni misurate.

N°	NOME.	DATA.	LAT U.T.M.	LONG U.T.M.	PORTATA (l/s)
F1	Fosso Nuovo (Cenciano)	Ott-2013	280087	4692635	224
F2	Rio Maggiore	Ott-2013	285401	4693909	151
F3	Fosso Ferriere	Ott-2013	281234	4691728	174
F4	Rio Fratta - Spigliara	Ott-2013	283038	4691887	427
F5	Fosso Chiare Fontane	Ott-2013	283380	4695013	160
F6	Aliano - Moccione	Ott-2013	285721	4695483	133
F7	Fosso di Fustignano	Ott-2013	281622	4690649	secco
F8	Affluente Fustignano	Ott-2013	281783	4690916	secco
F9	Pastine	Ott-2013	281693	4692862	secco
F10	Fosso di Piano S. Angelo	Ott-2013	281466	4693926	secco
F11	Rio Miccino	Ott-2013	285162	4693586	secco
F12	Affluente destro di F. Aliano	Ott-2013	279795	4698055	secco
F13	Aliano	Ott-2013	279786	4698112	secco
F14	Fosso Chiare Fontane	Ott-2013	281597	4695335	secco
F15	Fosso di Santa bruna	Ott-2013	283452	4695030	5-10
F16	Affluente di Fosso S. Bruna	Ott-2013	281733	4696454	secco
F17	Fosso Gaetta	Ott-2013	280570	4696840	secco

Tabella 1: Elenco e dati delle sezioni di misura.

I dati relativi alle sorgenti sono stati raccolti dagli archivi dei principali enti responsabili della gestione delle risorse idriche (ATO 1 Lazio Nord, Talete Spa), da studi idrogeologici pregressi e integrati con misure di campo. Il particolare contesto idrogeologico che caratterizza le due principali sorgenti dell'area (Cenciano e Chiare Fontane) rende necessaria la valutazione, oltre che dell'emergenza puntuale, anche della venuta in alveo immediatamente prossima alla sorgente. I dati disponibili riguardano quindi sia quelli acquedottistici delle captazioni (portata concessa e derivata), sia valutazioni medie e istantanee della portata in alveo nel tratto di torrente immediatamente a valle (circa 50 m a valle della captazione nel caso della sorgente Cenciano). In Tabella 2 sono riassunti i dati acquisiti e quelli misurati.

ID	NOME.			PORTATA (L/s)	DATO	FONTE
77	Sorgente Cenciano (o Sorgente Fosso Nuovo)			30-35	Portata concessa	Talete Spa, 2011-12
	LAT U.T.M.	LONG U.T.M.	QUOTA (m slm)	24	Portata media derivata	ATO 1, 2002
	280087	4692635	226	300	Portata istantanea	Lotti et al., 2002
				80	Portata di magra	Lotti&Associati,1998
				220	Portata media	Regione Lazio, 2004
				250	Portata media	Boni et al. 1998
				220	Portata media	Capelli et al., 2012
			224	Portata istantanea	Misura diretta dell'esubero della sorgente in alveo	
71	Sorgente Chiare Fontane			15	Portata concessa	Talete Spa, 2011-12
	LAT U.T.M.	LONG U.T.M.	QUOTA (m slm)	34	Portata media	Capelli et al., 2012
	283380	4695013	254	15	Portata derivata	Regione Lazio, 2004
				30	Portata massima derivabile	Alpha Consult, 2000
				15	Portata media derivata	ATO 1, 2002

Tabella 2: Dati delle sorgenti.

Le indagini relative ai pozzi sono state condotte in relazione all'accessibilità e alla disponibilità dei proprietari. Le informazioni acquisite in campo hanno compreso:

- ubicazione del pozzo su base CTR in scala 1:5.000 e in ambiente GIS;
- determinazione della quota topografica (in m s.l.m.) attraverso l'uso della CTR in scala 1:5.000;
- misura del livello statico (m), mediante freatimetri centimetrati;
- misura della profondità della perforazione (m), ove possibile;

I pozzi indagati direttamente sono stati confrontati con i dati del Catasto Nazionale delle Indagini di Sottosuolo, Legge 464/84 (ISPRA, 2013), della Provincia di Viterbo e degli studi editi ed inediti (Lotti et al., 2002; Capelli et al., 2005; Baiocchi et al., 2006; Baiocchi et al., 2012; Baiocchi et al., 2013).

I pozzi considerati ricadono sia all'interno dell'area di riferimento che nell'intorno più significativo (Fig. 7). I principali dati relativi ai pozzi misurati direttamente nel periodo ottobre 2013-gennaio 2014 sono riportati in Tabella 3.

ID	LAT ED 50	LONG ED 50	PROFONDITÀ POZZO (m)	PROFONDITÀ LS (m)	QUOTA PC (m s.l.m.)	QUOTA LS (m s.l.m.)
1	280209	4692582	-	22.48	225	202.52
3	280582	4692443	-	13.77	220	206.23
4	280789	4692449	-	27	223	196
7	280762	4692843	-	35.00	237	202
8	280451	4692949	-	25.80	233	207.20
9	280346	4693398	-	31.05	242	210.95
10	280866	4693783	-	24.47	238	213.53
11	280142	4693415	-	2.70	246	243.30
12	280124	4693493	-	2	246	244
13	280091	4693326	-	33.66	246	212.34

ID	LAT ED 50	LONG ED 50	PROFONDITÀ POZZO (m)	PROFONDITÀ LS (m)	QUOTA PC (m s.l.m.)	QUOTA LS (m s.l.m.)
14	280071	4693329	-	0.60	246	245.40
15	280190	4693168	-	20.28	240	219.72
16	280072	4693412	-	34.41	246	211.59
17	280008	4693487	-	36.40	248	211.60
20	281819	4692613	-	24.71	210	185.29
21	281347	4692826	-	28.10	220	191.90
22	281176	4693543	-	32.12	235	202.88
23	285234	4693690	-	66.10	150	83.90
24	284209	4694222	-	85.28	175	89.72
25	283780	4694428	-	78.04	190	111.96
26	282293	4694310	-	24.81	223	198.19
27	281156	4691274	-	29.25	224	194.75
28	280203	4690641	-	20.00	231	211
29	279530	4690508	-	28.90	244	215.10
30	279677	4690968	-	29.97	240	210.03
31	280608	4694863	-	53.64	262	208.36
32	281359	4694691	-	44.36	251	206.64
33	281061	4694125	-	28.63	238	209.37
34	281126	4695175	-	46.04	263	216.96
35	280610	4695301	-	58.35	270	211.65
37	282474	4695324	-	45.10	231	185.90
38	282645	4695265	-	38.20	223	184.80
39	281862	4695773	-	41.60	251	209.40
40	282500	4695903	-	35.33	238	202.67
41	282875	4695474	-	37.97	225	187.03
42	281114	4695836	-	46.90	265	218.10
43	281517	4690756	-	20.99	215	194.01
44	282039	4690525	-	27.08	214	186.92
45	282014	4689886	-	24.01	212	187.99
46	282349	4690331	-	29.93	210	180.07
47	283074	4689411	-	72.00	206	134
49	285658	4691421	-	87.94	165	77.06
50	286715	4691400	-	79.27	150	70.73
51	287222	4691728	-	67.80	135	67.20
52	280166	4692130	-	27.20	235	207.80
54	280111	4692479	-	19.80	231	211.20
57	281736	4696962	60	35.50	267	231.50
58	281278	4696575	-	36.84	263	226.16
59	280684	4697315	65	49.17	293	243.83
60	280685	4697188	-	53.84	291	237.16
61	280603	4697219	-	57.80	291	233.20
62	280635	4697302	-	57.37	292	234.63
63	281178	4695795	39	-	260	260
64	281859	4695543	70	37.10	245	207.90

ID	LAT ED 50	LONG ED 50	PROFONDITÀ POZZO (m)	PROFONDITÀ LS (m)	QUOTA PC (m s.l.m.)	QUOTA LS (m s.l.m.)
65	279970	4696181	88	59.36	290	230.64
66	280869	4696544	55	40.88	270	229.12
67	279851	4696845	92	-	295	295.10
68	279307	4696709	90	72.76	305	232.24
69	279412	4696334	-	77.56	305	227.44
70	278102	4697347	-	104.28	334	229.72
72	281797	4696456	-	-	245	245
73	281456	4696581	-	21.23	257	235.77
74	280612	4695963	50	-	273	273
75	281819	4696333	-	-	250	250
76	282224	4696152	50	24.83	240	215.17

Tabella 3: Dati relativi ai pozzi misurati durante la campagna di misure.

Per alcuni dei pozzi censiti, sono state acquisite informazioni relative a prove di pompaggio (Fig. 7). I dati considerati fanno riferimento a perforazioni che intercettano la falda di base, più profonda e produttiva, ad uso agricolo o domestico. Le informazioni disponibili variano per metodo utilizzato e grado di attendibilità. In Tabella 4 sono riportati i valori di portata (Q), abbassamento piezometrico (s) e portata specifica ($Q_s = Q/s$).

ID ISPRA	LAT ED 50	LONG ED 50	PORTATA Q (L/s)	ABBASSAMENTO s (m)	PORTATA SPECIFICA Q_s (m ² /s)
150277	288022	4689487	2.0	1.0	0.002000
150287	282311	4690063	4.0	2.0	0.002000
150289	282235	4690528	1.5	0.5	0.003000
150290	286294	4691422	5.0	10.0	0.000500
150293	284682	4691132	5.0	0.5	0.010000
150296	285902	4690601	5.5	2.0	0.002750
150297	280610	4693512	4.0	0.4	0.010000
150300	281794	4692549	3.0	0.7	0.004286
150302	281350	4695959	4.0	6.0	0.000667
150313	285480	4691756	2.5	0.8	0.003125
150316	282539	4692958	5.0	6.0	0.000833
150319	280314	4692843	4.0	2.0	0.002000
150321	286438	4690892	3.0	10.0	0.000300
150323	281173	4693926	5.0	2.0	0.002500
150324	280870	4692300	3.5	1.0	0.003500
150325	281935	4690476	1.5	0.5	0.003000
150326	283410	4692252	2.0	0.5	0.004000
150328	280464	4692529	3.5	0.2	0.017500
150330	283606	4691906	2.0	4.0	0.000500
150338	283478	4691478	3.0	3.0	0.001000
150340	280672	4692554	5.0	2.0	0.002500
150356	281450	4692529	3.5	0.2	0.017500
150358	282845	4695419	2.5	6.0	0.000417

ID ISPRA	LAT ED 50	LONG ED 50	PORTATA Q (L/s)	ABBASSAMENTO s (m)	PORTATA SPECIFICA Q _s (m ² /s)
150360	284327	4691514	3.0	1.5	0.002000
150363	284053	4690811	3.5	0.4	0.008750
150366	284673	4690854	1.0	0.5	0.002000
150371	281075	4693034	2.0	0.4	0.005000
150374	282242	4692998	5.0	3.0	0.001667
150379	283497	4691354	2.0	1.5	0.001333
150380	283825	4692332	8.0	1.0	0.008000
150381	280440	4693208	5.0	0.5	0.010000
150382	286190	4691765	2.5	0.7	0.003571
150383	282051	4691985	3.5	0.5	0.007000
150384	283002	4690906	2.0	0.2	0.010000
150385	282222	4690127	1.5	1.0	0.001500
150386	282606	4691443	0.8	0.5	0.001600
150387	282193	4689912	1.0	0.5	0.002000
150388	283642	4692307	5.0	0.4	0.012500
150389	282718	4689865	3.1	0.5	0.006200
150392	286291	4691361	4.0	2.0	0.002000
150393	284996	4691678	4.0	3.0	0.001333
150398	281803	4696501	1.0	2.0	0.000500
150401	282167	4695718	2.0	5.0	0.000400
150409	279817	4692333	3.0	0.5	0.006000
150418	280128	4694207	2.0	1.5	0.001333
150424	279831	4696408	2.5	3.0	0.000833
150426	279925	4696498	1.0	2.0	0.000500
150427	279187	4696306	3.5	2.0	0.001750
150430	281761	4695916	3.0	2.0	0.001500
150431	282291	4695281	2.0	0.5	0.004000
150435	284307	4691606	5.0	0.7	0.007143
150437	282021	4693221	8.0	0.9	0.008889
150442	282141	4690439	2.0	0.3	0.006667
150451	281912	4693379	10.0	1.0	0.010000
150452	280349	4696145	1.0	2.0	0.000500
150453	282603	4692060	2.0	0.5	0.004000
150454	284605	4690146	2.8	0.2	0.014000
150455	283915	4689303	2.0	0.1	0.020000
150460	285673	4690577	2.5	1.5	0.001667
150463	280355	4691977	1.5	1.0	0.001500
150466	281954	4689580	8.0	1.0	0.008000
150469	283070	4689391	4.0	0.4	0.010000
150471	282020	4696124	2.0	7.0	0.000286
150474	281191	4695254	2.0	4.0	0.000500
150475	281429	4693363	3.0	0.5	0.006000
150476	283503	4690798	3.0	0.2	0.015000
150481	286184	4690067	2.5	0.2	0.012500

ID ISPRA	LAT ED 50	LONG ED 50	PORTATA Q (L/s)	ABBASSAMENTO s (m)	PORTATA SPECIFICA Q _s (m ² /s)
150483	280648	4694006	5.0	2.0	0.002500
150486	280721	4694127	5.0	3.0	0.001667
150493	282551	4690394	1.5	5.0	0.000300
150505	284224	4689664	3.0	1.2	0.002586
150508	286370	4690925	5.0	7.4	0.000674
150511	281814	4691745	3.0	0.9	0.003191
150513	281614	4691937	3.0	1.2	0.002521
189689	282083	4690780	1.3	2.7	0.000493
189712	282654	4691473	1.5	0.6	0.002500
150417	280637	4691443	4.0	0.5	0.008000
150768	282576	4696353	1.0	2.0	0.000500
150980	285112	4692477	5.0	0.2	0.025000
150991	281115	4697202	2.0	1.0	0.002000
150996	281117	4697295	2.5	3.0	0.000833
150997	279361	4697474	2.0	3.0	0.000667
151006	280690	4697524	2.0	2.0	0.001000
151012	278526	4697129	3.0	2.0	0.001500
151014	281287	4697567	1.5	1.0	0.001500
151017	284713	4692891	3.0	0.3	0.010000
151049	287526	4692774	2.5	1.5	0.001667
151063	286744	4692675	4.0	1.0	0.004000
151236	283215	4696272	1.0	3.0	0.000333
151249	280126	4697790	1.5	1.0	0.001500
151252	280196	4697818	4.0	2.0	0.002000
189711	287877	4693041	2.0	0.5	0.004000
151170	279506	4694103	3.5	1.0	0.003500
151184	278955	4694058	2.5	2.0	0.001250
151185	279343	4693274	7.0	2.0	0.003500
151187	278503	4697130	2.0	3.0	0.000667

Tabella 4: Dati relativi alle prove di pompaggio.

Sulla base dei primi risultati delle indagini idrogeologiche e della distribuzione dell'Arsenico nelle acque della falda di base del sistema idrogeologico (cfr. Par. 1.3), sono stati condotti nuovi campionamenti delle acque sotterranee nella zona potenzialmente a basso contenuto di Arsenico del territorio comunale, cioè nel settore settentrionale, nel periodo novembre 2013 – gennaio 2014. Sono stati prelevati 15 campioni di acque da pozzi e da una sorgente (Fig. 8). Sul campo sono stati determinati pH, temperatura, conducibilità elettrica, mediante sonde multiparametriche Vittadini. Presso il Laboratorio UTPRA-STG sono stati determinati gli ioni maggiori e l'Arsenico. I campioni d'acqua sono stati filtrati con un filtro in Teflon di 0.45 µm e suddivisi in due aliquote, una prima è stata acidificata a pH<2 con HNO₃ e utilizzata per la determinazione dei cationi maggiori e gli elementi in tracce, una seconda aliquota è stata utilizzata per la determinazione degli anioni. I campioni sono stati conservati a 4°C fino alle analisi di laboratorio, avvenute entro le 72 ore. HCO₃⁻ è stato determinato mediante titolazione; F⁻, Cl⁻, NO₃⁻ e SO₄²⁻ sono stati determinati mediante cromatografia ionica, usando il sistema Dionex-DX-120. I cationi maggiori (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)

sono stati determinate mediante ICP-OES (Perkin-Elmer OPTIMA 2000 DV). Un ICP-MS (Perkin-Elmer ELAN 6100) è stato utilizzato per la determinazione dell'As. I risultati analitici sono riportati in Tabella 5.

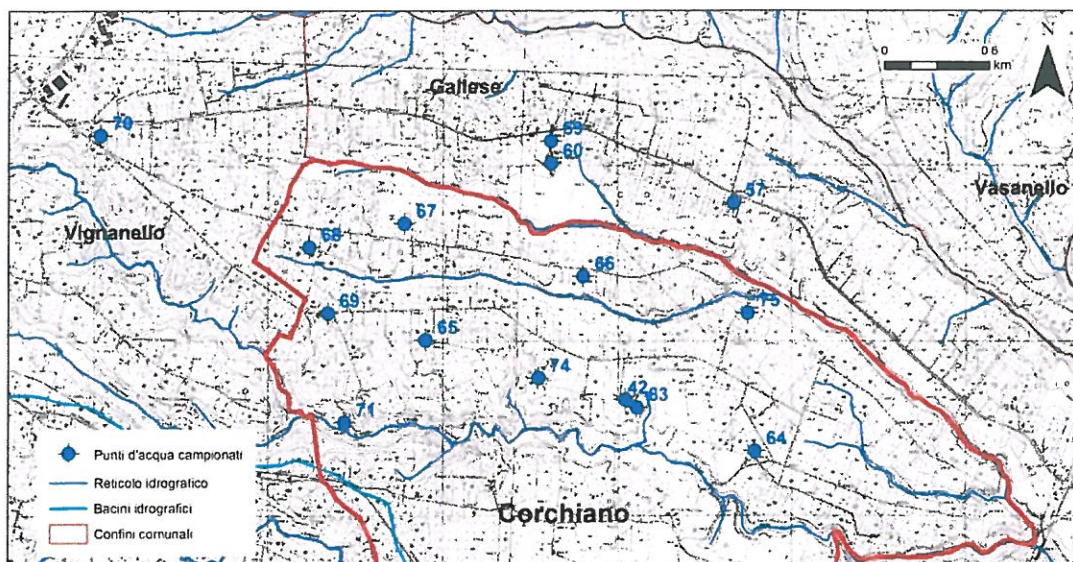


Figura 8: Ubicazione dei pozzi e della sorgente campionati per le analisi chimiche delle acque (cfr. Tab. 4).

ID	TIPO	T (°C)	C.E. (μS/cm)	PH	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	F (mg/l)	As (μg/l)
57	p	15.3	346	7.74	15.2	7.92	33.6	13.0	20.9	92	18.3	52.9	0.106	6.10
59	p	14.3	365	7.8	15.4	11.2	43.8	7.22	14.2	134	8.86	32.7	0.106	4.98
60	p	14.8	269	7.4	13.7	7.88	25.1	8.43	10.7	98	4.79	43.2	0.106	4.97
63	p	11.9	282	7.71	21.8	12.4	19.6	6.88	15.0	104	7.10	14.4	0.38	11.6
42	p	13	311	7.95	14.0	10.3	37.0	5.83	11.1	134	8.43	13.9	0.306	10.1
64	p	14.8	386	-	21.9	13.1	49.9	6.60	15.2	-	9.32	12.3	0.620	12.1
65	p	15	207	-	12.4	7.82	15.8	6.64	11.6	-	11.0	13.3	0.206	9.68
66	p	14.9	307	7.9	16.7	14.5	22.9	9.34	19.4	73	31.1	43.0	0.222	6.40
67	p	15.2	329	8.3	12.9	10.1	32.9	7.28	9.69	159	4.90	11.3	0.174	8.20
68	p	14.4	255	8.12	15.7	13.7	20.2	7.25	12.3	92	10.2	17.0	0.372	10.0
69	p	10.7	279	8.03	15.3	13.2	20.7	7.32	12.1	104	10.3	19.6	0.312	8.26
71	S	15.5	252	8.3	15.9	12.6	20.4	8.30	12.2	110	9.00	17.1	0.310	10.9
70	p	16	249	8.2	15.8	11.3	20.5	8.96	11.9	113	8.62	17.3	0.284	10.6
74	p	-	-	8.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.9
75	p	-	-	8.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.4

Tabella 4: Sintesi delle analisi chimiche delle acque sotterranee (p: pozzo; S: sorgente).

3 ELABORAZIONI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI

Le indagini idrogeologiche condotte nel Comune di Corchiano hanno permesso la caratterizzazione idrogeologica, la definizione delle modalità di flusso idrico sotterraneo e la determinazione delle caratteristiche chimiche delle acque sotterranee.

Sulla base della cartografia geologica disponibile e dall'esame delle stratigrafie acquisite, risulta che nel territorio comunale affiorano e costituiscono il sottosuolo, per le profondità di interesse per questo studio, le formazioni dei DVV e DVC (Figg. 9 e 10). In particolare, sono rappresentate principalmente le Ignimbrite A, B, C e D (Locardi, 1965) del DVV e l'Ignimbrite Cimina del DVC. Queste formazioni sono caratterizzate dal punto di vista idrogeologico da una permeabilità per porosità e fessurazione, quelle del DVV, e da una permeabilità principalmente per fessurazione, quella del DVC. Al di sotto delle formazioni piroclastiche è presente il substrato sedimentario pleistocenico costituito da sabbie e conglomerati, e argille e sabbie argillose.

Nel settore di maggiore interesse per la ricerca di risorse idriche alternative per il Comune di Corchiano, cioè il margine settentrionale del territorio comunale, è stata ricostruita la sezione geologica di Figura 10 che evidenzia gli spessori delle formazioni piroclastiche e la profondità del substrato sedimentario.

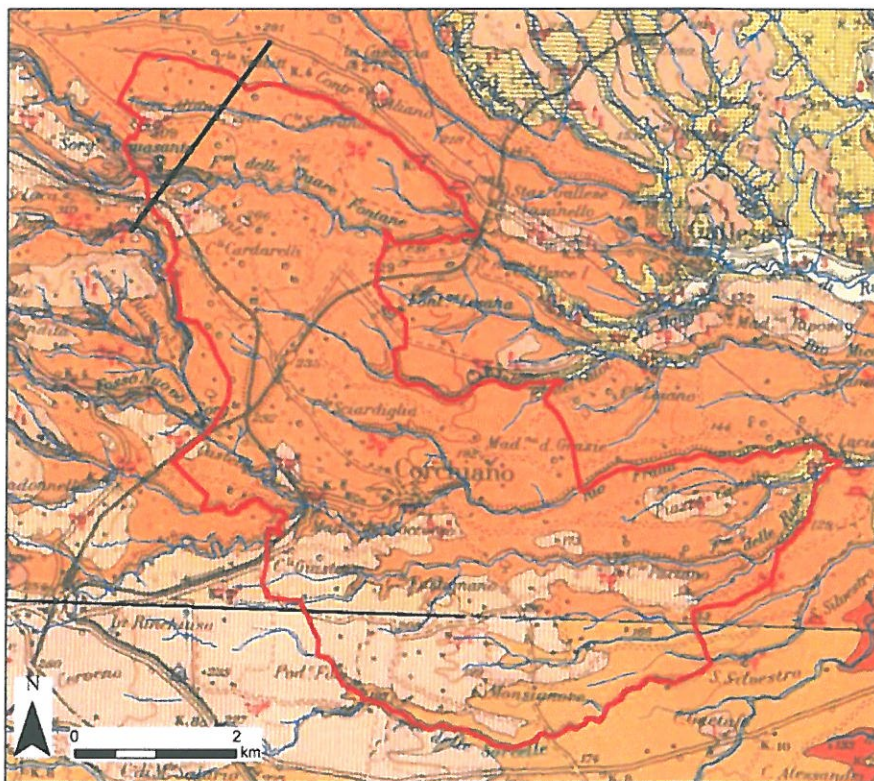


Figura 9: Carta geologica dell'area di interesse (da C.G.I., 1970; 1971) con ubicazione della traccia di sezione di Fig. 10.

Legenda: a^{3-4} Alluvioni; t^1 Travertini; t_1 Tufi Finali; qf^w Ignimbrite C; $\tau\phi^w$ Ignimbrite D; Q_2^c Sabbie e Conglomerati poligenici del substrato sedimentario.

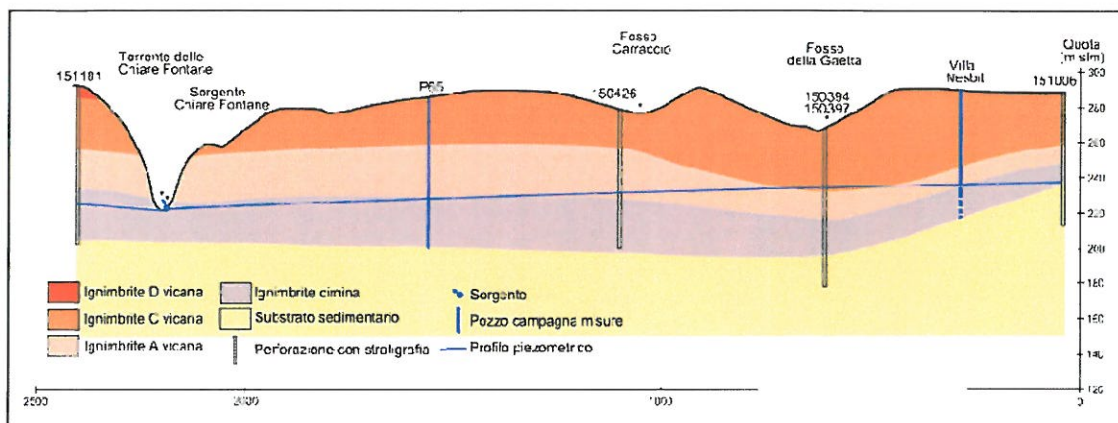


Figura 10: Sezione geologica del settore settentrionale del territorio comunale.

Lo schema di circolazione idrica sotterranea è stato ricostruito mediante le misure ed i dati relativi ai livelli piezometrici dei pozzi, della portata delle sorgenti e del deflusso in alveo. Come si può vedere in Figura 11, si riconosce una falda di base continua con direzione di flusso generale da NW verso SE. L'area di alimentazione corrisponde con gli alti morfologici dei Monti Cimini e dell'area della caldera di Vico. I locali recapiti della falda di base corrispondono con le sorgenti di Cenciano e Chiare Fontane ed il deflusso negli alvei dei torrenti Chiare Fontane e Rio Fratta. Il gradiente idraulico è generalmente compreso tra 0.5 e 4 %. Questo schema di flusso idrico sotterraneo è in accordo con i precedenti studi a scala del sistema idrogeologico (Capelli et al., 2005; Baiocchi et al., 2006) ed a scala locale (Lotti et al., 2002). Per il settore settentrionale del territorio comunale, risulta che la falda di base ha sede principalmente nell'Ignimbrite A Vicana e nell'Ignimbrite Cimina (Fig. 10).

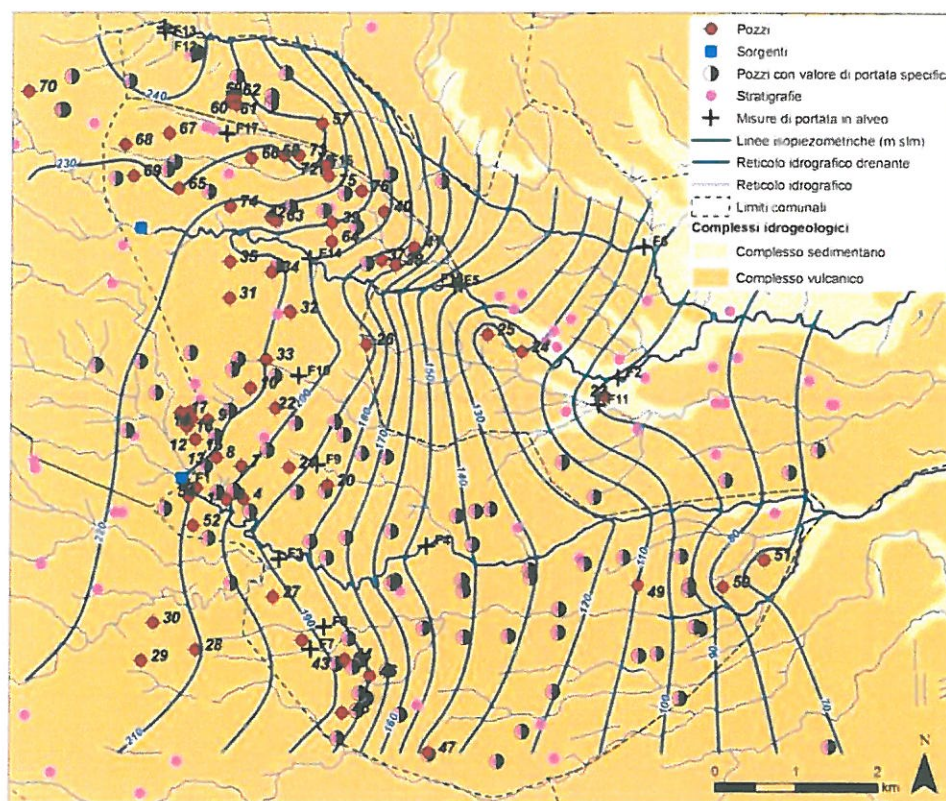


Figura 11: Carta idrogeologica schematica dell'area di interesse.

Una prima caratterizzazione dell'acquifero basale è stata desunta dai dati acquisiti relativamente alle prove di emungimento. In particolare, sulla base dei dati di portata ed abbassamento misurato nel pozzo di pompaggio è stata calcolata la portata specifica (Q_s) (cfr. Tab. 4). Dall'analisi statistica dei valori di Q_s risulta una distribuzione log-normale del parametro nell'intervallo compreso tra 3×10^{-4} e 2×10^{-2} m²/s (Tab. 5 e Fig. 12). Considerato che il parametro è connesso con la trasmissività dell'acquifero, si ricava una significativa eterogeneità idraulica che ben corrisponde con la presenza di formazioni con differente grado e tipo di permeabilità e spessore degli orizzonti saturi.

Descrittore	Valore
Numero di prove	98
Minimo	0.000285
Massimo	0.025
Deviazione Standard	0.0048
Asimmetria	1.94
Curtosi	6.9
I Quartile	0.0012
Mediana	0.002
III Quartile	0.006
Media aritmetica	0.0042
Media geometrica	0.0023

Tabella 5: Statistiche descrittive della portata specifica (i valori sono espressi in m²/s).

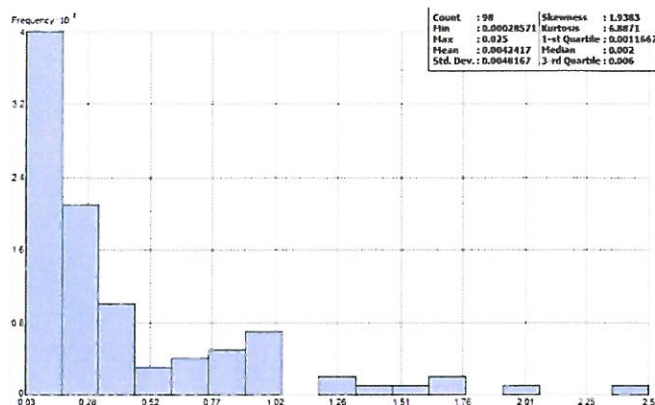


Figura 12: Istogramma dei valori di portata specifica (valori espressi in $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$).

Dai risultati delle analisi chimiche, risulta che le acque sotterranee campionate nel settore settentrionale dell'area di studio hanno temperatura compresa tra 10 e 16 °C, bassa conducibilità elettrica (tra 200 e 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e pH compreso tra 7.4 e 8.3. Considerando gli ioni maggiori, si tratta di acque bicarbonato-calciche, come si può vedere dai diagrammi di Piper (Fig. 13) e di Schoeller (Fig. 14). Queste caratteristiche idrochimiche sono in accordo con quelle riportate negli studi a scala di sistema idrogeologico (Angelone et al., 2009) ed a scala locale (Vivona et al., 2007).

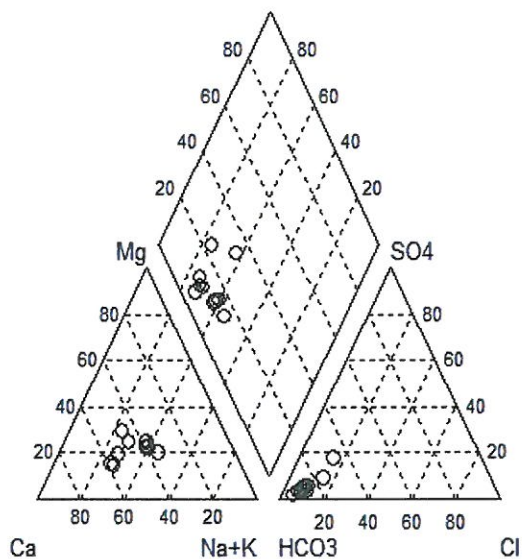


Figura 13: Diagramma di Piper delle acque campionate (la dimensione dei cerchi è proporzionale al contenuto di As).

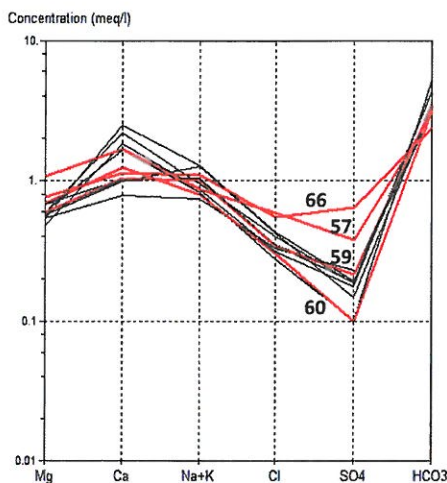


Figura 14: Diagramma di Schoeller delle acque campionate (sono evidenziati i campioni con As < 7 µg/L: 57, 59, 60 e 66 in Fig. 8).

Il contenuto di F è sempre inferiore al limite normativo (1.5 mg/L). Il contenuto di As è compreso tra 5 e 12 µg/L. La distribuzione dell'As nelle acque sotterranee del settore settentrionale del territorio comunale è rappresentata in Figura 15, dove si può vedere che in località Aliano sono presenti acque con contenuto di As tra 6 e 5 µg/L.

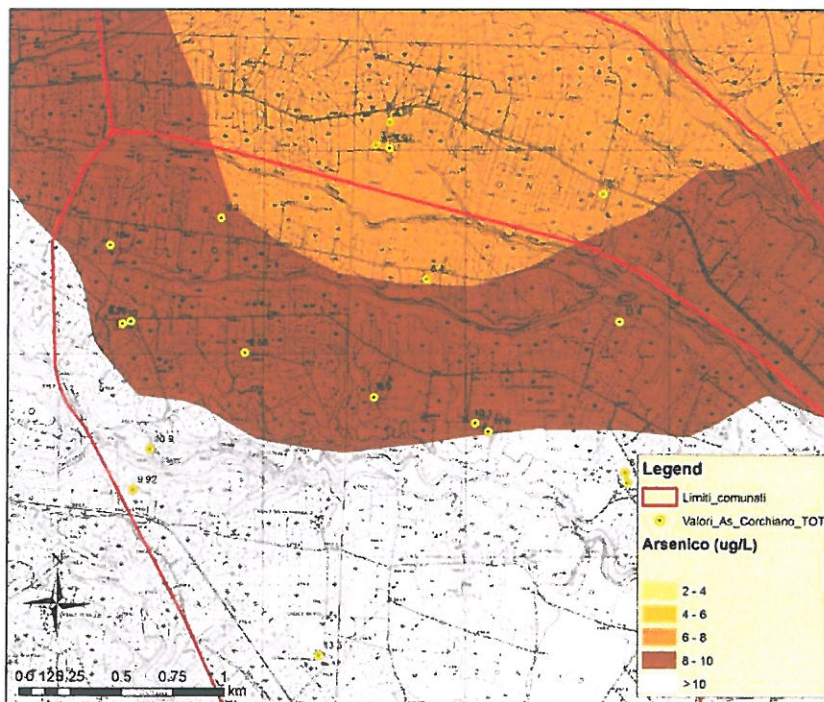


Figura 15: Distribuzione dell'As nelle acque sotterranee del settore settentrionale del territorio comunale.

4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E III FASE DI INDAGINE

I risultati ottenuti nella Fasi I e II delle indagini idrogeologiche condotte nel territorio comunale di Corchiano hanno permesso di individuare l'area dove concentrare la Fase III degli accertamenti, che, secondo il programma, prevede la realizzazione di un pozzo pilota per la ricerca di risorse idriche alternative a quelle attualmente utilizzate per l'approvvigionamento idrico potabile.

E' risultato che nel settore settentrionale del Comune di Corchiano, in località Aliano tra il Fosso della Gaetta e il Fosso Carraccio (a quote comprese tra 270 e 280 m s.l.m.), sono presenti acque sotterranee con un contenuto di Arsenico inferiore a 8 µg/L e quindi di interesse per l'uso potabile. In quest'area, rappresentata in Figura 16, si intendono condurre specifici accertamenti per individuare il sito dove realizzare il pozzo pilota. Sono previste, in particolare, indagini idrostrutturali e geofisiche utili per individuare la zona più fratturata e quindi più produttiva della formazione dell'Ignimbrite Cimina, ritenuta essere quella più interessante per la captazione di acque sotterranee con basso contenuto di Arsenico. Contestualmente saranno esaminati anche gli aspetti logistici per l'ubicazione della perforazione, tenendo conto della disponibilità dei luoghi e della presenza di altri pozzi ad uso domestico e irriguo presenti nell'area. Questi ultimi accertamenti saranno condotti di concerto con l'Ufficio Tecnico del Comune di Corchiano.

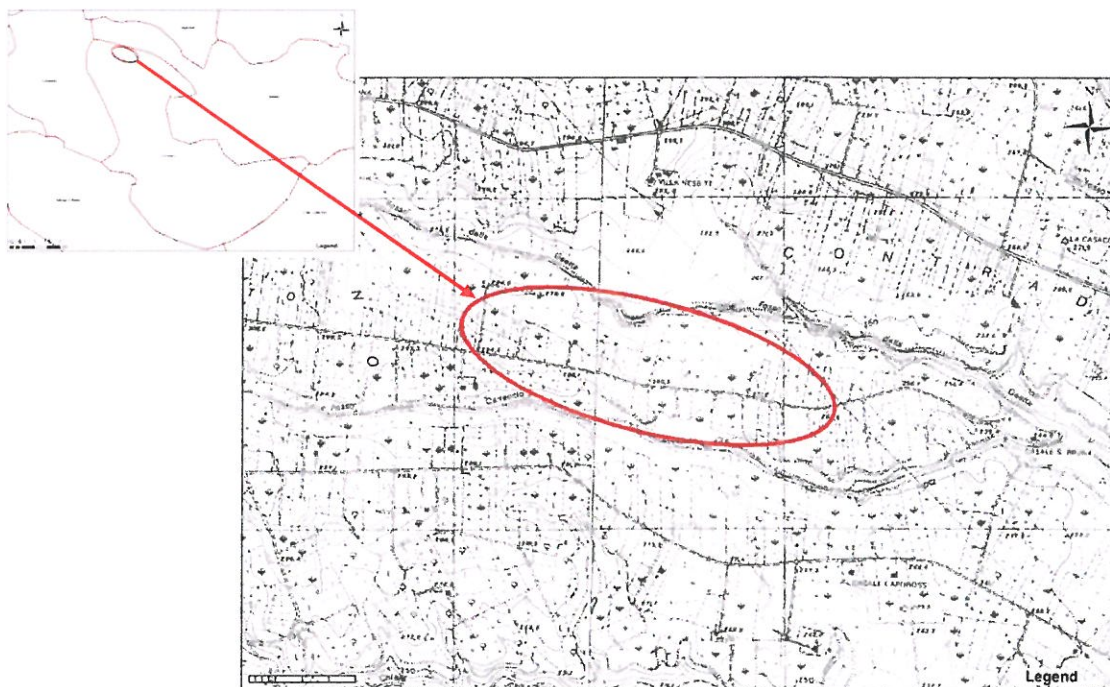


Figura 16: Area individuata per gli accertamenti della III Fase di indagine e per la realizzazione del pozzo pilota.

Successivamente alle indagini idrostrutturali e geofisiche, si procederà con le seguenti attività:

- a) prova di pompaggio su uno dei pozzi dell'area individuata, dove è stato rilevato un contenuto di As inferiore a 8 µg/L (66 in Fig. 8);

b) realizzazione del pozzo pilota e prova di pompaggio.

L'attività a), trattandosi di un pozzo privato, è subordinata alla disponibilità del proprietario alla sperimentazione. Si tratterà di attrezzare il pozzo esistente in modo da emungere portate comprese tra 1 e 4 L/s per una settimana e monitorare nel corso dell'emungimento il livello piezometrico, nel pozzo di pompaggio ed in quelli limitrofi, ed il contenuto di As delle acque emunte.

Per l'attività b), si prevede di realizzare un pozzo con perforazione a rotazione della profondità di 80 m e di 273 mm di diametro. Il condizionamento del pozzo comprenderà tubi ciechi e filtri in acciaio inox AISI 430 del diametro di 185 mm. I filtri, la cui porosità e dimensioni delle aperture saranno definite nel corso della perforazione, tenderanno ad isolare solo la formazione dell'Ignimbrite Cimina, prevedendo la cementazione della restante parte della verticale di perforazione. Dopo il condizionamento e lo sviluppo del pozzo è prevista una prova di emungimento della durata di una settimana con portate comprese tra 2 e 8 L/s, monitorando il livello piezometrico, nel pozzo di pompaggio ed in quelli limitrofi, ed il contenuto di As delle acque emunte. Lo smaltimento delle acque durante le prove di pompaggio delle fasi a) e b) avverrà mediante idonea tubazione con recapito nei torrenti presenti nell'area, previa autorizzazione dell'Amministrazione Provinciale, producendo opportuna richiesta all'ufficio competente per lo scarico temporaneo di acque nella rete idrografica.

I dettagli integrativi della Fase III, ampliata e aggiornata alla luce dei risultati positivi ottenuti nelle prime due fasi, sono riportati in Allegato I.

Riferimenti bibliografici

- Achene L., Ferretti E., Lucentini L., Pettine P., Veschetti E., Ottaviani M. (2010) Arsenic content in drinking-water supplies of an important volcanic aquifer in central Italy. *Toxicol. Environ. Chemistry*, 92, 509-520.
- Ambrosi U., Bono P., Capelli G., Goletti M. (1984) Carta Idrogeologica della Regione Sedimentaria del Lazio Nord-Occidentale e della Toscana Meridionale. C.N.R. (Centro di studio per la geologia dell'Italia Centrale) ed Istituto di Geologia e Paleontologia - Università degli Studi "La Sapienza", Roma.
- Aiuppa A., Allard P., D'Alessandro W., Michel A., Parello F., Treuil M., Valenza M. (2006) Mobility and fluxes of major, minor and trace metals during basalt weathering at Mt. Etna volcano (Sicily). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64, 1827-1841.
- Aiuppa A., D'Alessandro W., Federico C., Palumbo B., Valenza M. (2003) The aquatic geochemistry of arsenic in volcanic groundwaters from southern Italy. *Appl. Geochem.*, 18, 1283-1296.
- Alpha Consult (2000) Data-base on line Risorsa idrica; <http://www.alphaconsult.it/acqualatina/A1.asp?OBJ=WR224> (visitato dicembre 2013).
- Angelone M., Cremisini C., Piscopo V., Proposito M., Spaziani F. (2009) Influence of hydrostratigraphy and structural setting on the arsenic occurrence in groundwater of the Cimino-Vico volcanic area (Central Italy). *Hydrogeol. J.*, 17, 901-914.
- Baiocchi A., Dragoni W., Lotti F., Luzzi G., Piscopo V. (2006) Outline of the hydrogeology of the Cimino and Vico volcanic area and of the interaction between groundwater and Lake Vico (Lazio Region, Central Italy). *Boll. Soc. Geol. It.*, 125, 187-202.
- Baiocchi A., Lotti F., Piscopo V. (2011) Influence of hydrogeological setting on the arsenic occurrence in groundwater of the volcanic areas of central and southern Italy. *Aquamundi*, 2, 131-142.
- Baiocchi A., Lotti F., Piscopo V. (2012) Conceptual hydrogeological model and groundwater resource estimation in a complex hydrothermal area: the case of the Viterbo geothermal area (central Italy). *J. Water Res. Protection*, 4, 231-247.
- Baiocchi A., Coletta A., Esposito L., Lotti F., Piscopo V. (2013) Sustainable groundwater development in a naturally arsenic-contaminated aquifer: the case of the Cimino-Vico volcanic area (central Italy). *It. J. Eng. Geol. Environ.*, 1, 5-17.
- Baldi P., Decandia F.A., Lazzarotto A., Calamai A. (1974) Studio geologico del substrato della copertura vulcanica laziale nella zona dei laghi di Bolsena, Vico e Bracciano. *Mem. Soc. Geol. It.*, 13, 575-606.
- Ballantyne J.M., Moore J.N. (1988) Arsenic geochemistry in geothermal systems. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52, 475-483.
- Barberi F., Buonasorte G., Cioni R., Fiordelisi A., Foresi L., Iaccarino S., Laurenzi M. A., Sbrana A., Vernia L., Villa I.M. (1994) Plio-Pleistocene geological evolution of the geothermal area of Tuscany and Latium. *Mem. Descr. Carta Geol. It.*, 49, 77-134.
- Bertagnini A., Sbrana A. (1986) Il Vulcano di Vico: stratigrafia del complesso vulcanico e sequenze eruttive delle formazioni piroclastiche. *Mem. Soc. Geol. It.*, 35, 699-713.
- Boni C., Bono P., Capelli G. (1986) Schema idrogeologico dell'Italia centrale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 35, 991-1012.
- Boni C., Bono P., Capelli G. (1988) Carta idrogeologica del territorio della Regione Lazio, scala 1:250.000; Regione Lazio, Roma.
- Brondi M., Dall'Aglio M., Ghiara E. (1986) Elementi in traccia di interesse geochimico e tossicologico nei fluidi termali e geotermici dei Campi Flegrei e di Larderello. *Acqua e Aria*, 10, 1102-1111.
- Buonasorte G., Fiordelisi A., Pandeli E., Rossi U., Sollevanti E. (1987) Stratigraphic correlations and structural setting of the pre-neoautochthonous sedimentary sequences of northern Latium. *Periodico di Mineralogia*, 56, 111-122.
- Capelli G., Cecili A., Montesanti A., Petitta M., Salvati R. (1999) Identificazione degli acquiferi profondi e delle risorse strategiche nel dominio vulcanico Vulsino-Cimino-Sabatino. In: *Atti del 3° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque sotterranee per il Terzo Millennio*. 13-15 Ottobre 1999, Parma.
- Capelli G., Mastroiello L., Mazza R., Petitta M., Baldoni T., Banzato F., Cascone D., Di Salvo C., La Vigna F., Taviani S., Teoli P. (2012) Carta idrogeologica del Territorio della Regione Lazio, scala 1:100.000; Regione Lazio, Roma.
- Capelli G., Mazza R., Gazzetti C. (2005) Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio. *Gli acquiferi vulcanici*. Pitagora Editrice, Bologna.
- Celico P., Dall'Aglio M., Ghiara M.R., Stanzione D., Brondi M., Prospero M. (1992) Geochemical monitoring of the thermal fluids in the Phlegraean Fields from 1970 to 1990. *Boll. Soc. Geol. It.*, 111, 409-422.
- C.G.I. (1970) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 137, Viterbo. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- C.G.I. (1971) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 143, Bracciano. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

- Cimarelli C., De Rita D. (2006) Structural evolution of the Pleistocene Cimino trachytic volcanic complex (Central Italy). *Bull. Volcanology*, 68, 538–548.
- Cremisini C., Dall'Aglio M., Ghiara E. (1979) Arsenic in Italian rivers and in some cold and thermal spring. "Proc. of Int. Conference on Management and Control of Heavy Metals in the Environment", Imperial College, London.
- Dall'Aglio M. (1996) Problemi emergenti di Geochimica Ambientale e Salute In Italia con particolare riferimento all'arsenico. Atti "2 Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee", Modena 17-19 Maggio 1995.
- Dall'Aglio M., Giuliano G., Amicizia D., Andrenelli M.C., Cicioni G.B., Mastroianni D., Sepicacchi L., Tersigni S. (2001) Assessing drinking water quality in Northern Latium by trace elements analysis. In: Cidu R. (ed.) Proc. of the 10th Intern Symp on Water-Rock Interaction, Villasimius, Italy, 1063-1066.
- ISPRA (2013) Indagini nel sottosuolo LR 464/84. <http://sgi1.isprambiente.it/GeoMapView/index.html> (visitato maggio 2013).
- Lardini D., Nappi G. (1987) I cicli eruttivi del complesso vulcanico cimino. *Rend. Soc. It. Min. Petr.*, 42, 141-153.
- La Torre P., Nannini R., Sollevanti F. (1981) Geothermal exploration in central Italy: geophysical survey in Cimino Range area. In: European Association of Exploration Geophysicists, 43th Meeting. Venezia, 26-29 May 1981.
- Lima A., Cicchella D., Di Francia S. (2003) Natural contribution of harmful elements in thermal groundwaters of Ischia Island (southern Italy). *Environ. Geology*, 43, 930-940.
- Locardi E. (1965) Tipi di ignimbrite di magmi mediterranei. Le ignimbrite del vulcano di Vico. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali*, 72, 53-173.
- Lotti C. & Associati Spa (1998) Aggiornamento Piano Regolatore Generale degli Acquedotti del Lazio Settentrionale – All. B. b. 1 - Relazione sul censimento delle risorse idriche sotterranee. Regione Lazio, Roma.
- Lotti F., Protta A., Vulcano G. (2002) Il bilancio idrologico del bacino del Rio Fratta (Viterbo – Lazio): implicazioni per un uso sostenibile delle risorse idriche. *Geologia Tecnica & Ambientale*, 3, 49-58.
- Mattias P.P., Ventriglia U. (1970) La regione vulcanica dei Monti Sabatini e Cimino. *Mem. Soc. Geol. It.*, 9, 331-384.
- Nappi G., Valentini L., Mattioli M. (2004) Ignimbritic deposits in central Italy: pyroclastic products of the quaternary age and Etruscan foothills. *Field Trip Guide Book – P09, 32° IGC, Florence (Italy), 20–28 August 2004*.
- Perini G., Conticelli S., Francalanci L., Davidson J.P. (2000) The relationship between potassic and calc-alkaline post-orogenic magmatism at Vico volcano, central Italy. *J. Volc. Geother. Res.*, 95, 247–272.
- Piscopo V., Barbieri M., Monetti V., Pagano G., Pistoni S., Ruggi E., Stanzione D. (2006) Hydrogeology of thermal waters in Viterbo area, central Italy. *Hydrogeol. J.*, 14, 1508-1521.
- Regione Lazio (2004) Aggiornamento del Piano Regolatore Generale degli Acquedotti; http://www.regione.lazio.it/binary/rl_ambiente/tbl_contenuti/relazione_tecnica.1148554361.pdf (visitato dicembre 2013).
- Sollevanti F. (1983) Geologic, volcanologic and tectonic setting of the Vico-Cimino area, Italy. *J. Volc. Geother. Res.*, 17, 203-217.
- Vivona R., Preziosi E., Madé B., Giuliano G. (2007) Occurrence of minor toxic elements in volcanic-sedimentary aquifers: a case study in central Italy. *Hydrogeol. J.*, 15, 1183-1196.
- Webster J.G., Nordstrom D.K. (2003) Geothermal arsenic. In: *Arsenic in Ground Water, Geochemistry and Occurrence* (A.H. Welch and K.G. Stollenwerk Eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

ALLEGATO I

Tempistica e integrazione costi Fase III

I riscontri positivi ottenuti nelle indagini effettuate hanno permesso di meglio delineare le indagini di dettaglio essenziali al raggiungimento degli obiettivi di cui alla Convenzione tra la Società Talete s.p.a., il Comune di Corchiano e il Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche (DEB) dell'Università degli Studi della Tuscia.

Le attività della terza fase di indagine, incluse quelle integrative qualora approvate, saranno condotte secondo il cronoprogramma riportato in Tabella A-1.

Attività/Tempi (in settimane)	1	2	3	4	5	6	7	8
Indagini idrostrutturali e geofisiche								
Accertamenti catastali, richieste di permessi e autorizzazioni								
Predisposizione e prova di pompaggio su pozzo privato								
Perforazione del pozzo pilota e prova di pompaggio								
Elaborazione dei risultati e Il Rapporto								

Tabella A-1: Cronoprogramma della Fase III di Indagine.

Tutti gli accertamenti specifici per individuare la zona più produttiva per la captazione delle acque sotterranee con basso contenuto di Arsenico, cioè indagini idrostrutturali e geofisiche, nonché la realizzazione del pozzo pilota e la conduzione della sperimentazione e le analisi chimiche delle acque nel corso delle prove sono assicurati dagli importi del finanziamento già approvato dalla Regione Lazio di cui alla suddetta Convenzione.

Al fine di progettare la soluzione definitiva per l'approvvigionamento potabile del Comune di Corchiano, e per mettere a punto criteri e metodi generali per la captazione di risorse idriche in un ambiente idrogeologico geogenicamente contaminato quale quello del sistema Cimino-Vicano, si rende necessario integrare il quadro della Fase III con più prove di emungimento di lunga durata.

Per l'allestimento e la conduzione delle prove di emungimento (1 settimana sul pozzo privato e 1 settimana per il pozzo pilota, o, in caso di non disponibilità del pozzo privato, 2 settimane per il pozzo pilota) è necessario un ulteriore impegno economico quantificabile in 15.000 €.