

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO E ANALISI	3
2.1 INQUADRAMENTO ATTIVITÀ	3
2.2 CAMPIONAMENTO ACQUE SOTTERRANEE	3
2.3 ANALISI ACQUE SOTTERRANEE	4
3. INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DATI	7
3.1 PRESUPPOSTI ALL'ANALISI DEI DATI.....	7
3.2 CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLE ANALISI TOSSICOLOGICHE.....	9
3.3 DESCRIZIONE IDROGEOLOGICA DEGLI ACQUIFERI.....	11
3.4 ANALISI PUNTUALE	19
4. CONCLUSIONI.....	29

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – verbali di campionamento

ALLEGATO 2 – referti analitici

ALLEGATO 3 – schede anagrafiche punti di campionamento acque sotterranee

TAVOLE

TAVOLA 1 – Ubicazione punti di campionamento

Il presente documento costituisce la relazione sui risultati del proseguimento del monitoraggio delle acque sotterranee dell'area di competenza pubblica compresa nell'area di perimetrazione del Sito di Interesse Nazionale di Pitelli.

Le prime campagne di monitoraggio sono state effettuate nel corso della caratterizzazione delle aree pubbliche della parte a terra affidata ad ARPAL con DGR n. 1707 del 29.12.2002, integrata con DGR n. 1028 del 07.08.2003.

I risultati della caratterizzazione sono stati trasmessi con nota n. 12397 del 03.11.2005 ed approvati nel corso della Conferenza dei Servizi decisoria del 06.04.2006.

Il proseguimento delle attività di monitoraggio delle acque sotterranee sui piezometri installati nel corso della caratterizzazione sopra citata, è stato effettuato sulla base di quanto previsto dalla DGR n. 865 del 04.08.2006 che stabilisce la prosecuzione delle campagne di monitoraggio per ulteriori quattro anni rispetto al programma approvato con DGR 1028/2003. La cadenza stagionale di tali campagne prevede quattro campionamenti all'anno per i primi due anni ed un campionamento ogni sei mesi per i successivi due anni.

La presente relazione rappresenta un report intermedio ed illustra i risultati fino ad oggi prodotti, mentre l'intera attività di monitoraggio proseguirà fino a dicembre 2010.

La relazione dopo una premessa che inquadra l'attività svolta nelle fasi di campionamento e analisi delle acque, illustra i criteri impiegati per la valutazione dei risultati ottenuti e riporta una descrizione idrogeologica degli acquiferi, un'analisi dei risultati analitici per singolo piezometro e una sintesi conclusiva nella quale si propone per i restanti 2 anni un aggiornamento delle attività previste nella DGR 865/2006 sulla base delle conoscenze acquisite.

2. ATTIVITA' DI CAMPIONAMENTO E ANALISI

2.1 INQUADRAMENTO ATTIVITÀ

Poiché le attività svolte sono riconducibili al programma del 2° e 3° anno di monitoraggio delle acque sotterranee previsto nel piano di caratterizzazione delle aree pubbliche del sito di interesse nazionale di Pitelli, le modalità e le procedure operative applicate sono state le medesime adottate durante la prima fase di esecuzione del piano di caratterizzazione, realizzata nel periodo compreso tra ottobre 2004 e ottobre 2005.

Sono stati monitorati almeno una volta tutti i 23 piezometri resi operativi nella prima fase di caratterizzazione. I piezometri S06, S18, S21, S23 e S24, risultati sempre privi di falda sia nel 1° anno di monitoraggio che nelle prime campagne del 2° anno di monitoraggio, non sono più stati monitorati. Analogamente non sono più stati monitorati i piezometri S21bis e S05 in quanto, seppur in alcuni periodi sia stato rilevato un certo battente freaticometrico all'interno degli stessi, la ricarica della falda è risultata sempre talmente lenta da non permetterne il campionamento (circa 500 ml/10-20 min.).

Come già anticipato in premessa, rispetto al primo anno di monitoraggio, è cambiata la frequenza delle campagne di prelievo passando da controlli con cadenza bimestrale a controlli con cadenza stagionale (3 mesi).

2.2 CAMPIONAMENTO ACQUE SOTTERRANEE

Relativamente ai 16 piezometri campionati regolarmente, a partire da ottobre 2006 fino a novembre 2008 sono state effettuate 9 campagne di prelievo. Le nuove campagne sommate alle 7 effettuate nel primo anno di monitoraggio portano ad un totale di 16 campagne realizzate. In concomitanza con le attività di campionamento sono sempre state fatte coincidere le campagne di rilievo freaticometrico e quelle di rilievo dei parametri chimico-fisici delle acque (T°, pH, Cond., Redox, O₂).

Di seguito (Tab. 2.1) si riportano, per ciascuno dei piezometri installati, i campioni di acqua sotterranea prelevati (codificati con la sigla da STEP 08 a STEP16, a seconda della campagna) con l'indicazione della data di campionamento.

In totale sono stati, quindi, prelevati e analizzati 134 campioni di acque sotterranee. In **All. 1** sono riportati tutti i verbali di campionamento relativi al 2° e 3° anno di monitoraggio.

Tab. 2.1

Punto	STEP08	STEP09	STEP10	STEP11	STEP12	STEP13	STEP14	STEP15	STEP16
S01	10/10/06	07/02/07	24/05/07	30/07/07	21/11/07	22/01/08	28/05/08	30/07/08	26/11/08
S01bis	10/10/06	06/02/07	24/05/07	30/07/07	21/11/07	22/01/08	29/05/08	30/07/08	26/11/08
S02	25/10/06	05/02/07	23/05/07	01/08/07	21/11/07	31/01/08	///	31/07/08	18/11/08
S03	19/10/06	07/02/07	24/05/07	02/08/07	28/11/07	30/01/08	04/06/08	12/08/08	24/11/08
S04	11/10/06	23/01/07	23/05/07	24/07/07	22/11/07	16/01/08	26/05/08	31/07/08	17/11/08
S07	25/10/06	07/02/07	05/06/07	///	29/11/07	24/01/08	///	///	12/11/08
S08	12/10/06	07/02/07	22/05/07	11/07/07	13/11/07	09/01/08	26/05/08	04/08/08	17/11/08
S12	18/10/06	08/02/07	15/05/07	31/07/07	27/11/07	23/01/08	///	06/08/08	20/11/08
S13	18/10/06	08/02/07	15/05/07	31/07/07	27/11/07	23/01/08	///	06/08/08	20/11/08
S14	16/10/06	01/02/07	15/05/07	19/07/07	20/11/07	10/01/08	27/05/08	04/08/08	13/11/08
S15	26/10/06	22/01/07	22/05/07	25/07/07	20/11/07	24/01/08	04/06/08	11/08/08	17/11/08
S16	12/10/06	01/02/07	08/05/07	///	20/11/07	10/01/08	27/05/08	///	13/11/08
S17	11/10/06	05/02/07	14/05/07	02/08/07	20/11/07	17/01/08	29/05/08	06/08/08	24/11/08
S19	16/10/06	13/02/07	23/05/07	12/07/07	26/11/07	21/01/08	26/05/08	29/07/08	12/11/08
S20	17/11/06	22/01/07	22/05/07	///	26/11/07	17/01/08	05/06/08	07/08/08	19/11/08
S22	25/10/06	13/02/07	14/05/07	31/07/07	29/11/07	30/01/08	///	07/08/08	19/11/08

2.3 ANALISI ACQUE SOTTERRANEE

Rispetto al 1° anno di monitoraggio, dove le analisi venivano effettuate in parte dal laboratorio ARPAL di Imperia e in parte dal laboratorio ARPAL della Spezia, nelle campagne del 2° e 3° anno le determinazioni analitiche dei parametri chimici sono state svolte tutte dal laboratorio ARPAL della Spezia, ad eccezione dei parametri clorofenoli e del cloruro di vinile la cui determinazione è stata affidata al laboratorio AMGA di Genova. Il profilo analitico che riporta l'indicazione dei parametri e delle metodiche adottate nell'analisi delle acque sotterranee è riportato nella seguente tabella (Tab. 2.2), mentre tutti i referti analitici sono riportati in **All. 2**. Si ricorda che, in continuità con quanto già effettuato nelle prime sette campagne, l'analisi delle salmonelle è stata effettuata su tutti i campioni di acqua prelevati e le analisi di tossicità, come previsto, sono state effettuate sui campioni prelevati nel corso di tutte le campagne relative ai seguenti piezometri: S01, S01bis, S07, S08, S12, S15, S17.

Si evidenzia, infine, che in alcune campagne le determinazioni analitiche dei metalli sono state erroneamente effettuate su campioni non filtrati. Al fine di valutare l'effetto della

mancata filtrazione nelle ultime tre campagne per lo stesso campione le determinazioni sono state fatte sia su aliquote filtrate che non filtrate. Tale procedura adottata ha anche permesso di trarre utili indicazioni sulla solubilità dei vari metalli e di conseguenza ha permesso di formulare ipotesi sull'origine della loro presenza, ove possibile, nelle acque sotterranee. Nel capitolo successivo sono commentati e analizzati i risultati ottenuti.

Tab. 2.2

Parametro	Metodo	Unità di misura	Limite di quantif.
1,1,1-Tricloroetano	Met. Int C177. SP	microg/l	0.15
1,1,2-Tricloroetano	Met. Int C177. SP	microg/l	0.75
1,2-Dicloroetano	Met. Int C177. SP	microg/l	0.3
Ammoniaca come NH ₄ ⁺	Met. Int.	mg/l	0.05
Arsenico come As	ISO 17294-2	microg/l	1
Benzene	Met. Int C177. SP	microg/l	0.15
Benzo(a)pirene	APAT-IRSA-CNR 5080	microg/l	0.004
Benzo(b)fluorantene	APAT-IRSA-CNR 5080	microg/l	0.009
Benzo(g,h,i)perilene	APAT-IRSA-CNR 5080	microg/l	0.004
Benzo(k)fluorantene	APAT-IRSA-CNR 5080	microg/l	0.001
Bromodichlorometano	Met. Int C177. SP	microg/l	0.025
Cadmio come Cd	ISO 17294-2	microg/l	0.2
Calcio come Ca	ISTISAN 07/31	mg/l	0.2
Fenolo	EPA 528 H	microg/l	0.1
2-Clorofenolo	EPA 528 H	microg/l	0.1
2,4-Diclorofenolo	EPA 528 H	microg/l	0.1
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 528 H	microg/l	0.1
Pentaclorofenolo	EPA 528 H	microg/l	0.1
Cianuri totali come CN	EPA9010 + EPA9014	microg/l	4
Cloruri come Cl	ISTISAN 07/31	mg/l	0.05
Cloruro di vinile	ISS CAA 036	microg/l	0.5
Cromo come Cr	ISO 17294-2	microg/l	1
Cromo esavalente come Cr	EPA 7196	microg/l	3
Dibromoclorometano	Met. Int C177. SP	microg/l	0.1
Durezza totale	calcolo	°F	
Enterococchi	ISO 7899-2:2000	UFC/100 ml	1
Escherichia coli	APAT – IRSA 7030/F	UFC/100 ml	1
Etilbenzene	Met. Int C177. SP	microg/l	0.1
Idrocarburi totali	APAT-IRSA-CNR 5160B	microg/l	8
Indeno(1,2,3-cd)pirene	APAT-IRSA-CNR 5080	microg/l	0.01

Σ IPA	calcolo	microg/l	
Magnesio come Mg	ISTISAN 07/31	mg/l	0.1
Materiali in sospensione	APAT-IRSA-CNR 2090B	mg/l	1
Mercurio come Hg	APAT-IRSA-CNR 29/03	microg/l	0.2
Nichel come Ni	ISO 17294-2	microg/l	1
Nitrati come NO3	ISTISAN 07/31	mg/l	0.05
Nitriti come NO2	ISTISAN 07/31	mg/l	0.01
Para-xilene	Met. Int C177. SP	microg/l	0.1
PCB	IRSA CNR 5110	microg/l	0,005
Piombo come Pb	ISO 17294-2	microg/l	0.5
Potassio come K	ISTISAN 07/31	mg/l	0.2
Rame come Cu	ISO 17294-2	microg/l	1
Saggio di tossicità acuta con Daphnia magna - effetto dopo 24 h	IRSA-CNR	%	
Saggio di tossicità acuta con Daphnia magna condotto in aerazione - effetto dopo 24 h	IRSA-CNR	%	
Saggio di tossicità acuta con Daphnia magna - EC 50 dopo 24 h	IRSA-CNR	%	
Saggio di tossicità con Vibrio fischieri - effetto 5 min. contatto	Microtox System	%	
Saggio di tossicità con Vibrio fischieri - effetto 15 min. contatto	Microtox System	%	
Saggio di tossicità con Vibrio fischieri - effetto 30 min. contatto	Microtox System	%	
Saggio di tossicità con Vibrio fischieri - EC 50 5 min. contatto	Microtox System	%	
Saggio di tossicità con Vibrio fischieri - EC 50 15 min. contatto	Microtox System	%	
Saggio di tossicità con Vibrio fischieri - EC 50 30 min. contatto	Microtox System	%	
Salmonella s.p.p. in 1000ml	APAT-IRSA-CNR 7080	A/P	
Sodio come Na	ISTISAN 07/31	mg/l	0.1
Solfati come SO4	ISTISAN 07/31	mg/l	0.1
Spore di clostridi solfito riduttori	APAT-IRSA-CNR 7060B	UFC/100ml	1
Stirene	Met. Int C177. SP	microg/l	0.1
Tetracloroetilene	Met. Int C177. SP	microg/l	0.025
TOC	UNI EN 1484	mg/l	0.5
Toluene	Met. Int C177. SP	microg/l	0.1
Tribromometano	Met. Int C177. SP	microg/l	0.15
Tricloroetilene	Met. Int C177. SP	microg/l	0.05
Triclorometano	Met. Int C177. SP	microg/l	0.15
Tetracloruro di carbonio	Met. Int C177. SP	microg/l	0.1
Zinco come Zn	APAT-IRSA-CNR 29/03	microg/l	50

3. INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DATI

3.1 PRESUPPOSTI ALL'ANALISI DEI DATI

Prima di entrare nel merito dell'analisi dei dati ottenuti dal monitoraggio relativi sia all'inquadramento generale dell'assetto idrogeologico dell'area in esame, sia ai singoli punti di monitoraggio, è necessario illustrare i criteri metodologici adottati per l'interpretazione dei dati.

In generale si sono applicati i seguenti principi valutativi:

- la presenza nelle acque sotterranee di superi delle concentrazioni dei metalli rispetto alle concentrazioni limite di riferimento è stata di volta in volta analizzata partendo dal presupposto che l'origine potesse essere sia naturale che antropica.
- I superi rilevati per il parametro **solfati** sono stati valutati, tenuto conto dello studio effettuato da ARPAL con Università di Genova e ACAM sulla natura dei solfati nelle acque sotterranee del sito di Pitelli.
- La presenza, pressoché ubiquitaria, di **manganese** in concentrazioni elevate, rilevata nel primo anno di monitoraggio, è stata attribuita ad un elevato grado di solubilità del metallo presente naturalmente nei terreni e legata a particolari condizioni di pH, redox e di altri composti presenti nell'acquifero. Pertanto, tenuto conto che la determinazione del parametro manganese non era prevista nella *short list* del sito di Pitelli e che non esiste un inquinamento diretto della falda per sversamento o percolamento di soluzioni contenenti manganese, si è ritenuto in questa fase di non continuare a determinare tale parametro nelle campagne di monitoraggio. Si propone invece di affidare ad uno studio specifico, come già sviluppato per il parametro solfati, l'approfondimento relativo ai meccanismi che portano in soluzione nelle acque sotterranee il manganese contenuto nei terreni.
- Le concentrazioni di **ammoniaca**, seppur prive di limiti normativi specifici per la presenza nelle acque sotterranee, sono state valutate in correlazione agli altri risultati, in quanto la presenza di ammoniaca nelle acque sotterranee è

notoriamente riconosciuta come tracciante di inquinamento antropico (es. *presenza di scarichi fognari o percolati di discariche*).

- Come detto al precedente capitolo nel caso delle campagne P08, P09, P10 e P11 le determinazioni analitiche sui metalli sono state effettuate su aliquote non filtrate, mentre nelle ultime tre campagne (P14 - P15 - P16) su entrambe le matrici, filtrate e non filtrate. Dall'analisi dei dati si è cercato di capire, in particolar modo per il Piombo, l'origine della presenza nelle acque di metalli, imputabile o a percolazione di acque inquinate/dilavamento di terreni inquinati (*presenza del metallo in soluzione*), o a interferenze dovute alle attività di campionamento e alle condizioni al contorno (fenomeno di *cross contamination* con trasporto in sospensione di particelle metalliche presenti in superficie ed entrate in contatto con gli strumenti di campionamento). Nel caso di doppia determinazione del parametro (su aliquota filtrata e non filtrata) si è comunque utilizzato il risultato riferito alla frazione filtrata per il confronto con il valore della Concentrazione Limite Ammissibile (CLA), come previsto dalla legge.
- La presenza anche di un unico supero delle concentrazioni di un qualsiasi **composto organico** (IPA, solventi clorurati, idrocarburi totali, idrocarburi aromatici, PCB) rispetto alle CLA di riferimento, o la costante presenza anche solo in tracce, è stata valutata comunque come un'anomalia di origine antropica. L'anomalia riscontrata è stata quindi ricondotta a tre possibili casistiche (*anomalia da attribuire alle operazioni di campionamento e analisi; inquinamento indotto da condizioni e caratteristiche al contorno del punto di prelievo; inquinamento intrinseco dell'acqua di falda*) sulla base dei criteri descritti nei successivi punti.
- Per i **parametri microbiologici** monitorati, pur non esistendo un riferimento di legge specifico nelle acque sotterranee, la valutazione dei dati è stata effettuata utilizzando gli stessi criteri adottati per i composti organici prendendo in considerazione come riferimento standard le concentrazioni relative a campioni di acqua sotterranee non soggette a impatto antropico.

Riferendosi quindi ai composti organici e ai parametri microbiologici, in quanto le concentrazioni dei metalli, come sopra scritto, sono state valutate caso per caso, sono stati definiti i seguenti possibili scenari:

- A.** Nel caso siano stati rilevati massimo due superi, anche nella stessa campagna, per parametri diversi e con almeno tre campagne esenti da superi e successive all'ultimo supero rilevato, sono stati valutati come **anomalie casuali** e intrinseche alle attività di campionamento e analisi.
- B.** Nel caso siano stati rilevati più di due superi per parametri diversi anche nella stessa campagna ma non correlabili ad un trend, i medesimi sono stati valutati come **inquinamento indotto da condizioni e caratteristiche al contorno del punto di prelievo e non intrinseco alle acque di falda**. Tali risultati sono stati comunque confrontati con quelli reattivi ai piezometri posti nelle vicinanze per discriminare tra fenomeno puntuale o diffuso caratteristico di una particolare area.
- C.** Nel caso siano stati rilevati più superi in più campagne anche per un solo parametro ma tali da definire un trend, questi sono stati valutati come **inquinamento intrinseco dell'acqua di falda**, e, come al punto precedente, i risultati sono stati confrontati con quelli dei piezometri al contorno per poter discriminare tra inquinamento puntuale o diffuso della falda.

Oltre alla casistica sopra descritta, è stata considerata significativa e oggetto di valutazione specifica la condizione in cui le acque di un piezometro sono state caratterizzate nell'arco di tutte le campagne di monitoraggio da una presenza ripetuta, anche se solo in tracce, di uno o più composti organici, tale da individuare un trend.

Nel paragrafo 3.4, sulla base dei criteri di valutazione qui descritti, sono stati analizzati i dati per singolo piezometro, con proposta per ciascuno di proseguire il monitoraggio, anche con eventuali aumenti di frequenza rispetto al programmato, o interromperlo a seconda delle criticità ambientali o meno rilevate e della posizione strategica del piezometro valutato. Tali proposte, se recepite, andranno intese come modifica del programma di monitoraggio definitivo in fase di progettazione del Piano di Caratterizzazione.

3.2 CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLE ANALISI TOSSICOLOGICHE

Rimandando alla relazione generale del Piano di Caratterizzazione per la trattazione più completa dell'argomento, per quanto riguarda le analisi tossicologiche si ribadiscono in questo paragrafo:

- le considerazioni per cui si è ritenuto utile effettuare tali determinazioni,

- l'approccio metodologico seguito,
- i criteri adottati per la valutazione dei dati.

Anche se non specificatamente normati, si è ritenuto significativo effettuare dei test di tossicità nella matrice acque sotterranee per verificare la biodisponibilità degli inquinanti e valutare, confrontando i test con i risultati chimici ottenuti, possibili correlazioni tra le diverse matrici indagate.

Come nel 1° anno di monitoraggio sono stati effettuati test esclusivamente di tipo acuto e per dare un maggior peso alla validità dei dati, sono stati effettuati test "multispecie". In particolare gli organismi test utilizzati sono stati il crostaceo *Daphnia magna* e il batterio bioluminescente *Vibrio fischeri*.

Il test di tossicità acuta con *Daphnia magna*, utilizzato in particolare per valutazioni su inquinamento da metalli pesanti, è stato realizzato applicando le procedure indicate da APAT/IRSA/CNR 80/20 e UNIENISO 6341/1999.

I risultati sono stati espressi sia in termini di percentuale di organismi morti/immobili che come valore di EC 50 o 20, ovvero come concentrazione della sostanza tossica che determina la morte/immobilità rispettivamente del 50% o del 20% degli organismi impiegati nel test.

Il test di tossicità acuta con *Vibrio fischeri*, utilizzato in particolare per valutazioni su inquinamento da composti organici e volatili, è stato adattato alle condizioni di acqua dolce dei campioni analizzati mediante un accorgimento (aggiunta di sale al campione di acqua), in quanto il batterio vive normalmente in ambiente marino. Anche in questo caso i risultati sono stati espressi in termini di percentuale di organismi che subiscono l'effetto (riduzione della bioluminescenza) che come valore di EC 50 o 20, ovvero come concentrazione della sostanza tossica che determina un effetto di riduzione di bioluminescenza rispettivamente del 50% o del 20%.

Da un punto di vista dei criteri utilizzati per la valutazione dei dati, si è fatto riferimento come per il primo anno di monitoraggio allo studio effettuato da Kenaga nel 1978 e utilizzato sia nelle procedure di valutazione dell'ARPA Piemonte sia nelle linee guida di ARPAL sul "metodo di valutazione della Tossicità acuta in campioni acquosi."

3.3 DESCRIZIONE IDROGEOLOGICA DEGLI ACQUIFERI

Tenendo presente quanto già descritto nella relazione del piano di caratterizzazione circa l'inquadramento idrogeologico generale dell'area in esame (cap. 4.4 e cap. 8), nel presente paragrafo verranno brevemente illustrati i principali sistemi di circolazione idrica sotterranea supportati dall'aggiornamento dei dati ricavati dal 2° e 3° anno di monitoraggio.

In particolare si conferma all'interno dei piezometri un comportamento idrogeologico a scala regionale ed uno a scala locale a seconda dell'ubicazione e della profondità dei medesimi. Riguardo al primo, il comportamento risulta sostanzialmente omogeneo, per l'assenza di significativi livelli impermeabili (acquiclide) e di strutture idrogeologicamente rilevanti. Si rileva un modesto acquifero alluvionale nella piana del Canale Fossamastra, che interessa assai parzialmente l'area pubblica perimetrata e, in misura minore, nella più ristretta valle del Rio Pagliari, ed un acquifero profondo in roccia.

Le ormai molteplici campagne di monitoraggio confermano in maniera evidente quanto già elaborato in precedenti studi circa la scarsa produttività dell'acquifero alluvionale, imputabile alla presenza di una frazione fine, limosa e argillosa, sempre importante e verificabile in quei piezometri poco profondi e attestati solo nell'acquifero alluvionale attraverso l'abbassamento repentino dei livelli freaticometrici in presenza anche di portate di emungimento costanti modeste (1,8÷18 l/min), e ad una conseguente ricarica della falda a termine emungimento lenta e difficoltosa.

Nella figura 3.1 sono stati riportati unitamente alle precipitazioni, l'andamento nel tempo (ottobre 2004 – novembre 2008) dei livelli piezometrici, riferiti al livello medio marino, misurati in tutti i piezometri monitorati. La figura è suddivisa in due grafici, ciascuno dei quali rappresenta in un caso l'andamento freaticometrico di quei piezometri intestati solo negli acquiferi superficiali delle scarse alluvioni presenti nel sito, nell'altro caso l'andamento freaticometrico dei piezometri che intercettano la circolazione profonda presente nel substrato roccioso quarzítico. Lungo l'asse delle ascisse è stata riportata la scala temporale, mentre sulle ordinate sono riportate le quote della falda rilevate, correlate al diagramma delle precipitazioni cumulate giornaliere.

Al centro dei grafici sussiste una zona, delimitata dalla dicitura NO DATA, costituita da un periodo in cui non sono stati effettuati rilievi freaticometrici.

In un quadro generale la figura 3.1 mostra una corrispondenza degli andamenti freaticamentrici tra il 1° anno e il 2° e 3° anno di monitoraggio, che conferma la buona qualità dei dati di campo rilevati. In alcuni casi le nuove rilevazioni hanno permesso di caratterizzare meglio la tipologia dell'acquifero intercettato dal singolo piezometro. L'analisi specifica dei dati è riportata nei paragrafi successivi ove sono descritte le principali circolazioni idrogeologiche presenti nel sito di Pitelli.

Grafico A

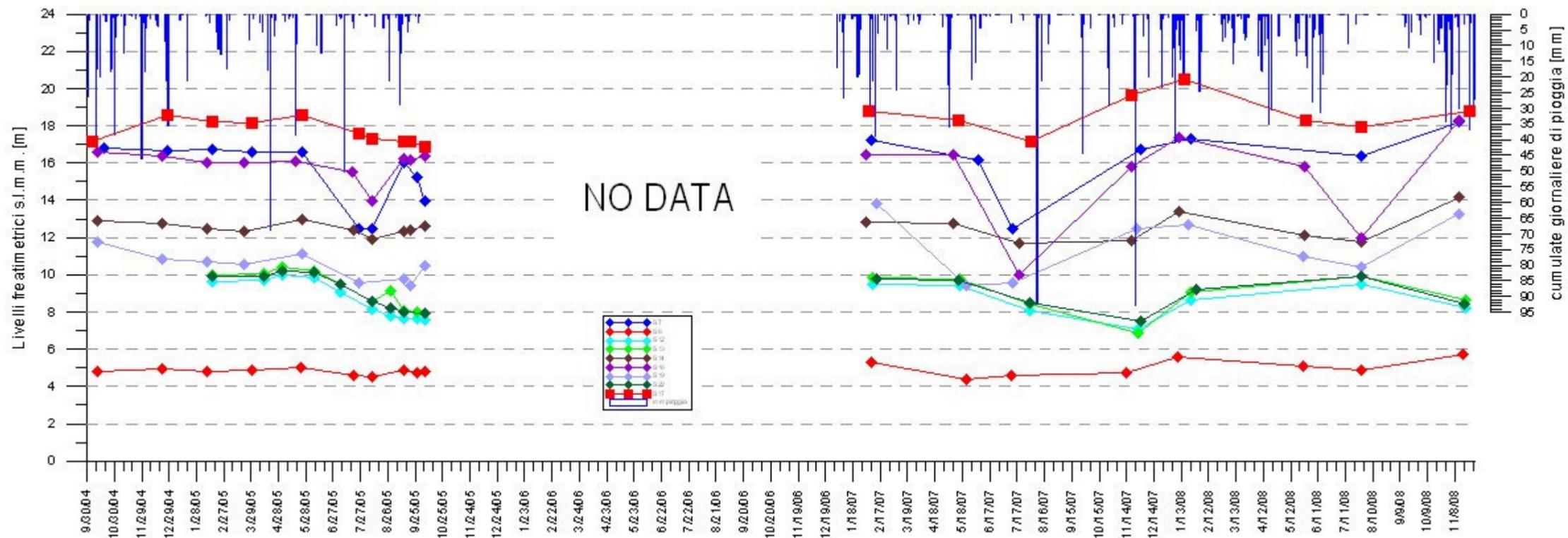


Grafico B

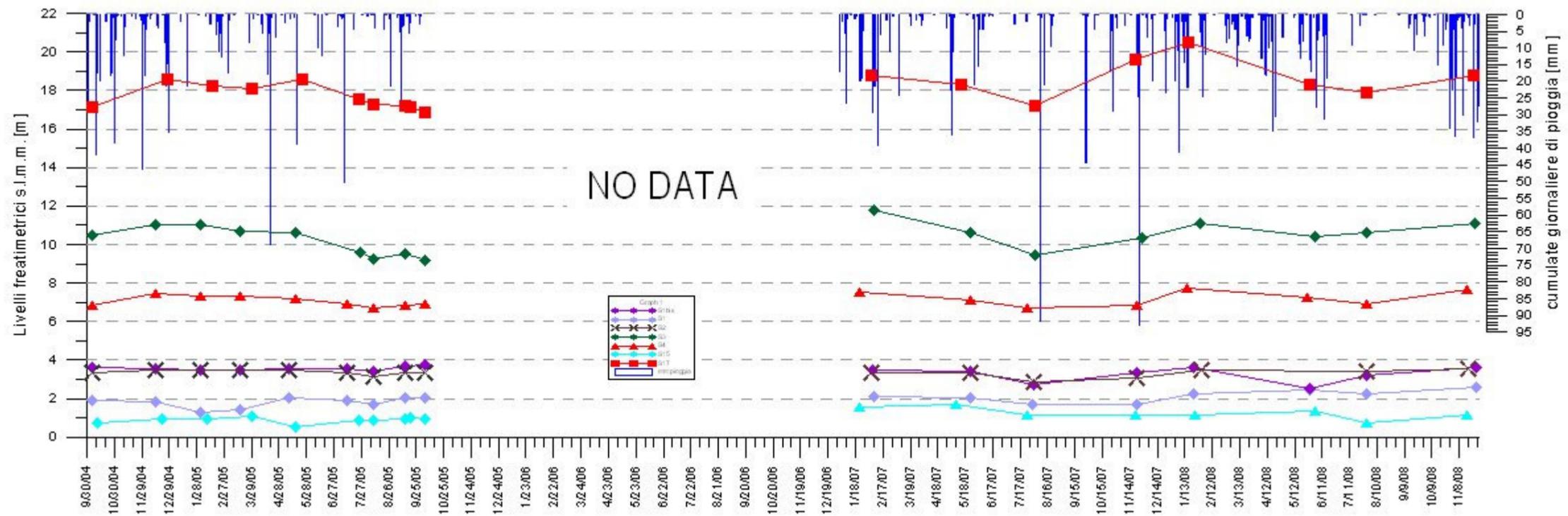


Figura 3.1 - Andamento del tempo del livello piezometrico misurato nei pozzi dell'acquifero in roccia (grafico A) e dell'acquifero nelle alluvioni (grafico B)

Circolazione nelle quarziti

La circolazione in roccia avviene nella formazione delle Quarziti e Filladi (cfr. cap. 4.3 relazione generale P.d.C.), affioranti in maniera preponderante nell'area di indagine. Dal punto di vista idrogeologico la circolazione idrica è assicurata dall'avanzato e pervasivo stato di tettonizzazione determinato dalla sovrapposizione di almeno due eventi plicativi. Tuttavia in molti affioramenti sono visibili sia "strati litoidi" non alterati che livelli di filladi e metasiltiti piegati in modo duttile che possono avere comportamento impermeabile.

La presenza sporadica e la discontinuità spaziale di questi acquicludi risultano molto importanti dal punto di vista della circolazione e dell'interpretazione dei dati analitici derivanti dai monitoraggi. Infatti, se a scala regionale si può fare riferimento ad un comportamento isotropo, localmente si possono instaurare condizioni peculiari ed indipendenti.

Anche le diverse risposte della falda alle precipitazioni meteoriche sono sicuramente da ricondurre alla presenza di "livelli" a diversa permeabilità che influenzano la ricarica attraverso la percolazione verticale delle acque; questi localmente permettono anche l'esistenza di porzioni di acquifero contraddistinte da acque in pressione.

Nel Grafico A della figura 3.1 sono stati riportati i dati freaticometrici del gruppo di piezometri che per caratteristiche costruttive e stratigrafiche, posizione topografica e andamento nel tempo della superficie piezometrica sono identificabili come piezometri che intercettano l'acquifero profondo. Il gruppo è costituito dai piezometri S07, S08, S12, S13, S14, S16, S17, S19, S22, i quali sono tutti ubicati o in zona collinare o nelle vallecole minori (compresa la valle del Rio Pagliari) rivolte tutte verso V.le San Bartolomeo con scarsi o assenti depositi alluvionali, e stratigraficamente intestati per almeno qualche metro nel substrato quarzítico. All'interno del gruppo è visibile come vi siano sottogruppi di piezometri che hanno andamento leggermente discordante tra loro, soprattutto verificabile sul lungo periodo (tutti e 3 gli anni di monitoraggio). Tale comportamento è imputabile, in particolare alle differenze locali esistenti nel sistema acquifero-ricarica legate alle caratteristiche dei singoli piezometri: alcuni di questi risentono maggiormente dell'interferenza degli acquiferi superficiali presenti localmente e scarsamente produttivi, e altri non subiscono minimamente alcun influo. Si noti a tal proposito la Figura 3.2, dove sono stati isolati i pozzi ad andamento simile.

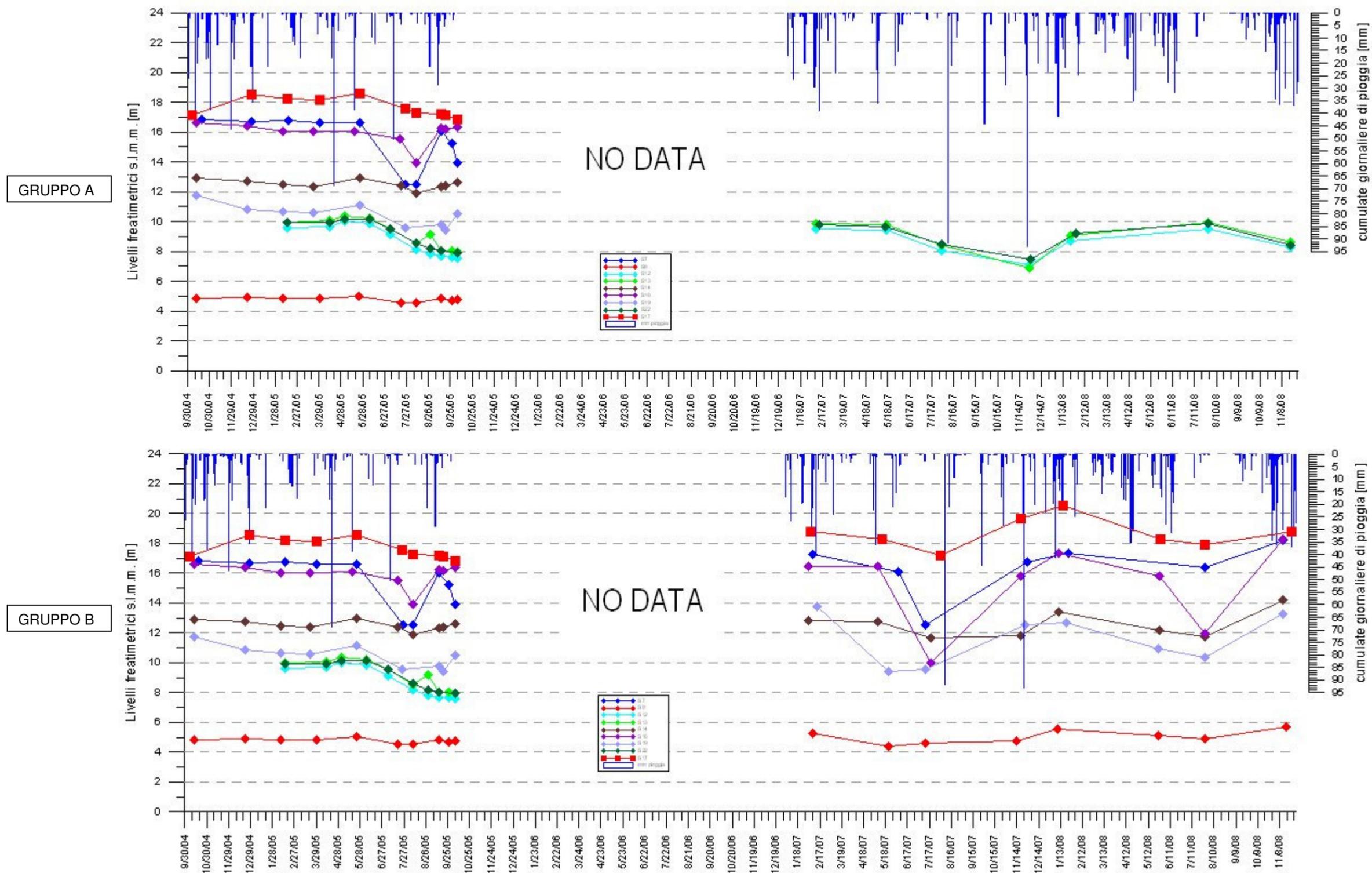


Figura 3.2 – Suddivisione in sottogruppi con caratteristiche simili dei piezometri caratterizzanti l'acquifero in roccia

Di seguito si riportano le caratteristiche peculiari di ciascun gruppo di pozzi:

- **Sottogruppo A - S12, S13, S22:** Piezometri profondi (da 42 a 60 m) che hanno le fenestrature nelle quarziti sature e che presentano, durante tutto il periodo di monitoraggio, un importante battente d'acqua sovrastante le stesse con una quota falda quasi identica in tutti e tre i piezometri; risentono in modo meno marcato di eventi piovosi isolati, assumendo andamenti stagionali. In particolare su lungo periodo si può vedere come abbiano una risposta ritardata rispetto agli andamenti pluviometrici: la quota minima di falda si è sempre registrata in tutti e tre gli anni di monitoraggio nel periodo compreso tra ottobre e novembre, traslata di alcuni mesi rispetto al periodo siccitoso caratteristico dei mesi compresi tra giugno e agosto.
- **Sottogruppo B - S07, S08, S14, S16, S17 e S19:** sono tutti piezometri che risentono maggiormente e con risposte immediate a livello temporale di eventi piovosi isolati o di periodi siccitosi. Tali fattori evidenziano le interferenze degli acquiferi superficiali scarsamente produttivi con l'acquifero profondo presente nelle quarziti. All'interno di questo sottogruppo si possono ulteriormente effettuare alcuni distinguo tra i piezometri:
 - i punti **S07, S16, S19** sono posizionati in zone di versante o distanti dall'asse vallivo con le fenestrature posizionate nella zona di oscillazione del livello di falda, risentendo in modo più marcato, con forti oscillazioni, delle piogge e/o dei periodi di secca.
 - I piezometri **S08 e S14:** sono posizionati in prossimità del rio Pagliari e quindi, possono risentire delle acque che temporaneamente permeano le alluvioni sovrastanti le quarziti, infatti l'andamento nel tempo dei livelli piezometrici sembra approssimare quelli registrati nei piezometri terebrati interamente nelle alluvioni nella zona del rio Fossamasta.
 - Il piezometro **S17** ha un comportamento che è intermedio tra quelli caratterizzanti il solo acquifero profondo (**S12, S13, S19**) e i punti **S07, S16, S19**.

Circolazione nei sedimenti alluvionali recenti

Nell'area di indagine esistono diversi corpi di materiale sciolto di varie origini e tipologie che possono essere considerati come ipotizzabili "serbatoi" di acque sotterranee superficiali. Di seguito si riporta una schematizzazione geografica e tipologica degli accumuli principali esistenti nell'Area Pitelli, che sono così localizzati:

1. Nella parte settentrionale dell'area di indagine in corrispondenza della piana alluvionale del rio Fossamastra che si estende anche lungo la parte terminale dei suoi maggiori tributari. In questa zona si trovano vaste aree rimodellate dove sono talvolta presenti abbondanti materiali di riporto a granulometria variabile (es zone carbonili ENEL). I depositi naturali sono caratterizzati da un'alternanza di materiale grossolano con livelli a granulometria fine, contraddistinti da discontinuità laterali. Il prisma alluvionale ha uno spessore massimo di circa 40 metri.
2. In una stretta fascia lungo il rio Pagliari che si allarga verso la linea di costa. I sedimenti alluvionali sono costretti dai ripidi versanti dei rilievi vallivi, la loro potenza non raggiunge i 10 metri, se non spostandosi verso la linea di costa, dove i sedimenti continentali sono interdigitati con i depositi marini raggiungendo spessori notevolmente maggiori.

La granulometria dei sedimenti fluviali è estremamente eterogenea e non si ipotizzano corpi lenticolari di apprezzabile estensione.

3. Nella zona parallela alla linea di costa compresa tra le foci dei due rii sopraccitati, in assenza di indagini dirette, si ipotizzano interdigitazioni (eteropia di facies) tra depositi marini, marino lacustri e continentali. La sequenza tipo potrebbe essere quella riportata nella stratigrafia del piezometro S15.
4. Le coltri eluvio-colluviali variamente distribuite sul territorio dal punto di vista idrogeologico non hanno rilevante importanza, rappresentano zone a prevalente percolazione verticale e talvolta possono essere sede di temporanei "accumuli" d'acqua sotterranea. Infatti i depositi eluvio-colluviali possono raggiungere anche potenze importanti ai piedi di versanti.

5. Lungo le parti terminali dei rii minori, i ridottissimi volumi di materiale sedimentato non sono serbatoi rilevanti e svolgono il ruolo di canali di raccolta temporanei di acque piovane superficiali.

Alla luce di quanto descritto, per rappresentare l'andamento freaticometrico dell'acquifero superficiale sono stati riportati nel grafico B di fig 3.1 i dati relativi ai piezometri **S01, S01 bis, S02, S03, S04 e S15** tutti ubicati all'interno del prisma alluvionale del rio Fossamastra, benché questo risulti poco produttivo e con sistemi di ricarica limitati.

Sebbene sia già stato inserito nei punti che intercettano l'acquifero profondo, nel grafico è stato riportato anche l'andamento del piezometro S17, in quanto durante il primo anno di monitoraggio i suoi dati freaticometrici erano risultati maggiormente confrontabili con quelli relativi all'acquifero superficiale. Con l'aumentare dei dati di monitoraggio associati a valutazioni prettamente topografiche e geologiche è stato possibile evidenziare meglio nel piezometro la presenza principale della acque di circolazione profonda interferite dalla scarsa circolazione più superficiale.

Per i dati relativi all'acquifero del cuneo alluvionale del Fossamastra è di particolare rilevanza la ridotta escursione stagionale del livello freaticometrico misurata nei piezometri S01, S02, S15. Le ragioni sono da ricondurre sia alla risalita delle acque termali che interferiscono con l'acquifero superficiale e che tendono, data la loro portata costante nel tempo, a normalizzare la quota della falda, sia alla bassa quota assoluta del piano campagna dei piezometri rispetto al livello marino che tende anche in questo caso ad annullare l'escursione stagionale della freaticometria.

In ultima analisi si sottolinea che le due tipologie di circolazione idrica sotterranea, a causa delle caratteristiche idrogeologiche dei corpi reservoir, non sono del tutto indipendenti. Da una parte le acque profonde, talvolta salienti con marcate peculiarità idrotermali, circolanti nelle quarziti, possono localmente permeare le sovrastanti alluvioni recenti, fino a raggiungere in alcuni casi anche la superficie topografica. Dall'altra, data la confrontabilità delle permeabilità dei due acquiferi, le acque presenti nei prismi alluvionali e/o nelle coperture eluvio-colluviali (stratigraficamente sovrastanti) raggiungono le acque profonde circolanti nelle quarziti, le quali a tutti gli effetti si comportano come un "contenitore" dove possono essere raccolte sia le acque circolanti nei prismi alluvionali sia quelle di percolazione attraversanti le coperture eluvio-colluviali.

A dimostrazione di questa ipotesi si fa notare che i sedimenti sciolti, esclusi quelli del rio Fossamastra, attraversati al momento della terebrazione dei sondaggi sono apparsi asciutti o parzialmente umidi, sicuramente non saturi e produttivi.

3.4 ANALISI PUNTUALE

In questo paragrafo vengono analizzati i risultati analitici per singolo piezometro. In All. 3 sono riportate le schede anagrafiche di ogni punto di campionamento, con le tabelle riepilogative dei risultati analitici divisi per campagne di monitoraggio, compresi i risultati relativi ai metalli sia per le frazioni filtrate che non filtrate delle campagne P14, P15 e P16. Si evidenzia che le campagne riferite al 2° e 3° anno di monitoraggio sono quelle indicate dalla P08 alla P16.

Prima di entrare nel merito della valutazione dei dati per singolo piezometro è però necessario formulare alcune valutazioni di carattere generale di seguito descritte:

- Conseguentemente alle procedure di analisi dei metalli su doppia aliquota (filtrata e non filtrata) è emerso che l'origine della presenza dei medesimi in falda è diversa in funzione del metallo. Osservando i risultati relativi ai metalli sia per le frazioni filtrate che non filtrate delle campagne P14, P15 e P16 e riportati nella tabella riepilogativa, si nota che il Piombo è presente in falda, anche in concentrazioni significative, ma solo nella fase in sospensione, ovvero nella sostanza solida non disciolta. Questo dato è attribuibile all'inquinamento ubiquitario da Piombo del terreno superficiale nel sito di Pitelli e dovuto alla ricaduta di polveri emesse storicamente dalla ex fonderia Pertusola e dalla fabbrica di ossidi di piombo PbO. Pertanto l'elevata presenza di Piombo rilevata nelle acque sotterranee è sempre stata attribuita a fenomeni di *cross contamination* e non ad un inquinamento intrinseco della falda.
- L'origine di Arsenico e Mercurio invece si è rilevata essere duplice a seconda dei casi. Nei piezometri S04 (per l'Arsenico) e S02 (per il Mercurio) la presenza dei metalli è stata rilevata maggiormente nella frazione non filtrata e quindi associata al materiale presente in sospensione nelle acque campionate. Seppur per cause diverse a seconda del piezometro, la presenza dei metalli in concentrazioni superiori alle CLA solo nella frazione

non filtrata fa ritenere di poter discriminare il fenomeno come un inquinamento indotto e non caratteristico delle acque monitorate. Nei piezometri S15 (per l'Arsenico) e S22 (per il Mercurio) le concentrazioni dei metalli sono risultate superiori alle CLA indipendentemente dall'aliquota analizzata (filtrata o non filtrata). Per tali ragioni le concentrazioni elevate dei metalli rilevate in questi piezometri sono state valutate come anomalie geochimiche intrinseche delle acque campionate. Resta ancora da approfondire se le anomalie sono da attribuire a fenomeni naturali geochimici o ad un inquinamento antropico.

- Nelle ultime due campagne di monitoraggio si è rilevato per i parametri idrocarburi aromatici un aumento sistematico delle concentrazioni e dello stesso ordine di grandezza in tutti i piezometri monitorati. Dal momento che i piezometri, come già detto, intercettano acquiferi diversi e sono distribuiti su una superficie molto vasta, è ragionevole ipotizzare che la presenza di questi composti organici sia da attribuire ad una non corretta pulizia dell'attrezzatura di campionamento. Nelle nuove campagne di monitoraggio sarà cura degli operatori verificare la conformità dell'attrezzatura di campionamento, in questo modo i nuovi risultati ottenuti permetteranno di definire meglio il fenomeno.
- Per quanto riguarda i risultati delle analisi microbiologiche ed i test ecotossicologici, al di là di alcune anomalie quali il dato dell'escherichia coli e dei clostridi solfito riduttori nella campagna P10 nel piezometro S17, imputabili probabilmente a errori di trascrizione dati, questi confermano sostanzialmente lo stato ambientale rilevato nel primo anno di monitoraggio. I livelli di tossicità delle acque monitorati sono sempre molto bassi con un livello leggermente più alto di difficile interpretazione rilevato solo nel piezometro S12. Anche le analisi microbiologiche evidenziano un ridotto impatto antropico con solo due situazioni nei piezometri S20 e S14 ove le acque sotterranee risentono di un leggero inquinamento antropico da probabile scarico fognario.

S01

Per quanto riguarda il parametro solfati, i dati confermano un costante superamento della CLA. Nello studio specifico effettuato da ARPAL con ACAM e Università di Genova, in relazione alla natura dei solfati nelle acque sotterranee del sito di Pitelli, è stato dimostrato che la presenza di solfati presenti nel piezometro S01 è di origine termale e quindi naturale.

Non sono stati più rilevati superi dei parametri Ni e Cr_{VI} dopo la prima campagna (2004), mentre l'unico supero di Pb rilevato nell'8° campagna è relativo al campione non filtrato. Per tali ragioni il supero rilevato è da considerarsi un'*anomalia da attribuire alle operazioni di campionamento e analisi*.

Non avendo evidenziato particolari criticità ambientali in tutte le campagne di monitoraggio, si propone di interrompere l'attività di monitoraggio del piezometro.

S01bis

Prima dell'analisi dei dati, in premessa va ricordato che il piezometro S01bis, come già descritto nella relazione generale del Piano di Caratterizzazione, costituisce, insieme al limitrofo piezometro S01, una coppia di piezometri caratterizzanti due acquiferi sovrapposti separati da una lente impermeabile argilloso-limosa; in particolare il piezometro S01bis è intestato nell'acquifero più superficiale mentre il piezometro S01 in quello più profondo. Dalla disamina dei risultati analitici sono stati rilevati due leggeri superi del parametro solfati nelle campagne P10 (350 mg/l) e P16 (280 mg/l). Tali superi sono imputabili ad un non perfetto isolamento tra i due acquiferi sopraccitati, con un minimo apporto di acqua termale nel piezometro S01bis proveniente dall'acquifero più profondo intercettato dal piezometro S01.

Le condizioni al contorno relative all'ubicazione e alle caratteristiche intrinseche del piezometro S01bis (ridotta profondità e bocca pozzo posta a quota di piano campagna su superficie in terra battuta utilizzata come parcheggio mezzi pesanti) non garantiscono un totale isolamento da possibili fenomeni di contaminazione puntuale derivanti da una ricaduta di materiale solido proveniente dalla superficie; confermano tale ipotesi le concentrazioni molto elevate dei parametri Ni e Pb rilevate nella campagna P15 ma solo nell'aliquota non filtrata e dovute a materiale in sospensione, e la presenza casuale di alcuni IPA in una sola campagna.

Date le caratteristiche del piezometro e non avendo mai rilevato criticità ambientali nelle acque monitorate, non si ritiene utile proseguire nel suo monitoraggio in quanto

questo risulta essere soggetto ad eccessive interferenze rispetto alle caratteristiche intrinseche dell'acquifero intercettato.

S02

Nello studio specifico relativo alla natura dei solfati nelle acque sotterranee del sito di Pitelli è stato verificato, come per il piezometro S01, che le acque sotterranee intercettate dal piezometro S02 sono costituite da una miscela a carattere prevalentemente termale, pertanto la costante presenza di solfati rilevata in concentrazioni superiori alla CLA è imputabile a fenomeni naturali.

E' importante evidenziare che dalla primavera 2007 si è insediato a pochi metri dal piezometro un piccolo nucleo familiare di nomadi, i quali utilizzano l'area (non pavimentata e non impermeabilizzata) per lo stoccaggio di rottami e materiali ferrosi di vario genere destinati al recupero. Tale situazione ha compromesso l'isolamento del piezometro dalle interferenze ambientali superficiali, determinate in questo caso dalla possibile presenza di sostanze inquinanti, stoccate senza alcun criterio nelle immediate vicinanze del piezometro; ad aggravare la situazione, dalle ultime tre campagne di monitoraggio il tombino carrabile posto a chiusura del boccapozzo è stato manomesso, aumentando in tal modo la possibilità di infiltrazione o percolamento di sostanze inquinanti dalla superficie al contorno del piezometro. A supporto di tale ipotesi sussistono alcuni dati analitici rilevati: a partire dalla campagna n°11 (estate 2007) si è iniziato a riscontrare presenza di IPA in tracce e concentrazioni di Hg al di sopra della CLA in particolare nella frazione di acqua non filtrata (campagne P11, P15, P16), imputabile probabilmente a polveri in sospensione precipitate nel piezometro dalla superficie al contorno del medesimo.

Come per il piezometro S01bis, date le caratteristiche del piezometro e non avendo mai rilevato criticità ambientali nelle acque monitorate, non si ritiene utile proseguire nel suo monitoraggio in quanto questo risulta essere soggetto ad eccessive interferenze rispetto alle caratteristiche intrinseche dell'acquifero intercettato.

S03

I dati relativi al piezometro S03 evidenziano una certa pressione antropica a carico delle acque sotterranee. In particolare si rilevano diversi superi delle CLA del parametro Benzene, associati alla costante presenza degli altri idrocarburi aromatici e di alcuni superi

o presenza di organoclorurati. Sono significative anche le concentrazioni sempre piuttosto elevate di ammoniaca, nitriti (un supero campagna P10) e TOC e i valori di conducibilità medio alti (>1000 uS/cm) non collegati al fenomeno del termalismo (bassi valori dei solfati). I superi riscontrati per il Mercurio ed il Piombo nella campagna P08 sono relativi alla frazione non filtrata e quindi non attribuibili direttamente ad un inquinamento della falda.

Si ritiene necessario proseguire il monitoraggio con approfondimenti e studi specifici per delineare meglio il fenomeno, mantenendo l'attuale frequenza trimestrale di campionamento invece di passare a quella semestrale prevista dal programma di monitoraggio .

S04

Per il piezometro S04 i superi riscontrati in alcune campagne (P11, P14, P16) per il parametro Arsenico solo sulla matrice non filtrata sono riconducibili alla presenza di solidi in sospensione evidenziata dalla torbidità rilevata in quasi tutte le campagne di monitoraggio e quindi non caratteristici dell'acquifero.

Non avendo evidenziato particolari criticità ambientali in tutte le campagne di monitoraggio si propone di interrompere l'attività di monitoraggio del piezometro.

S07

I campionamenti delle acque sotterranee intercettate dal piezometro S07 non hanno rilevato particolari criticità ambientali. Il supero di Piombo nella campagna P08 è determinato sulla frazione non filtrata e quindi non attribuibile ad un inquinamento della falda, mentre il supero di Nichel nella campagna P12 rappresenta un valore anomalo che si discosta da tutti i dati delle altre campagne, pertanto da considerare anch'esso un'anomalia casuale.

Il piezometro non è stato campionato nella campagna P11 perché risultato asciutto, mentre non è stato campionato nelle campagne P14 e P15 perché la strada d'accesso era stata interrotta da uno sbarramento.

Non avendo evidenziato particolari criticità ambientali in tutte le campagne di monitoraggio si propone di interrompere l'attività di monitoraggio del piezometro.

S08

L'ubicazione del piezometro S08 attualmente non garantisce un'adeguata tutela da agenti inquinanti esterni, in quanto in prossimità del chiusino carrabile del piezometro sono stati posizionati i bidoni di raccolta dei rifiuti urbani; inoltre in occasione di intense precipitazioni è stata rilevata la presenza di acqua nel pozzetto in cemento contenente il boccapozzo, dovuta ad infiltrazioni di acqua di dilavamento e ruscellamento del piano campagna attraverso il bordo del chiusino carrabile.

I risultati analitici evidenziano per il Piombo superi più o meno marcati relativi all'aliquota non filtrata nelle campagne P12, P13, P14, P16, che giustificano l'infiltrazione di acque di dilavamento superficiale ricche di solidi sospesi, in particolare polveri, che nella valle del rio Pagliari, come già evidenziato nella relazione generale del Piano di Caratterizzazione delle Aree pubbliche di Pitelli, sono fortemente impattate dalla presenza di Piombo.

Il dato anomalo del Triclorometano (1.3 ug/l) rilevato nella campagna P15 è probabilmente imputabile ad una interferenza determinatasi in Laboratorio, in quanto in tutte le altre campagne il parametro è risultato sempre inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

In alcune campagne (P3, P9, P11, P12, P16) le concentrazioni dei solfati sono risultate superiori alla propria CLA; in tutti questi casi il rapporto cloruri/solfati è risultato costante con valori compresi tra 0.44 e 0.50 ed il valore massimo di concentrazione dei solfati è risultato pari a 1026 mg/l. Come descritto nei precedenti studi sulla natura dei solfati, questi valori sono caratteristici di una miscela tra acqua dolce fredda degli acquiferi superficiali e risalita di acqua profonda termale. La marcata variabilità di concentrazione di solfati rilevata nel piezometro S08 (da un minimo di 27mg/l ad un massimo di 1026 mg/l) è giustificata dalle caratteristiche del piezometro, in quanto questo è posto ad una quota di 8,8 m s.l.m.m., ad una decina di metri rispetto all'asse dell'alveo del rio Pagliari e profondo 13,5 m con i tratti filtranti/fenestrati che partono da -3 m dal p.c. fino a fondo foro; per tali ragioni il piezometro intercetta sia le acque superficiali fredde dell'acquifero presente nei sedimenti del rio Pagliari, sia quelle profonde del circuito termale. Le variazioni di miscelazione tra i due acquiferi dovute alle diverse dinamiche di flusso degli stessi, legate alle precipitazioni atmosferiche, fanno sì che si determinino queste oscillazioni sia delle concentrazioni dei solfati che degli altri cationi-anioni.

Come per il piezometro S01bis, date le caratteristiche del piezometro e non avendo mai rilevato criticità ambientali nelle acque monitorate, non si ritiene utile proseguire nel

suo monitoraggio in quanto questo risulta essere soggetto ad eccessive interferenze rispetto alle caratteristiche intrinseche dell'acquifero intercettato.

S12

I risultati analitici relativi al piezometro S12 non evidenziano particolari criticità ambientali. Il supero del Nichel rilevato nella campagna P09 è relativo alla frazione non filtrata e non è più stato rilevato in nessun'altra campagna, pertanto non è attribuibile ad un inquinamento della falda.

Dalla campagna P08, a seguito di un affinamento della tecnica analitica, che è passata da un Limite di Rilevabilità di 0,2 ug/l a 0,05 ug/l, si è iniziato a riscontrare in tracce, ma in modo costante, la presenza di Tetracloroetilene e Tricloroetilene.

Si propone di interrompere il monitoraggio del piezometro S12 a vantaggio del piezometro S13, essendo quest'ultimo molto vicino a S12, più agevole da raggiungere e con caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee assimilabili a quelle intercettate da S12.

S13

I dati analitici relativi al piezometro S13 sono assolutamente in linea con quelli relativi al piezometro S12, con presenza costante in tracce di organoclorurati. Nella campagna P08 la concentrazione di Tetracloroetilene (2 ug/l) è risultata superiore alla CLA, ma il trend attualmente evidenzia una generale attenuazione del fenomeno.

Come anticipato nella descrizione del piezometro S12, si propone di proseguire il monitoraggio del piezometro S13, mantenendo l'attuale frequenza trimestrale di campionamento invece di passare a quella semestrale, in particolare modo per controllare l'andamento delle concentrazioni di organoclorurati.

S14

I superi delle concentrazioni di Piombo e Mercurio rilevati nella campagna P08 sono relativi alla frazione non filtrata, in tutte le altre campagne i valori sono sempre risultati inferiori alle CLA, pertanto si ritiene che i superi non siano attribuibili ad un inquinamento della falda ma ad interferenze legate all'attività di campionamento o ad infiltrazioni di polveri dal piano campagna.

Non avendo evidenziato particolari criticità ambientali in tutte le campagne di monitoraggio, si propone di interrompere l'attività di monitoraggio del piezometro.

S15

Preliminarmente va sottolineato che il piezometro è stato riperforato, in quanto è andato distrutto durante i lavori di esecuzione della nuova Darsena Pagliari.

Il nuovo piezometro presenta tra i suoi dati analitici concentrazioni costantemente superiori alle CLA per i Solfati e l'Arsenico.

L'origine dei solfati è naturale e imputabile alla presenza di acque termali (conducibilità medio alta 2000-3000 uS/cm e rapporto cloruri/solfati costante e compreso tra 0.5 e 0.55).

L'origine dell'Arsenico attualmente non risulta di facile interpretazione, per tale ragione si ritiene utile proseguire il monitoraggio mantenendo l'attuale frequenza trimestrale di campionamento invece di passare a quella semestrale effettuando eventualmente successivamente specifici studi per comprendere l'origine dell'Arsenico.

S16

Come per il piezometro S08, la marcata variabilità di concentrazione di solfati rilevata nel piezometro S16 (da un minimo di 63 mg/l ad un massimo di 670 mg/l) è giustificata dalle caratteristiche del piezometro, che intercetta sia le acque superficiali fredde dell'acquifero presente nei sedimenti del rio Pagliari, sia quelle profonde del circuito termale. Le variazioni di miscelazione tra i due acquiferi dovute alle diverse dinamiche di flusso degli stessi, legate alle precipitazioni atmosferiche, fanno sì che si determinino oscillazioni sia delle concentrazioni dei solfati che degli altri cationi-anioni.

Nelle campagne P10 e P12 sono stati rilevati leggeri superi a carico di alcuni parametri IPA e, solo nella campagna P10, anche espressi come sommatoria dei congeneri. E' ancora di difficile interpretazione l'origine di tali superi. Si propone di proseguire il monitoraggio per la presenza di IPA mantenendo l'attuale frequenza trimestrale di campionamento.

S17

Dal monitoraggio del piezometro S17 si rilevano due superi per il parametro Piombo nelle campagne P08 e P10 sulla frazione non filtrata che, pur non avendo un riferimento normativo, confermano i dati delle campagne P01 e P05 ove si evidenzia una certa incidenza del metallo nelle acque sotterranee intercettate dal piezometro.

Sempre nella campagna P08 si rileva un supero di Nichel (33 ug/l) dello stesso ordine di grandezza di quello rilevato nella campagna P01 (34 ug/l).

Si rileva, infine, un supero isolato nella campagna P11 del parametro Triclorometano, imputabile probabilmente ad interferenze in fase di determinazione analitica.

La presenza di Nichel e Piombo con concentrazioni anche superiori alle CLA, seppur non caratterizzino una situazione critica di impatto ambientale delle acque sotterranee intercettate dal piezometro, rendono necessario il prosieguo del monitoraggio trimestrale .

S19

Nel complesso la qualità delle acque sotterranee monitorate nel piezometro S19 è buona. Sono stati rilevati solo due superi di Piombo su frazione non filtrata nelle campagne P08 e P10, determinati probabilmente da interferenze durante l'attività di campionamento e pertanto non significativi da un punto di vista normativo e ambientale.

Non avendo evidenziato particolari criticità ambientali in tutte le campagne di monitoraggio, si propone di interrompere l'attività di monitoraggio del piezometro.

S20

Dal monitoraggio del piezometro S20 si rileva un leggero supero di Arsenico nella campagna P08 su frazione non filtrata, quindi poco significativo e un supero di triclorometano nella campagna P15 anch'esso al momento non particolarmente significativo perchè in tutte le altre campagne il parametro è risultato sempre inferiore al limite di rilevabilità.

Di maggiore interesse sono i tre superi consecutivi, anche se su frazione non filtrata, di Nichel e Piombo nelle tre campagne di monitoraggio (P08, P09, P10), in quanto, in particolare per il Nichel, correlabili con i valori superiori al limite in quasi tutte le campagne di monitoraggio nel piezometro S22, ubicato qualche centinaio di metri più a monte del piezometro S20.

La presenza di Nichel e Piombo con concentrazioni anche superiori alle CLA, seppur non caratterizzino una situazione critica di impatto ambientale delle acque sotterranee intercettate dal piezometro, rendono necessario il prosieguo del monitoraggio a frequenza trimestrale.

S22

Le acque sotterranee intercettate dal piezometro S22 sono caratterizzate da una certa pressione antropica identificabile nelle seguenti criticità:

- Si rileva un costante superamento dei limiti delle concentrazioni di Nichel, indipendentemente dal tipo di frazione analizzata (filtrata o non filtrata).
- Le concentrazioni di Mercurio sono risultate superiori ai limiti in maniera significativa in due campagne, indipendentemente dal tipo di frazione analizzata (filtrata o non filtrata).
- I superi di solfati non sono chiaramente attribuibili alla componente naturale e termale delle acque sotterranee, in quanto il rapporto cloruri/solfati è costante e compreso tra i valori di 2 e 2,8 e non caratteristico di una miscela con presenza di acque termali.
- Si rilevano alcuni superi, anche se modesti, per il Triclorometano (campagne P09, P13, P15) e per il Tetracloroetilene (campagne P13, P15) e la costante presenza, anche se in tracce di Tricloroetilene e degli idrocarburi aromatici.

Per tali ragioni, per quanto l'inquinamento rilevato sia comunque contenuto, il monitoraggio presso il piezometro S22 si ritiene debba essere continuato con le modalità attuali.

Da un'analisi complessiva dei risultati del 2° e 3° anno di monitoraggio, sostanzialmente si può affermare che i dati confermano la situazione già evidenziata nella relazione generale del Piano di Caratterizzazione; in particolare si conferma che le acque sotterranee sono risultate modestamente interessate dall'inquinamento e ciò è da mettere in relazione al tipo di circolazione delle acque esistente. Infatti, gli apporti delle acque percolanti attraverso gli strati superficiali del suolo sono di modesta entità rispetto alla quantità di acque profonde caratterizzanti il sito.

Per comprendere meglio la tipologia di circolazione idrogeologica del Sito di Pitelli si riporta il modello concettuale descritto con uno schema a blocchi nella relazione del Piano di Caratterizzazione, dove i diversi tipi di frecce sono indicativamente associati ad una quantificazione degli scambi tra i diversi sistemi individuati. Alle frecce grosse corrispondono scambi importanti e a quelle sottili scambi ridotti e/o temporanei.

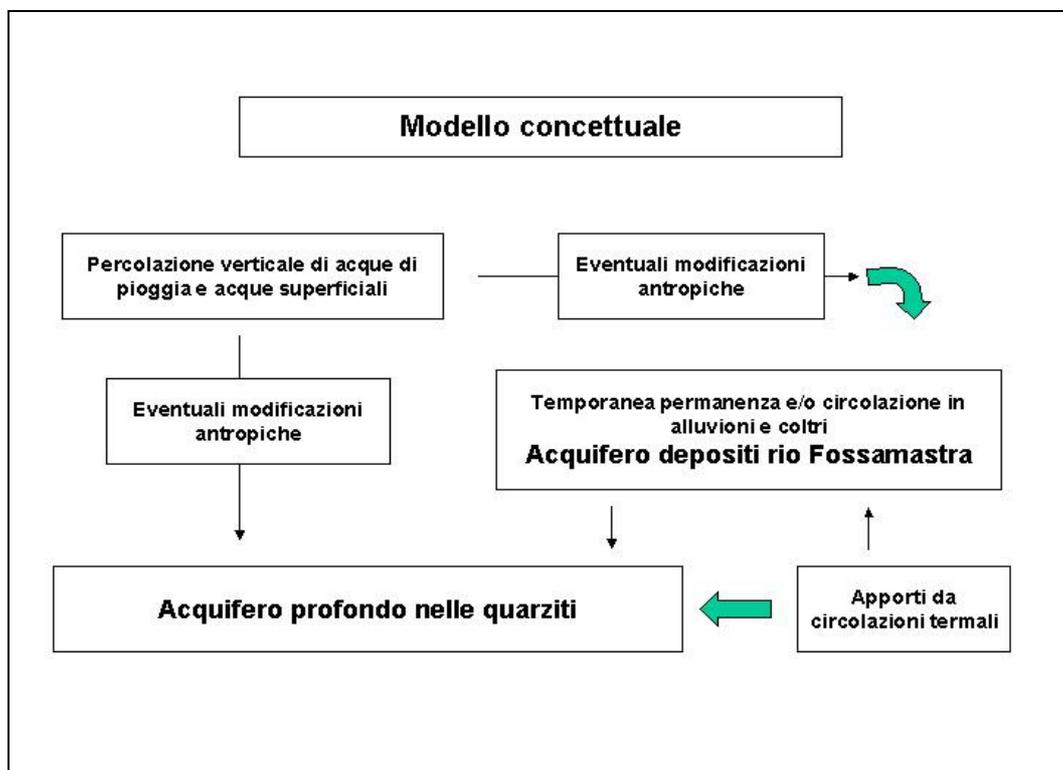


Fig. 4.1 – Modello concettuale relativo alla circolazione delle acque sotterranee

Il modello riportato individua, oltre agli accumuli temporanei esistenti nelle coltri, legati agli eventi meteorologici, essenzialmente due acquiferi: uno nei depositi alluvionali del rio Fossamastra ed uno in roccia nella formazione delle Quarziti e Filladi. Quest'ultimo può essere interpretato come un grosso bacino alimentato principalmente da apporti profondi nel quale sono raccolte, a seguito di percolazione pressoché verticale, tutte le acque ricadenti nell'area dei bacini idrografici della zona in esame. La superficie freatica dell'acquifero profondo, soprattutto nelle zone collinari, risulta essere distante dal piano campagna anche alcune decine di metri, come evidenziato dai rilievi freaticometrici effettuati, e con coperture eterogenee da permeabili a impermeabili. Per tali ragioni l'acquifero profondo è nel complesso a basso rischio di impatto ambientale. Nonostante questo quadro generale discreto, della qualità delle acque monitorate, si segnalano due situazioni, in parte già riscontrate durante il primo anno di monitoraggio, a carico delle acque sotterranee intercettate dai piezometri S03 e S22, ove le evidenze di pressione antropica sono più marcate.

Tenuto conto di quanto emerso dalle campagne dei primi 3 anni di monitoraggio si propone per i restanti 2 anni un aggiornamento delle attività previste nella DGR n°865 del 04/08/06, calibrando le stesse sullo stato delle conoscenze acquisite.

In particolare si propone:

- **di continuare il monitoraggio solo in quei piezometri**, che nell'arco delle 16 campagne ad oggi effettuate hanno evidenziato situazioni di particolare interesse ambientale, così come descritto nel precedente capitolo. Tali piezometri rispondono comunque al requisito di garantire una copertura di monitoraggio di tutte le unità idrogeologiche individuate nel Sito di Pitelli e sono: **S03, S13, S15, S16, S17, S20, S22**.
- **Di mantenere il monitoraggio stagionale, 4 campagne all'anno**, rispetto alle due campagne semestrali previste nella DGR n°865, nei piezometri sopraindicati.
- **Di interrompere le determinazioni analitiche di** quei parametri che in tutte le campagne sono risultati sempre inferiori al limite di rilevabilità e che nella "short list di Pitelli", definita per le caratterizzazioni dei siti privati non erano contemplati. Tali parametri risultano essere: **fenoli, cloruro di vinile, cianuri**.