



IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO TORRE ALFINA

Studio di Impatto Ambientale

ALLEGATO N

CARATTERISTICHE DELLA FALDA ACQUIFERA E PIANO DI MONITORAGGIO

Aggiornamento febbraio 2015

1. L'acquifero vulcanico dell'Altipiano dell'Alfina

L'area dell'Altipiano dell'Alfina, dove sono localizzate le opere dei progetti geotermici pilota Castel Giorgio e Torre Alfina, appartiene geologicamente all'apparato vulcanico dei Vulsini, il più settentrionale dei complessi alcalino-potassici dell'Italia centrale.

L'assetto geologico è dominato dall'alternanza di litoformazioni laviche e piroclastiche, con frequenti intercalazioni di livelli cineritici, paleosuoli e depositi lacustri prevalentemente diatomitici. Tali sequenze poggiano in trasgressione su depositi sedimentari prevalentemente argillosi e di flysch. La morfologia del substrato prevulcanico si deprime verso la Valle del Tevere e il bacino del Lago di Bolsena.

All'interno dei prodotti vulcanici sono stati riconosciuti tre acquiferi (Capelli e Mazza, 2007): l'acquifero basale di importanza regionale e gli acquiferi intermedio e sommitale in corrispondenza dell'area in studio. Questi ultimi si manifestano ai margini dell'altopiano con numerose sorgenti, mentre l'acquifero basale emerge a oriente, generando il gruppo sorgivo di Sugano – Tione, e ad ovest, alimentando quello di San Lorenzo – Grotte di Castro.

L'area è stata individuata dagli enti competenti in materia di risorsa idrica come strategica per l'approvvigionamento idropotabile. Infatti, sono presenti numerosi punti di captazione delle sorgenti e delle acque sotterranee, sia nel territorio della Regione Lazio, sia in quello dell'Umbria. I principali pozzi di acqua potabile esistenti emungono la falda basale e probabilmente in parte anche gli acquiferi più superficiali.

Nella Figura 1 sono riportate alcune sezioni interpretative degli acquiferi dell'Altopiano dell'Alfina; l'ubicazione delle sezioni è indicata nella Figura 9.

2. Modellizzazione della falda

L'andamento delle curve isopiezometriche relative alla falda di base dell'acquifero ospitato nelle vulcaniti dei Vulsini nella zona dell'Altipiano dell'Alfina è riportato nelle Figure 2,3,4 e 5, tratte rispettivamente da Pagano et al.(2000), Capelli et al. (2005), Capelli e Mazza (2007), Frondini et al. (2012).

In ciascuna delle figure è riportato il limite dello spartiacque sotterraneo o limite di bacino idrogeologico; come può vedersi, proprio nella zona di interesse dei presenti progetti (area di Castel Giorgio), questo limite differisce nelle varie carte idrogeologiche.

Vi è un sostanziale accordo tra Pagano et al. (2000), Capelli et al. (2005) e Capelli e Mazza (2007), a parte differenze minori, che il limite idrogeologico passi proprio in prossimità di Castel Giorgio, con andamento circa ovest-est, mentre Frondini et al. (2012) lo collocano a sud di Castel Giorgio (Figura 5).

Figura 1. Sezioni Interpretative relative agli Acquiferi dell'Altopiano dell'Alfina (l'ubicazione è riportata nella Figura 9) (da Capelli e Mazza, 2007)

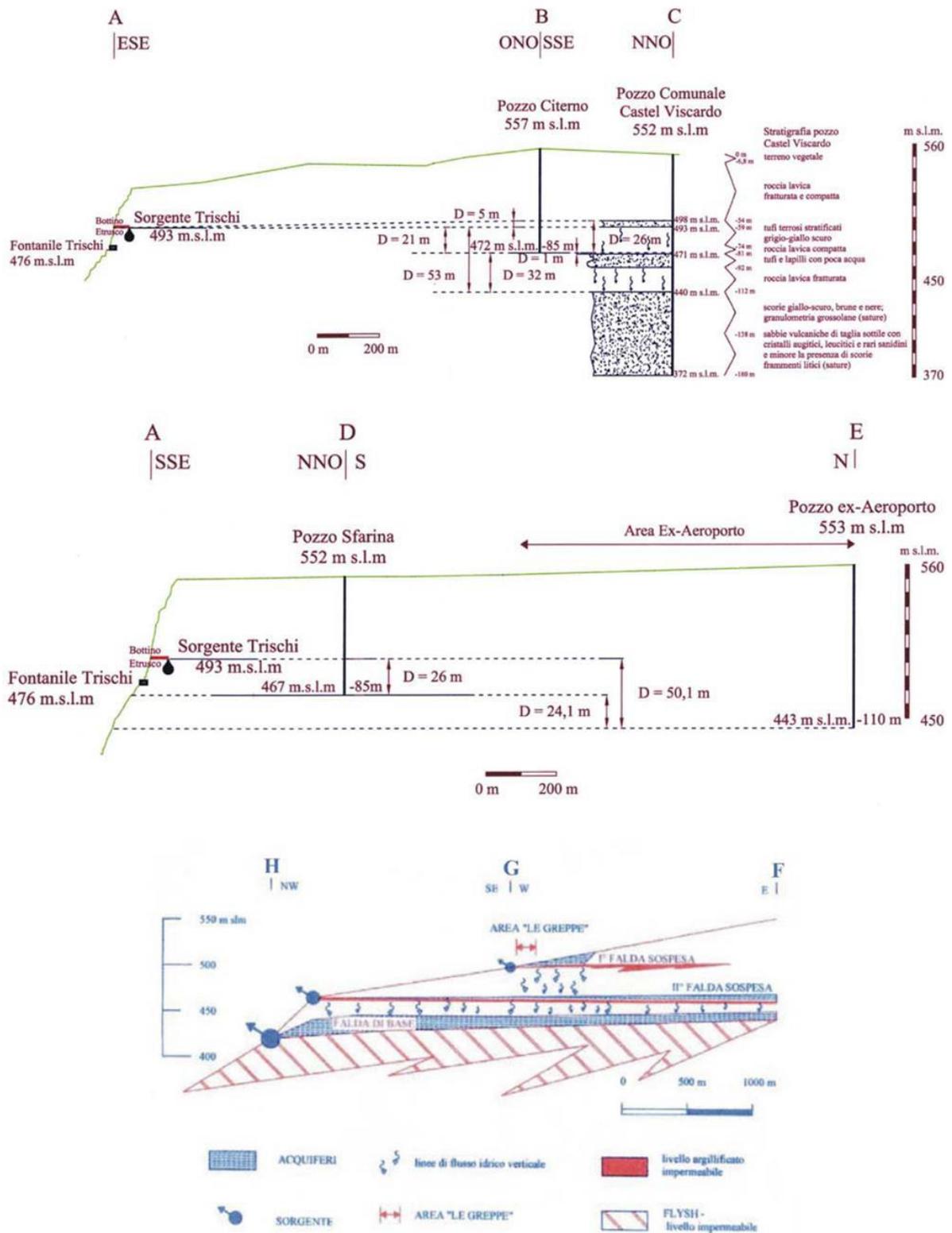


Figura 2. Mappa idrogeologica da Pagano et al. (2000). Con la linea verde è indicato il limite del bacino idrogeologico

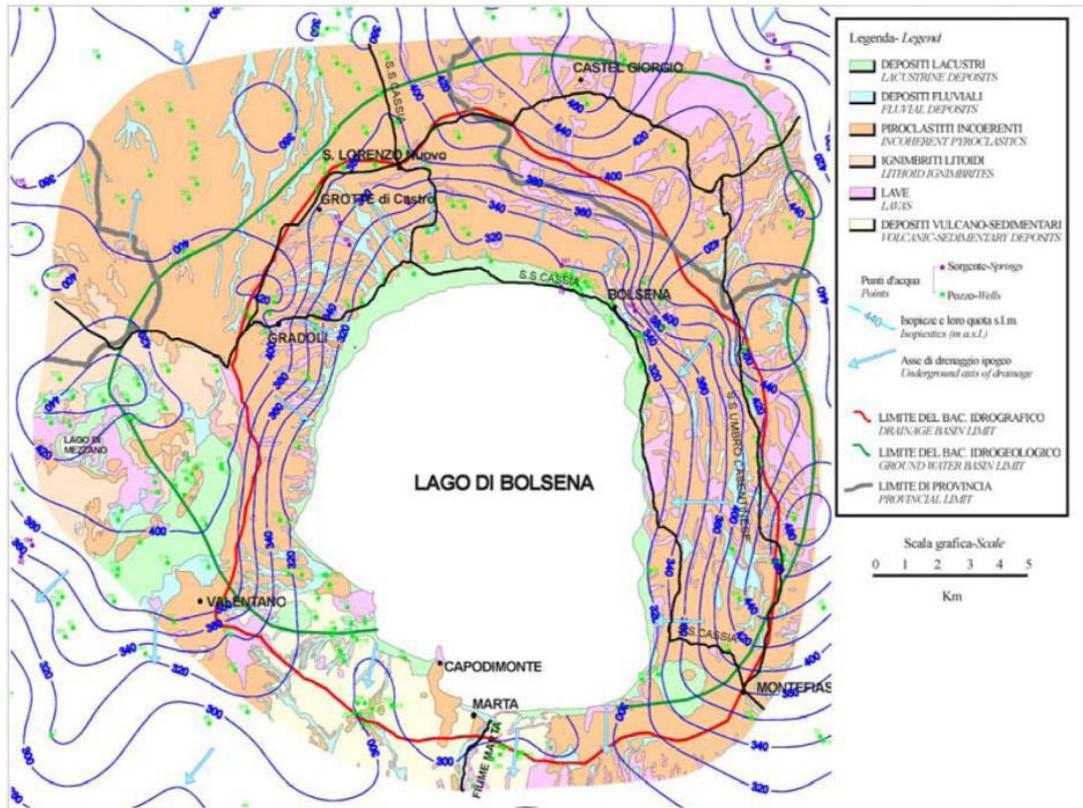


Figura 3. Andamento delle linee isopiezometriche della zona Castel Giorgio – Lago di Bolsena (da Consorzio di Bonifica della val di Paglia Superiore in Capelli e Mazza, 2007). La linea nera indica il limite del bacino idrogeologico

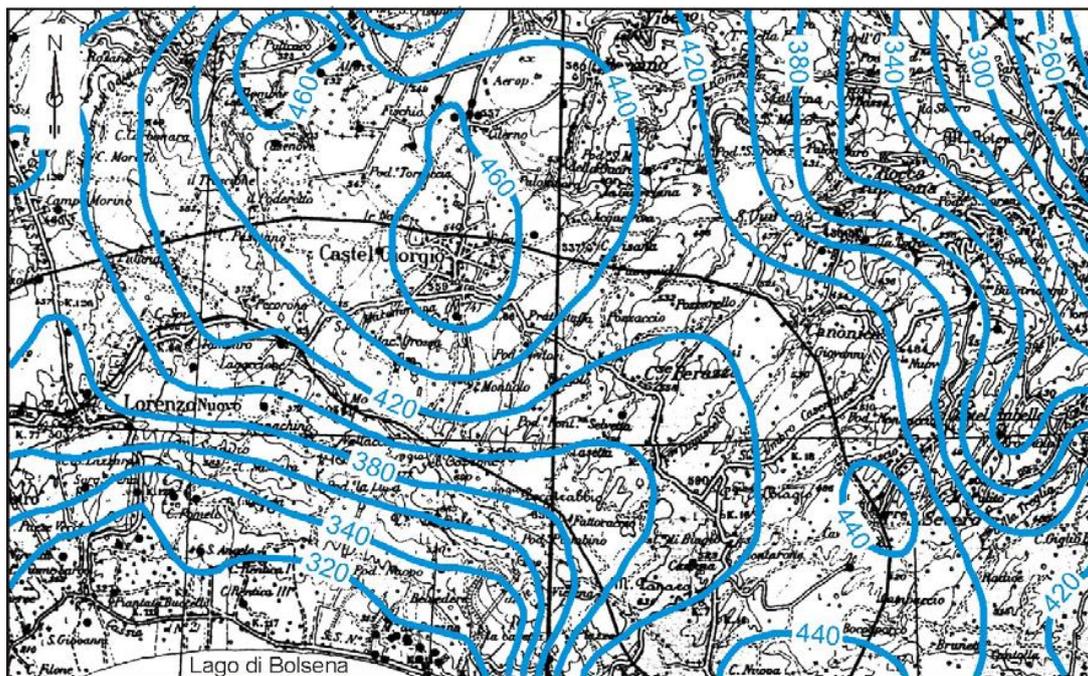


Figura 4. Mappa idrogeologica da Capelli et al.(2005). Le linee gialle indicano i limiti dei bacini idrogeologici

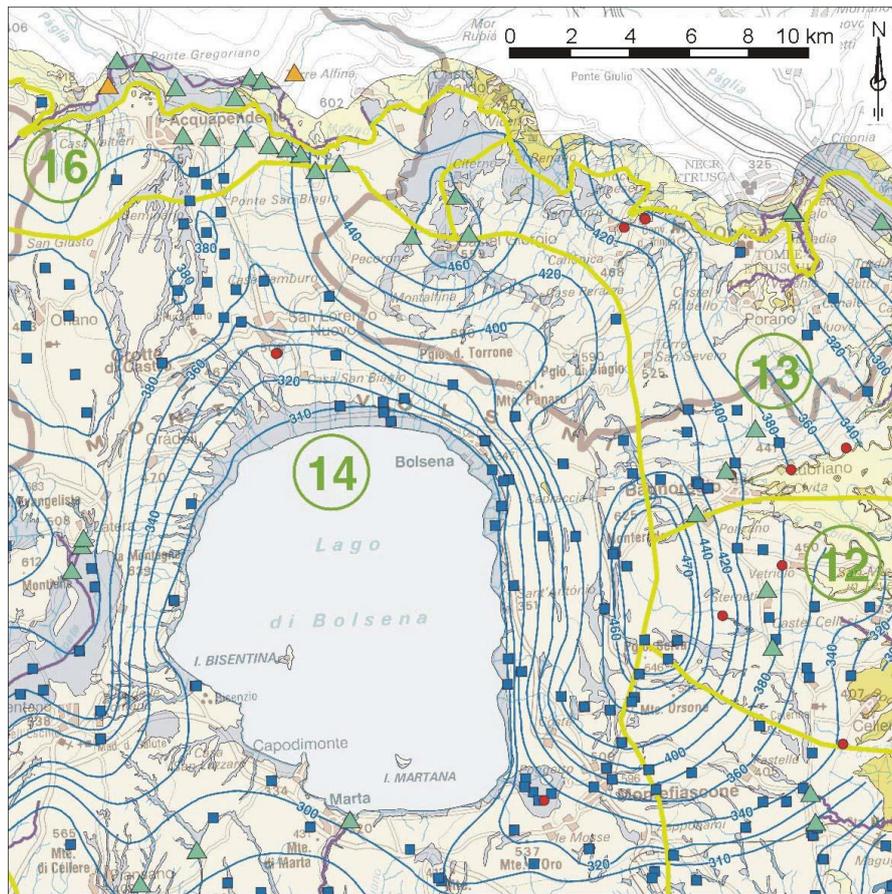
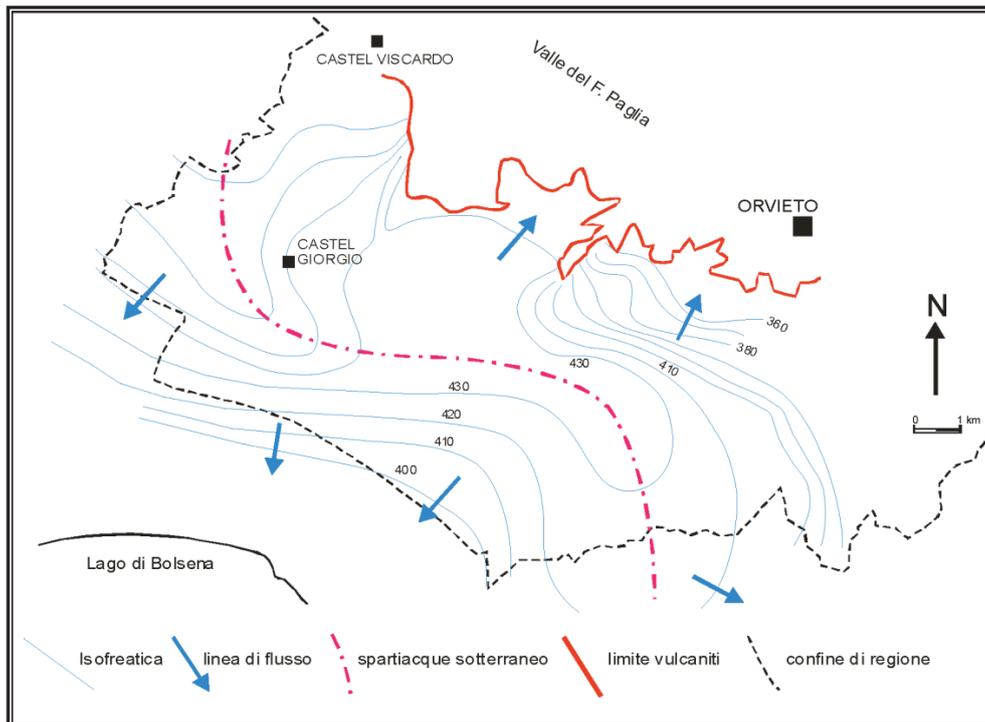


Figura 5. Carta piezometrica schematica dell'acquifero vulcanico dei Monti Vulsini (da Frondini et al., 2012)



Come ben spiegato da Pagano et al. (2000) "l'esatta delimitazione del limite idrogeologico nel settore nord-occidentale dell'acquifero (l'area di interesse dei progetti) è resa quanto mai difficoltosa dal

modestissimo gradiente idraulico della falda, per cui non è sempre agevole seguirne le culminazioni piezometriche, nonché dalla presenza di falde sospese più superficiali talora difficilmente distinguibili dalla basale. In questo senso è necessario considerare un certo margine di approssimazione nella delimitazione del bacino, per cui è lecito attendersi discostamenti anche nell'ordine di 1 km rispetto a quanto evidenziato. Va anche tenuto conto del fatto che, per via del modesto gradiente piezometrico, lo spartiacque idrogeologico è soggetto a migrazioni di carattere stagionale, o indotte da intense estrazioni attraverso pozzi, per cui la delimitazione del bacino così come rappresentata, deve essere intesa come condizione media”.

In ogni caso, tenuto conto della collocazione delle opere (si veda successiva Figura 8) e tralasciando il limite idrogeologico di Frondini et al. (2012) che appare significativamente diverso dagli altri, solo il tratto terminale della tubazione di reiniezione e i pozzi di reiniezione (sito CG14) del Progetto Castel Giorgio si collocano nell'area dove il drenaggio sotterraneo dell'acquifero delle vulcaniti è diretto verso il Lago di Bolsena. I pozzi di produzione di Castel Giorgio (siti CG1, CG2 e CG3) e tutte le opere del Progetto Torre Alfina sono invece ubicati nella zona dove il drenaggio è in direzione opposta, verso il fiume Paglia e poi il Tevere. Questi ultimi non possono pertanto avere alcuna influenza sul bacino idrogeologico del Lago di Bolsena. In ogni caso la valutazione della incidenza ambientale delle opere del progetto nella zona SIC del lago è riportata nell'Allegato D al SIA.

3. Geochimica delle acque sotterranee

Una descrizione della geochimica delle acque sotterranee della zona è contenuta nel lavoro di Frondini et al. (2012), che è stato riportato nello SIA (Paragrafo 4.2.2.2) e dal quale, ad ogni buon conto, sono tratte le seguenti considerazioni.

Le acque che circolano nel sistema vulcanico hanno un chimismo che varia da bicarbonato alcalino a bicarbonato-alcalino terroso. La salinità è bassa, generalmente inferiore a 300 mg/L. La conducibilità elettrica specifica mostra variazioni entro un intervallo limitato, con pochi campioni a conducibilità superiore ai 500 μ S/cm. Il pH presenta valori vicino al punto di neutralità o debolmente alcalini (7-7.5). La pressione parziale di anidride carbonica (pCO_2) varia tra 10-3 e 10-1.5 bar, ed è tipica di acque meteoriche che durante l'infiltrazione disciolgono la CO_2 presente nel suolo.

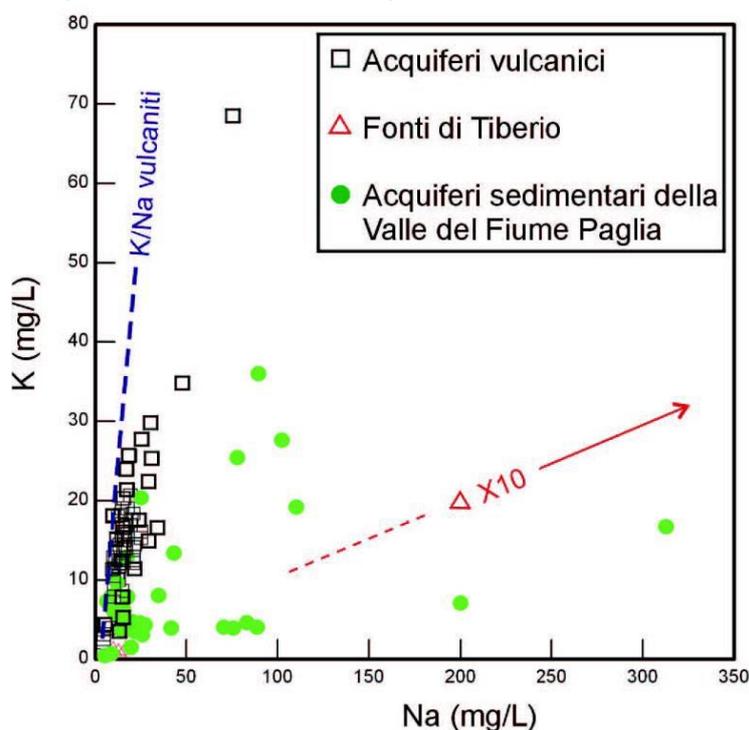
La composizione delle acque che circolano nelle vulcaniti è legata alle reazioni di alterazione delle rocce vulcaniche, che a partire da un idrotipo bicarbonato calcico, rappresentativo delle acque meteoriche, portano a un idrotipo bicarbonato alcalino, rappresentativo delle acque che hanno significativamente reagito con le rocce del complesso vulcanico. Le reazioni di alterazione dei minerali e del vetro vulcanico producono nuove fasi solide e portano in soluzione cationi (K, Na, ma anche Mg, Fe e Ca) e acido ortosilicico (H_4SiO_4). La sequenza di reazioni di alterazione prosegue fino a che la soluzione non raggiunge la saturazione in quarzo o in un'altra specie della silice (per motivi cinetici, spesso è la silice amorfa a governare il sistema) e in idrossidi di ferro e alluminio. I calcoli termodinamici indicano che tra le nuove fasi solide prodotte le più importanti sono: caolinite e/o halloysite, alcuni minerali del gruppo delle smectiti (K-beidellite), alcuni tipi di zeoliti e vari idrossidi di Fe e Al (goethite, gibbsite). Gli idrossidi di Fe e Al, precipitano inizialmente come particelle colloidali di dimensioni nanometriche e solo successivamente cristallizzano come fasi cristalline vere e proprie. Durante la flocculazione gli idrossidi possono adsorbire molti metalli sottraendoli alla soluzione.

Il diagramma Na vs K (Figura 6) mostra come il progressivo incremento in metalli alcalini (Na, K) avvenga con un rapporto Na/K quasi costante e molto vicino al rapporto ponderale medio delle rocce vulcaniche della zona. Solo i campioni con i contenuti totali di metalli

alcalini più elevati mostrano un rapporto Na/K leggermente più alto. Tale incremento è probabilmente legato all'interazione con i sedimenti Plio-Pleistocenici presenti alla base delle vulcaniti e/o alla rimozione differenziale di K e Na dalla soluzione durante la precipitazione dei minerali di alterazione.

Dallo stesso diagramma non si individuano significativi processi di miscela delle acque circolanti nelle vulcaniti con i fluidi profondi che caratterizzano i sistemi termali-geotermici di Fonti di Tiberio - Torre Alfina (nelle zone più meridionali dei Monti Vulsini, ad esempio nella zona di Latera-Canino, sono invece evidenti i processi di mixing tra acque superficiali e fluidi profondi). Nella parte settentrionale dei Monti Vulsini, l'acquifero vulcanico è quindi completamente isolato rispetto alla circolazione profonda grazie alla presenza dei sedimenti argillosi del Plio-Pleistocene e delle Liguridi che a scala regionale agiscono da aquicludi.

Figura 6. Diagramma Na-K per le Acque degli Acquiferi Vulcanici e Sedimentari della Zona di Torre Alfina (da Frondini et al., 2012)



Nel sistema vulcanico si distinguono una falda di base, che rappresenta il maggior corpo idrico della regione, e alcune piccole falde sospese. Il chimismo dei due tipi di acquiferi è molto simile, le principali differenze sono: un contenuto in silice più elevato e concentrazioni più elevate di Na, Li, F e As nella falda di base. Gli elementi che variano in modo più significativo tra i due tipi di falda sono il litio, che aumenta quasi di un ordine di grandezza passando dalle falde sospese alla falda di base, e il fluoro che aumenta di un fattore 4-5 (Figura 7).

Le differenze osservate sono causate sia dai tempi di interazione più lunghi delle acque che circolano nella falda di base sia dalla presenza dei sedimenti Plio- Pleistocenici alla base dell'acquifero.

Il principale corpo idrico dell'area di studio è la falda di base ospitata dalle vulcaniti Vulsine.

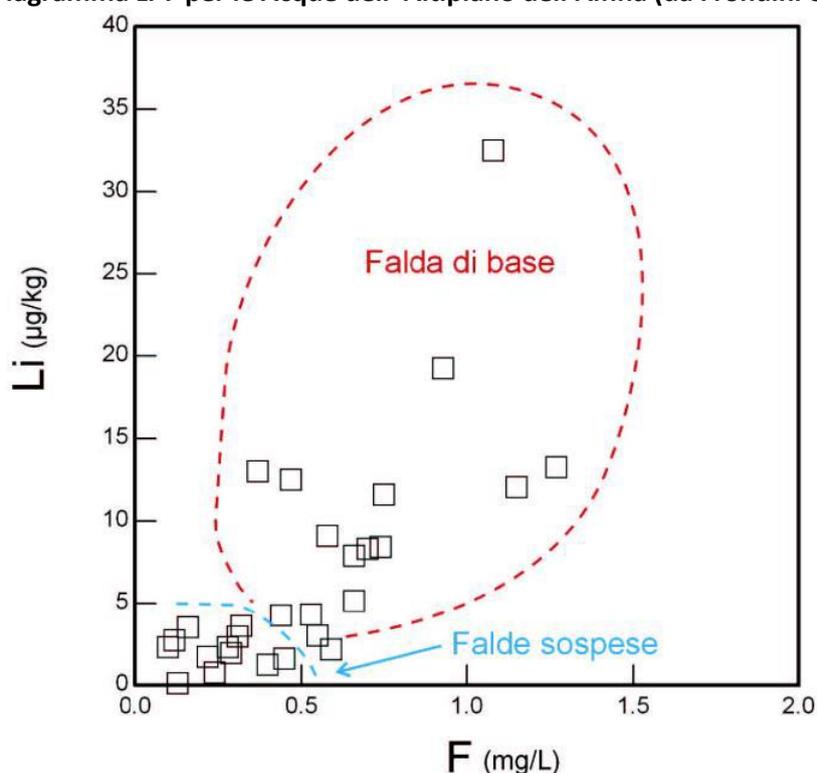
L'acquifero è completamente isolato rispetto alla circolazione profonda grazie alla presenza dei sedimenti argillosi del Plio-Pleistocene e delle Liguridi che a scala regionale agiscono da acquiclude.

Le acque circolanti nel sistema vulcanico sono di buona qualità, grazie alla bassa salinità e a un contenuto medio in nitrati inferiore a 30 mg/L. Solo l'8% dei campioni analizzati supera la concentrazione massima ammissibile di 50 mg/L. I maggiori problemi sono legati a fenomeni naturali e non dipendono da contaminazione antropica.

Molti campioni della falda di base sono infatti caratterizzati da valori di As superiori a 10 µg/l, fatto comune a gran parte degli acquiferi vulcanici dell'Italia centrale. Tali valori, considerati ammissibili fino al dicembre 2010 grazie a una deroga al D.Lgs 31/2001 sui tenori limite di As nelle acque sotterranee, concessa dal Ministero della Salute, non sono più ammissibili per un uso idropotabile della risorsa. Infatti, scaduta la deroga nel 2010, la concentrazione massima ammissibile di As è passata da 50 µg/l a 10 µg/l e molti campioni, precedentemente in regola con il vecchio valore di parametro (DPR236/1988), risultano ora non conformi con la nuova concentrazione limite definita dal D.Lgs 31/2001.

Un secondo problema riguarda le falde sospese che in occasione di periodi molto piovosi vedono aumentare le concentrazioni di Al molto al di sopra della concentrazione massima ammissibile di 200 µg/l (D.Lgs 31/2001). Non si tratta di alluminio disciolto come ione Al⁺³ ma di idrossidi di alluminio in particelle colloidali di dimensioni nanometriche, che vengono mobilizzate dai livelli superficiali alterati ad opera delle acque meteoriche. Dato che le falde sospese alimentano per drenanza la falda di base, nei periodi di massima contaminazione, anche le sorgenti della falda di base possono superare le concentrazioni massime ammissibili. Il processo di miscela tra acque della falda di base e acque delle falde sospese, varia in funzione della permeabilità locale. Tale processo a scala locale è molto importante per la qualità delle acque, infatti una contaminazione delle falde sospese può portare a un deterioramento della qualità anche nella falda di base, come è avvenuto in occasione della contaminazione da alluminio del 2010.

Figura 7. Diagramma Li-F per le Acque dell' Altipiano dell'Alfina (da Frondini et al., 2012)



4. Sorgenti e pozzi presenti nella zona di interesse dei Progetti

Nella Figura 8 è stata perimetrata con una linea rossa, su una basemap ESRI tratta da ArcGis 10.2, l'area di circa 1 km attorno alle installazioni minerarie degli impianti di Castel Giorgio e di Torre Alfina (fondo dei pozzi di produzione e di reiniezione), che sono tutte indicate nella figura.

Inoltre sono stati censiti e riportati in Figura 9 i pozzi d'acqua e le sorgenti che ricadono all'interno o in prossimità della linea rossa. Nella stessa figura sono riportati anche due pozzi esterni ma vicini alla linea rossa, siti rispettivamente nel Comune di Castel Viscardo e nel Comune di Castel Giorgio utilizzati a scopo di monitoraggio da ARPA-Umbria (pozzi ORV11 e P08-C18 tratti da www.arpa.umbria.it).

Nelle Tabelle 1 e 2 sono riportati, rispettivamente per le sorgenti e per i pozzi riportati in Figura 9, il numero di codice, la denominazione, la quota, la portata. I dati sono tratti da Capelli e Mazza (2007); come indicato dagli autori, alcuni punti d'acqua sono ripetuti perché contrassegnati da codici diversi nelle relazioni che li citano.

Tabella 1. Sorgenti ubicate all'interno dell'area di Figura 9.

Codice originario	Denominazione	Quota (m s.l.m.)	Portata (l/s)	Captata
001	Acquilone 2	425		no
002	Bagnolo 2	425	12	no
003	Acquilonaccio 2	429	12	no
004	Bagnolo	450	2	no
005	Le Lance	487	0,05	no
006	Casenove	500	0,01	no
007	Torraccia	503	0,02	no
008	Acquilone 1	475		no
009	Bagnolo 3	444		no
010	Bagnolo 4	445		no
012	Fontanelle (Case Nuove)	499	0,2	no
020	Acquilonaccio 1	450	3	no
032	Le Greppe	500	0,02	no
1	Trischi	493 500	2,7	no
15	Sugano	400 360	150 > 100	si si
16	Tione	375	30	si
	Podere S. Antonio	510		no
	Brinziolo 1	515		no
	Brinziolo 2	520		no
	F.so Camicelle 1	500		no
	F.so Camicelle 2	505		no
	S. Quirico (Sugano)	390	< 20	si
	Pod. Sassogna II 1	355	< 20	si
	Pod. Sassogna II 2	340	< 20	si
	Pod. Sassogna II 3	330	< 20	si
	Pod. Palombara	400		no
	Pod. Gualtieri	400		no
	Pod. dell'Acqua	370	< 20	si
	Pod S. Marco 1	340	< 20	si
	Pod. S. Marco 2	335	< 20	si
	Pod Morre	460		no
6	Le Vene	330	131,5	si
12	Le Fontane	390	5	si
924	Conce	290	1	si
925	Treggere	325	6,5	si

Tabella 2. Pozzi ubicati all'interno dell'area di Figura 9.

Codice originario	Denominazione	Tipologia	Quota (m s.l.m.)	Portata (l/s)
001	Pod. Palombaro	pozzo	480	10
002	Pacignano	pozzo	500	
003	Tesoro II	pozzo	477	
004	Pod. Capannaccia	pozzo irriguo	509	15
005		pozzo irriguo	485	15
007	C. Pulicaro 1	pozzo	520	
008	C. Pulicaro 2	pozzo	525	
009	C. pulicaro 3	pozzo	525	
011	Pod. Montecreto	sondaggio	535	
012 8 P21	Pod. Belvedere	pozzo	542	5/10
013 9	Pod. Alfina	pozzo	532	
014	Forno Vecchio	pozzo irriguo	530	
015 10	Pod. Torraccia	pozzo	547	5/6
016 13	C. Cedro	pozzo	525	
026	Pod. Fischio	sondaggio	544	
027 14 P29	Pod. Tevertino	pozzo	545	95
028 7 P30	Case Rosse	pozzo	554	5/6
030	com. Castel Viscardo			6
	Case Rosse 2		550	
031	C. Citermo	pozzo irriguo	557	
2	C. Citermo	pozzo	557	
3 P53	Pozzo comunale Castel Viscardo	pozzo	552	15 10
4	C. Sfarina	pozzo	552	9
P32				
5	Aeroporto	pozzo	553	
11	Pod. Molare	pozzo	531	
12 P54 314	Castel Giorgio (campo sportivo)	pozzo	537	9 12
P28	Pod. Tevertino	pozzo	547	5
P33	Brinziolo	pozzo	556	
P35	SS. Maremmana (ARPA)	pozzo	543	2/3
P36	Lagaccione	pozzo		5
P37	Tenuta Castel Verde	pozzo	373	30
P41	S. Donato (ARPA)	pozzo	503	0,7
P61	Citermo	pozzo	557	
P65	OV6	pozzo	553	13
	OV4a	pozzo	580	
	OV1	pozzo	480	
	Pullicara	pozzo	525	
	Palazzino	pozzo	560	0,5
A4	Forno Vecchino	p. geotermico	530	
A14	Struzzaglia	p. geotermico	535	
108	Case Rosse	p. geotermico	550	
P006	Ponte S. Biagio	pozzo	434	
P012	Facianello	pozzo	456	
P014	Monte Landro	pozzo	560	
256	I Cappuccini	pozzo	584	
304	C. Monte Petrocco	pozzo	410	
	S. Biagio	pozzo irriguo	432	
	Falconiera	pozzo	435	
	Cupellara	pozzo	389	
	Piantata	pozzo	428	
	Termine	pozzo	450	
	Torre Alfina	pozzo	532	1

Figura 8. Delimitazione dell'area compresa entro 1 km di distanza dalle installazioni degli impianti geotermici di Castel Giorgio (sigla pozzi CG) e di Torre Alfina (sigla pozzi AP). Sono indicati i pozzi di monitoraggio dell'ARPA Umbria (ORV 11 e P08-C18).

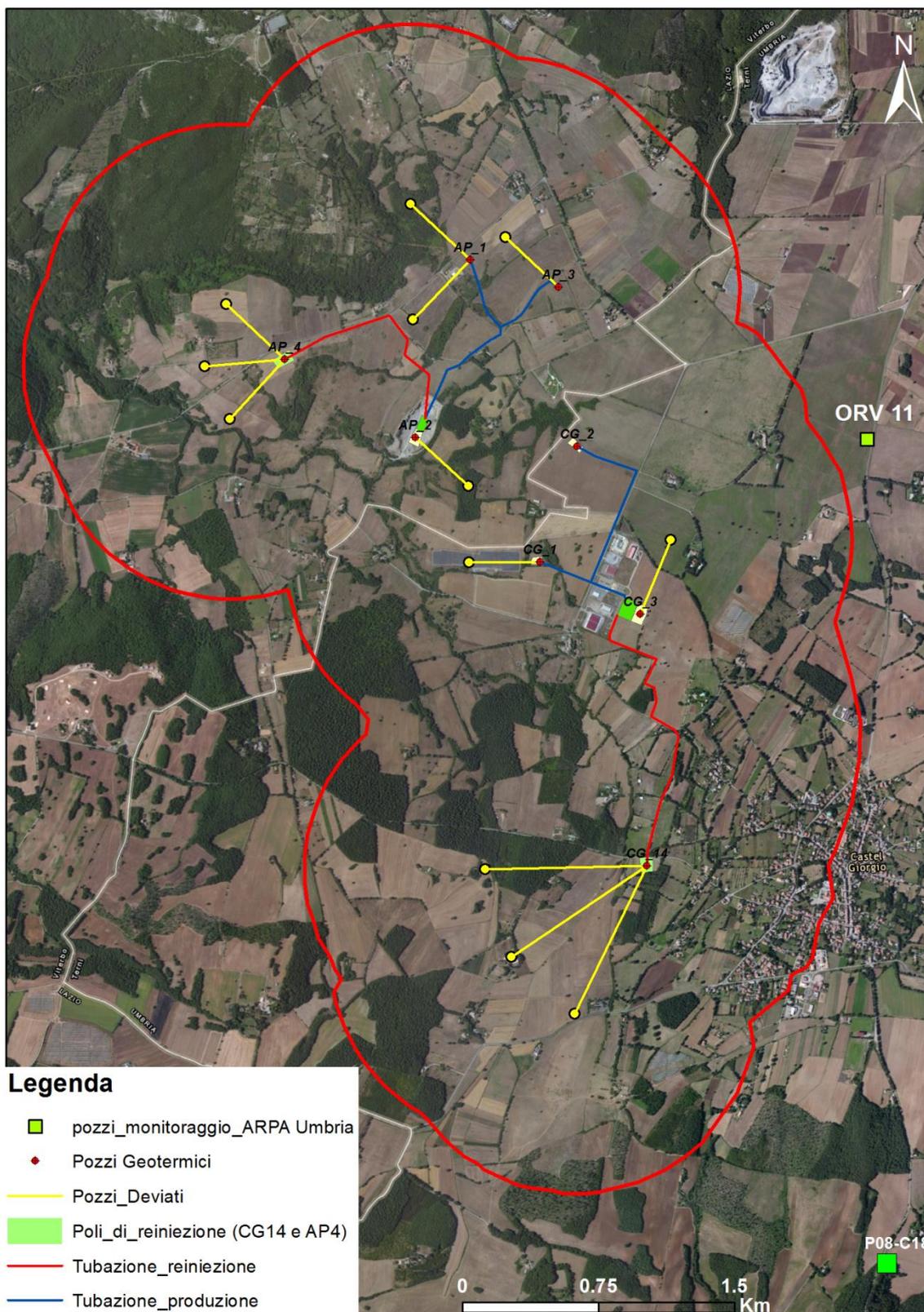
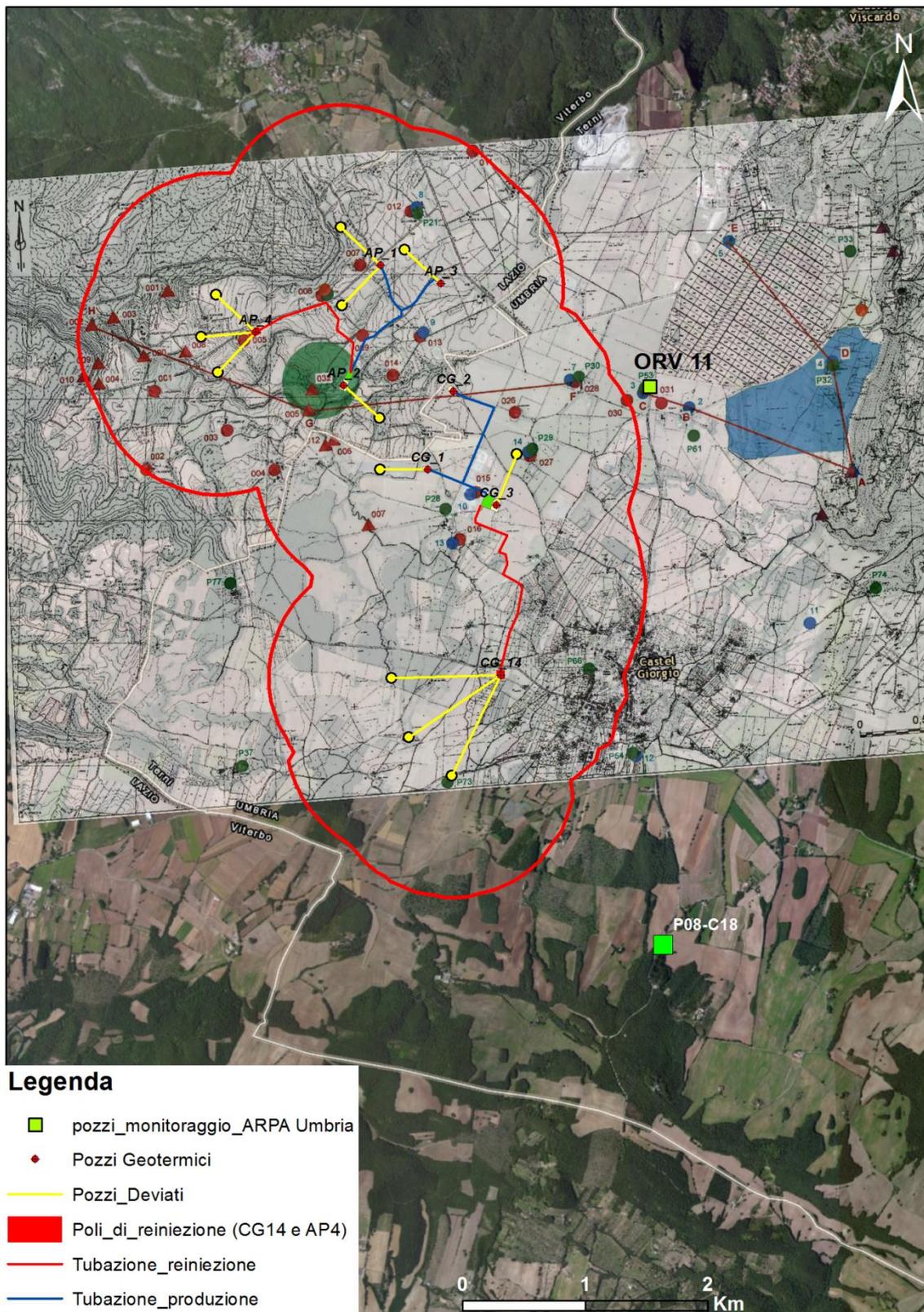


Figura 9. Ubicazione di sorgenti e pozzi all'interno dell'area delimitata dalla linea rossa distante 1 km dalle opere dei progetti Castel Giorgio e Torre Alfina. Dati da Capelli e Mazza (2007).

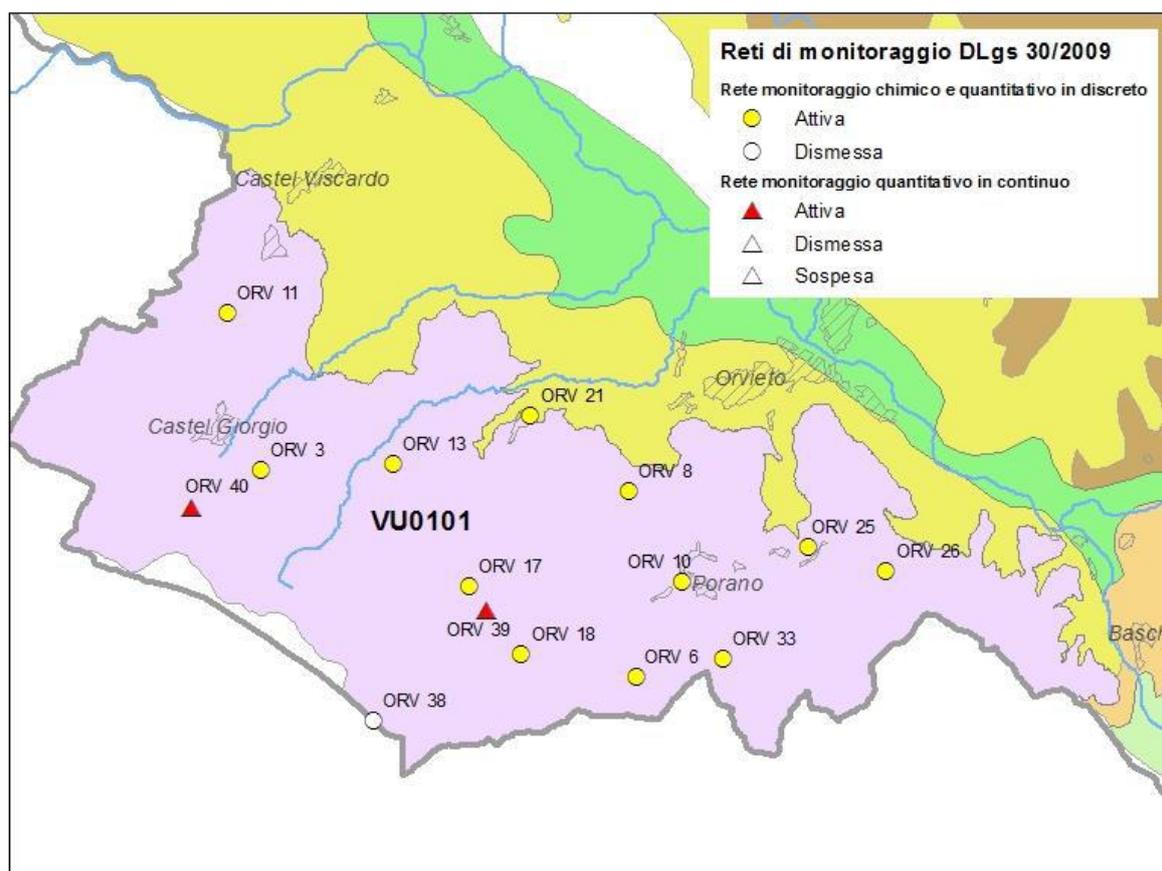


5. Piano di monitoraggio della falda acquifera

Rete di monitoraggio

L'attività di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei condotta dall'ARPA-Umbria comprende anche alcuni punti di monitoraggio dell'acquifero vulcanico nella zona di Castel Giorgio – Castel Viscardo. In particolare questi consistono di 3 pozzetti (ORV3-ORV11-ORV13) per il controllo chimico periodico e di un pozzetto (ORV40) per il controllo continuo del livello della falda mediante piezometro (vedi ubicazione in Figura 10).

Figura 10. Rete di monitoraggio degli acquiferi sotterranei nella zona dell'Orvietano, ARPA-Umbria



Come già indicato nello SIA del Progetto Castel Giorgio (vedi risposte alle richieste di integrazioni), nella rete di monitoraggio del proponente saranno inclusi tutti i 4 pozzetti per l'approvvigionamento idrico che verranno perforati nei pressi dei pozzi profondi (CG1, CG2, CG3, CG14, vedi Figura 8 per ubicazione). Analogamente nella rete di monitoraggio di Torre Alfina saranno ricompresi tutti i 4 pozzetti per l'approvvigionamento idrico che verranno perforati nei pressi delle piattaforme dei pozzi profondi (AP1, AP2, AP3, AP4, ubicazione in Figura 8).

Articolazione del monitoraggio e durata delle diverse fasi

In ognuno dei pozzetti il monitoraggio avrà inizio non appena sarà stata realizzato il pozzetto relativo, quindi prima dell'inizio della perforazione dei pozzi profondi dalla vicina piattaforma. Si possono prevedere, per ogni sito, un campionamento prima dell'inizio delle perforazioni profonde previo spurgo del pozzetto, un secondo alla fine delle perforazioni profonde e infine, a regime, un

campionamento ogni sei mesi sempre nello stesso periodo temporale per assicurarsi una similitudine di condizioni di falda. In caso di riscontro di anomalie chimico-fisiche, il campionamento verrà infittito seguendo le indicazioni che verranno fornite dalle ARPA di Umbria e Lazio.

Modalità di campionamento e parametri chimico-fisici monitorati

I campioni d'acqua verranno raccolti calando in pozzo il raccoglitore con cavo e arganetto oppure pompando direttamente acqua dal pozzetto in presenza di pompa sommersa installata nello stesso.

Poiché il monitoraggio ha l'obiettivo di verificare eventuali fenomeni di inquinamento tra l'acquifero superficiale e quello geotermico profondo si prevede il monitoraggio di "traccianti" del sistema profondo. Questi sono costituiti da boro, cloruri e solfati.

Nel primo campionamento verranno analizzati anche gli isotopi deuterio (δD) e ossigeno ($\delta 18O$) dell'acqua.

Nei pozzetti indicati verrà quindi eseguito il monitoraggio delle seguenti sostanze:

- Boro totale;
- Cloruri;
- Solfati.

All'atto del campionamento saranno inoltre misurati:

- pH;
- temperatura;
- conducibilità.

Le analisi relative al primo campionamento rappresenteranno i valori di fondo di riferimento per il successivo monitoraggio.

Modalità di acquisizione dei dati e di pubblicazione dei risultati

La campionatura e le analisi chimico-fisiche all'atto del campionamento e successive di laboratorio saranno effettuate da INGV, Ente pubblico di ricerca, in base ad una Convenzione con il proponente. I risultati saranno immediatamente trasmessi all'ARPA di competenza (Umbria per il progetto Castel Giorgio, Lazio per il progetto Torre Alfina), con la quale l'INGV concorderà preventivamente le modalità di campionamento e di analisi. I dati analitici acquisiti saranno conservati in una banca dati dedicata che sarà resa accessibile ad ogni Ente Pubblico che ne abbia titolo.

Individuazione, per ogni parametro monitorato, delle soglie di attenzione e di allarme

Le soglie di attenzione e di guardia verranno stabilite in armonia con le disposizioni normative specifiche (D.Lgs 31/2001 e 152/2006) e d'intesa con l'ARPA Umbria e l'ARPA Lazio.

A titolo indicativo, si ricorda che secondo le disposizioni normative citate (Allegato I, parte B e parte C del D.Lgs 31/2001), il valore "soglia di guardia" per i parametri di monitoraggio indicati è il seguente:

- Boro 1,0 mg/l
- Cloruri 250 mg/l
- Solfato 250 mg/l

Il valore “soglia di attenzione” è pari all’80% del valore “soglia di guardia” per ogni parametro. Dall’esame delle analisi chimiche del fluido geotermico di Castel Giorgio-Torre Alfina (*Buonasorte et al., 1988*) risulta che esso ha valori elevati di boro e cloruri, ma relativamente bassi di solfati.

L’eventuale superamento delle soglie di attenzione verrà pertanto valutato in relazione alle concentrazioni di boro e cloruri nelle acque dei pozzetti monitorati.

Piano di intervento

Come ampiamente descritto nello SIA, la possibilità di inquinamento della falda è esclusa alla radice. Tuttavia, qualora si verificasse il superamento della soglia di attenzione per uno dei traccianti principali monitorati (boro e cloruri) verrà adottata la seguente procedura:

- il gestore del piano di monitoraggio (*Gestore*) darà comunicazione all’autorità di controllo del superamento della soglia di attenzione;
- il Gestore e l’autorità di controllo stabiliranno i tempi e le ulteriori indagini da eseguire per comprendere le ragioni dell’anomalia e la sua origine (non necessariamente legate all’esercizio degli impianti);
- in seguito alla diagnosi verranno concordate le azioni da intraprendere e l’eventuale piano di intervento.

6. Riferimenti bibliografici.

Capelli G, Mazza R, Gazzetti C, (Eds)(2005). Strumenti e strategie per la tutela e l’uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio – Gli acquiferi vulcanici. Quaderno n°78 – Tecniche di protezione ambientale-Sezione: protezione delle acque sotterranee. Pitagora Editrice.

Capelli G., Mazza R. (2007). Studio Idrogeologico per la predisposizione alla variante del PRG.S del Comune di Orvieto (TR). Sito web: www.comune.orvieto.tr.it

Froncini F., Francesconi F., Fratini S., Checcucci R. (2012). “Geochemica delle acque sotterranee nel settore settentrionale dei Monti Vulsini”. Giornate Itineranti SoGel. La valutazione del rischio geochemico: nuovi strumenti per una gestione sostenibile del territorio. Perugia 5-6 luglio 2012.

Pagano G., Menghini A., Floris S. (2000). Bilancio idrogeologico del bacino Vulsino. Geologia Tecnica e Ambientale, n°3.