

## INDICE

PREMESSA .....	2
1. ESTENSIONE AREALE E RETE DI MONITORAGGIO.....	3
2. L'ACQUIFERO MONITORATO .....	4
3. ANALISI PLUVIOMETRICA .....	5
4. CAMPAGNA DI MISURA ED ELABORAZIONE DEI DATI.....	9
4.1 Analisi della variazione della soggiacenza nel tempo.....	10
4.2 Analisi della variazione della conducibilità nel tempo.....	11
5. PRINCIPALI EVIDENZE DEL MONITORAGGIO ESEGUITO .....	12

## INDICE DELLE TAVOLE

**Tavola 1** – Ubicazione dei pozzi censiti e valore della soggiacenza misurata nel mese di marzo 2009 (scala 1:30.000)

**Tavola 2** – Ubicazione dei pozzi censiti e valore della conducibilità misurata nel mese di marzo 2009 (scala 1:30.000)

**Tavola 3** – Ubicazione dei pozzi censiti e valore del pH misurato nel mese di marzo 2009 (scala 1:30.000)

## INDICE DEGLI ALLEGATI

Schede dei pozzi della rete di monitoraggio permanente

## **PREMESSA**

Il presente lavoro è stato eseguito su incarico dell'amministrazione comunale di San Giuliano Terme, mediante specifica convenzione (protocollo n.0001892), redatta in data 13 gennaio 2009.

I contenuti e gli obiettivi del presente lavoro sono stati definiti in base alle necessità e le esigenze formulate dal Servizio Ambiente della suddetta amministrazione, con lo scopo di proseguire il monitoraggio delle oscillazioni della falda oltre a valutare eventuali ripercussioni delle attività antropiche, sia in termini di quantità che di qualità sulla risorsa idrica.

Tali attività, quali emungimenti, dispersioni al suolo e nel sottosuolo, utilizzo di fitofarmaci in agricoltura ecc., possono infatti compromettere gli equilibri idrogeologici locali e la futura utilizzazione della risorsa idrica, sia a fini domestici che agricoli.

Il presente lavoro rappresenta la continuazione del lavoro realizzato per il Comune di San Giuliano Terme *“Cartografia della vulnerabilità naturale degli acquiferi del territorio comunale di San Giuliano Terme” redatto nel settembre 2002.*

A tale lavoro si rimanda per la descrizione geologica, paleogeografia e geomorfologica della pianura sangiulianese e in particolare alla ricostruzione litostratigrafica avvenuta tramite stratigrafie di pozzi, penetrometrie e sondaggi.

## 1. ESTENSIONE AREALE E RETE DI MONITORAGGIO

L'area oggetto della presente indagine corrisponde alla porzione della pianura del territorio comunale di S. Giuliano Terme interessata dallo studio corrisponde all'area delimitata a Nord e Nord-Ovest dal corso del Fiume Serchio, a Sud dal confine comunale di Pisa, seguendo nella parte più ad Est i meandri di Colignola e Campo, mentre a Est – Nord-Est il limite è segnato dalle pendici del rilievo del Monte Pisano.

L'obbiettivo della presente indagine è stato quello di porre le basi per un controllo periodico dei caratteri freatici ed idrochimici dell'acquifero freatico, partendo dalla definizione di una rete stabile di monitoraggio, costituita da pozzi scelti tra quelli censiti nel corso dello studio *“Cartografia della vulnerabilità naturale degli acquiferi del territorio comunale di San Giuliano Terme”* redatto nel settembre 2002 e dalla successiva integrazione effettuata nel giugno 2007, all'interno del progetto *“Indagine idrogeologica per l'identificazione, la valorizzazione e la protezione delle risorse idriche sotterranee del versante sangiulianese del Monte Pisano e implementazione delle conoscenze degli acquiferi di pianura”*, che ha integrato, ai 53 punti noti dello studio precedente, 55 nuovi pozzi per un totale di 108 pozzi. Tra i suddetti 108 pozzi ne sono stati scelti 15 e ne è stato aggiunto un altro (pozzo 109) in modo da ottenere una maglia omogeneamente distribuita nel territorio. I pozzi che fanno parte della rete di monitoraggio permanente (16 pozzi) sono tutti facilmente accessibili e campionabili.

Nel mese di marzo 2009 è stata organizzata una campagna di raccolta dati che ha previsto la misurazione del livello freatico e di parametri fisico-chimici quali la

temperatura, la conducibilità elettrica ed il pH dell'acqua. La campagna di raccolta dati è stata eseguita congiuntamente al tecnico dell'Amministrazione Comunale Geom. Adele Semeraro, che ha appreso la corretta metodologia di lavoro.

Per la catalogazione dei dati è stato mantenuto il numero associato ad ogni pozzo nell'indagine precedente ed è stata compilata una nuova scheda sulla quale sono state inserite le informazioni sulle caratteristiche tecniche del pozzo, sulla sua ubicazione, i dati acquisiti ed è stata inoltre riportata una documentazione fotografica .

## **2. L'ACQUIFERO MONITORATO**

Uno degli scopi principali del presente lavoro è stato quello di approfondire le conoscenze sulle acque freatiche, che sebbene nelle nostre zone non siano più utilizzate a scopo idropotabile, rivestono una grande importanza in diverse attività antropiche, soprattutto in agricoltura, dalla grande azienda agricola all'orto per uso familiare.

L'acquifero oggetto di monitoraggio è quindi quello "freatico" ovvero il primo acquifero che s'incontra al di sotto del livello del suolo; tale livello può essere definito freatico solo se la sua superficie superiore è libera, cioè se non è confinato da terreni impermeabili sovrastanti.

**Secondo la definizione di G. P. Beretta una falda può essere definita libera (freatica o *unconfined*) quando è limitata solo inferiormente da terreni impermeabili e può ricevere apporti laterali e dalla superficie.**

Perché sia presente un acquifero freatico è indispensabile che siano presenti terreni superficiali permeabili, cioè contenenti vuoti intergranulari, comunicanti tra loro, che rendano possibile la circolazione idrica.

### **3. ANALISI PLUVIOMETRICA**

Il clima della pianura sangiulianese, è condizionato essenzialmente dall'ampia apertura verso il mare, questo determina una mitigazione delle escursioni termiche (funzione regolatrice del mare) e un'ampia apertura all'ingresso delle perturbazioni di provenienza orientale.

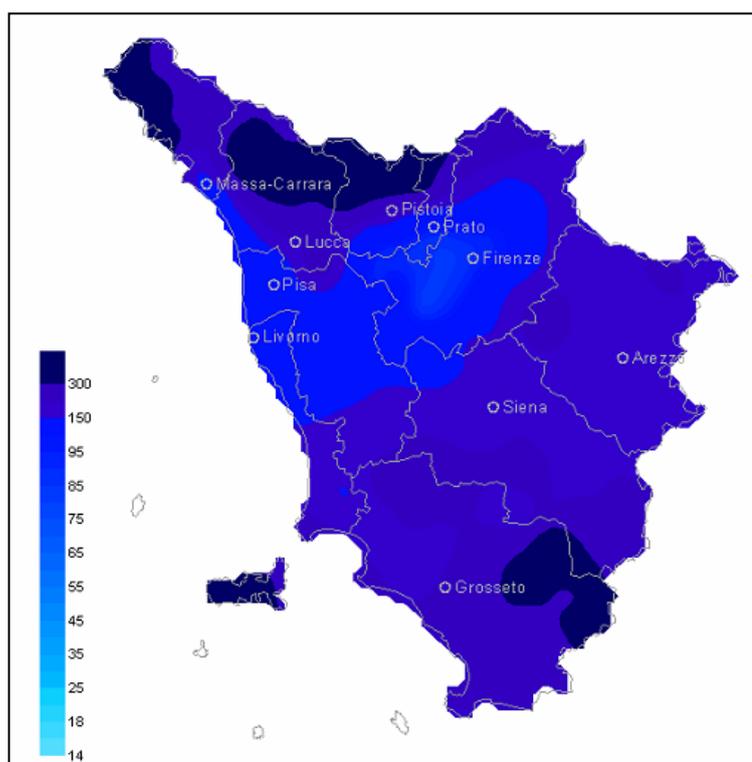
Per quanto riguarda il regime pluviometrico, la presenza del Monte Pisano costituisce un fattore determinante nell'andamento delle precipitazioni, infatti, sebbene il rilievo sia modesto, è sufficiente a creare l'effetto orografico con aumento della piovosità in corrispondenza del rilievo, dove le perturbazioni occidentali scaricano la propria umidità.

Le variazioni del livello piezometrico della falda freatica sono legate in modo diretto alle precipitazioni, infatti se andiamo a misurare le oscillazioni del livello piezometrico in relazione all'andamento delle piogge si può notare che negli acquiferi freatici il ritardo tra caduta al suolo e variazione della superficie piezometrica è breve (mensile) mentre per gli acquiferi confinati la ricarica avviene con tempi più lunghi (stagionale).

Per le finalità del presente lavoro sono state quindi analizzate le precipitazioni registrate nei mesi di dicembre 2008 e gennaio e febbraio 2009 dall' Azienda

Regionale Sviluppo e Innovazione nel Settore Agricolo Forestale (ARSIA) e contenute nel Report Agrometeorologico.

Dall'elaborazione dei dati pluviometrici è possibile osservare che nel mese di Dicembre 2008 la pioggia occorsa sul territorio regionale ha raggiunto un cumulo medio di 200.3 mm (vedi figura 1) che risulta decisamente superiore a quello medio dell'ultimo decennio (95.9 mm) come riportato in Tabella 1.

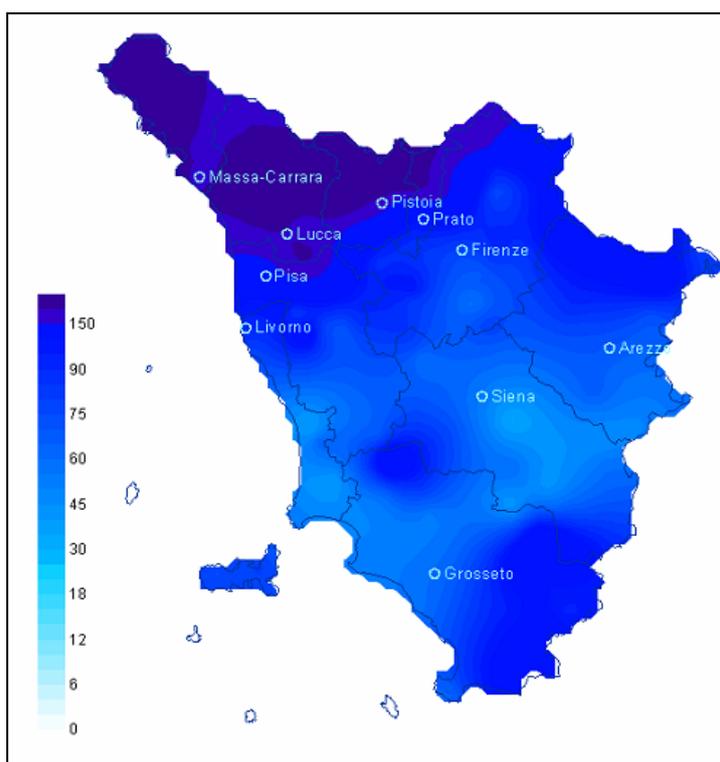


**Figura 1**-Distribuzione delle piogge cumulate (mm) sul territorio regionale in Dicembre 2008.

Provincia	Pioggia Dicembre 08 (mm)	Media 98-07 (mm)	Scarto medio pioggia (mm)	Scarto Percentuale (%)
AREZZO	182.2	75.2	107.1	142%
FIRENZE	122.3	81.3	41.0	50%
GROSSETO	262.2	95.6	166.6	174%
LIVORNO	184.7	83.0	101.7	122%
LUCCA	265.5	124.9	140.6	113%
MASSA CARRARA	257.8	118.2	139.6	118%
PISA	128.9	88.5	40.5	46%
PISTOIA	284.8	164.5	120.3	73%
PRATO	142.8	97.5	45.3	46%
SIENA	190.1	79.5	110.6	139%

**Tabella 1** - Tabella di confronto dello scarto di pioggia in mm tra i valori misurati in Dicembre 2008 e la media decennale dello stesso mese.

Il Mese di Gennaio 2009 è risultato piovoso, e considerando l'intero territorio regionale i giorni senza precipitazioni sono risultati otto. La pioggia registrata sul territorio regionale ha raggiunto un cumulado medio di 116 mm (figura 2), Il valore medio regionale ottenuto è pari a circa il doppio di quello medio degli ultimi 10 anni, 68 mm (tabella 2) ed i giorni piovosi sono stati, in media, 13.

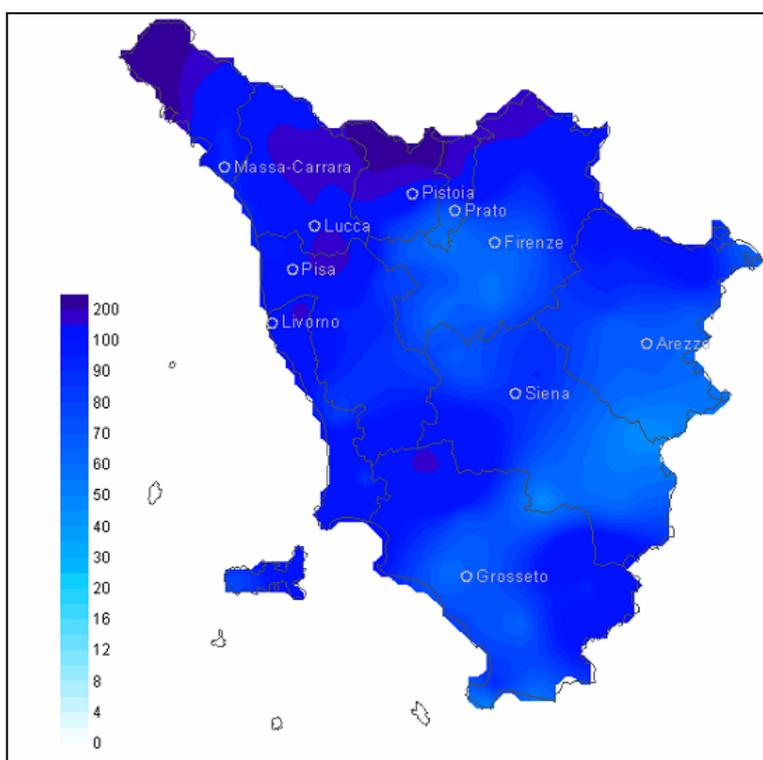


**Figura 2-** Distribuzione delle piogge cumulate (mm) sul territorio regionale in Gennaio 2009.

Provincia	Pioggia Gennaio 2009 (mm)	Media 99-08 (mm)	Scarto medio pioggia (mm)	Scarto Percentuale (%)
AREZZO	81.7	55.8	26.0	47%
FIRENZE	84.9	60.1	24.8	41%
GROSSETO	85.7	54.0	31.7	59%
LIVORNO	64.7	51.9	12.7	24%
LUCCA	209.1	95.9	113.2	118%
MASSA CARRARA	260.5	104.9	155.6	148%
PISA	101.9	64.4	37.5	58%
PISTOIA	223.4	123.9	99.6	80%
PRATO	129.7	81.2	48.5	60%
SIENA	60.8	50.1	10.8	22%

**Tabella 2-** Tabella di confronto dello scarto di pioggia in mm tra i valori misurati in Gennaio 2009 e la media decennale dello stesso mese.

Febbraio 2009 è stato un altro mese piovoso, la pioggia registrata sul territorio regionale ha raggiunto un cumulo medio di 101.4 mm (figura 3 ). Presso il Servizio Agrometeorologico Regionale il valore medio storico degli anni 1996-2008 per il mese di Febbraio è pari a 53.9 mm, quindi circa la metà di quello rilevato quest'anno.



**Figura 3** - Distribuzione delle piogge cumulate (mm) sul territorio regionale in Febbraio 2009.

Provincia	Pioggia Febbraio 2009 (mm)	Media 96-08 (mm)	Scarto medio pioggia (mm)	Scarto Percentuale (%)
AREZZO	77.6	46.9	30.7	65%
FIRENZE	78.0	52.8	25.2	48%
GROSSETO	90.2	47.6	42.6	89%
LIVORNO	111.0	36.9	74.1	201%
LUCCA	139.3	71.5	67.8	95%
MASSA CARRARA	151.3	69.7	81.6	117%
PISA	103.2	48.8	54.4	111%
PISTOIA	160.9	87.1	73.8	85%
PRATO	98.9	68.2	30.7	45%
SIENA	72.9	42.9	30	70%

**Tabella 3** - Tabella di confronto dello scarto di pioggia in mm tra i valori misurati in Febbraio 2009 e la media decennale dello stesso mese.

#### **4. CAMPAGNA DI MISURA ED ELABORAZIONE DEI DATI**

Nel mese di marzo 2009 si è proceduto all'esecuzione della campagna di misura dei pozzi prescelti per la creazione della rete di monitoraggio permanente.

In ogni pozzo è stata rilevata la misura della profondità della falda mediante freatimetro elettrico ed è stato eseguito, con campionatore tipo bailer, il prelievo di un campione d'acqua per la misura dei parametri Temperatura, conducibilità e pH.

La misura di temperatura è stata eseguita mediante un termometro a mercurio, mentre i valori di conducibilità e pH sono stati determinati mediante conducimetro e pHmetro della ditta HANNA Instruments opportunamente tarati prima della campagna.

Le misure eseguite sono state riportate nelle apposite schede ed anche su base cartografica. In particolare sono state prodotte le seguenti cartografie:

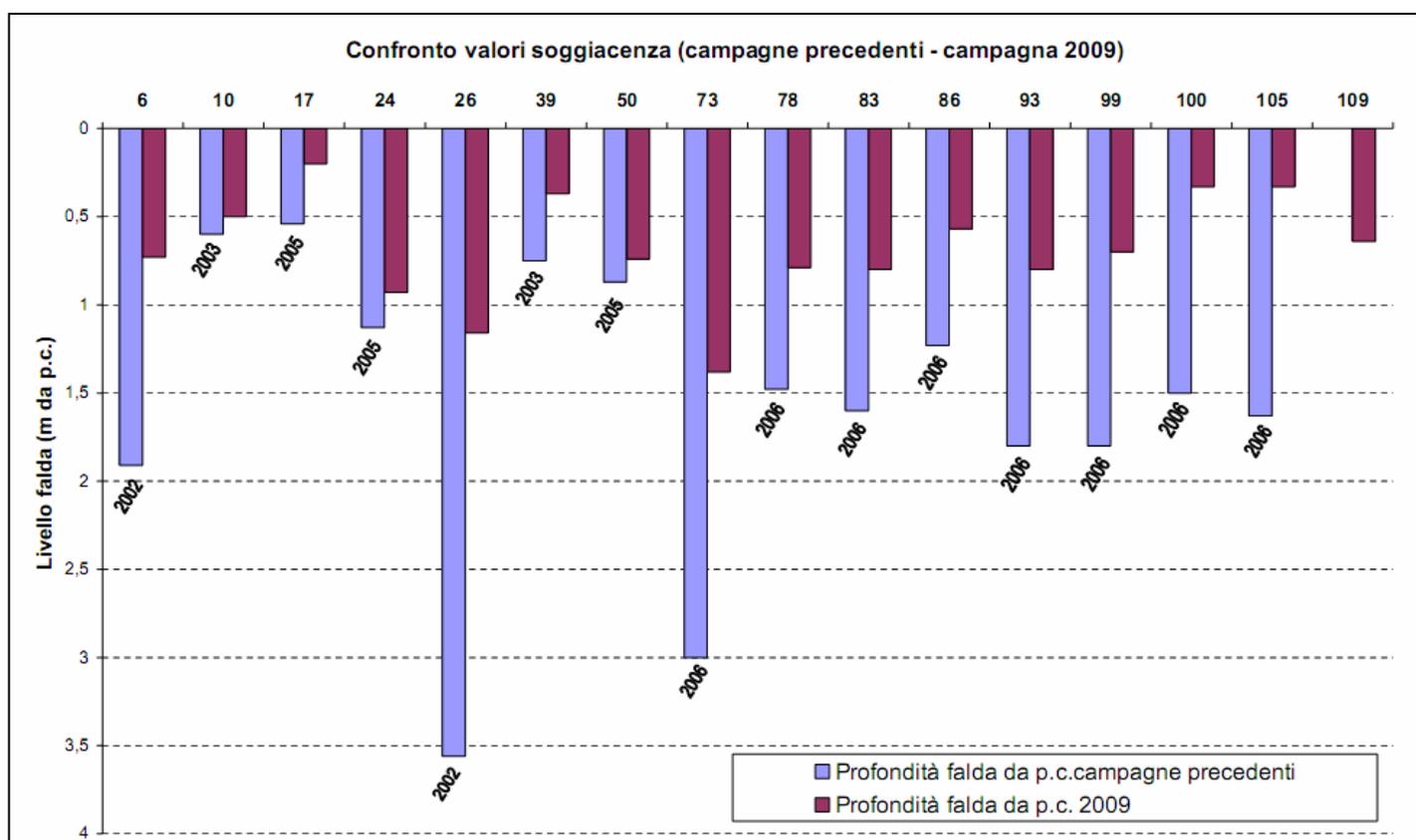
- carta dei pozzi di monitoraggio e della soggiacenza (scala 1:30.000)
- carta dei valori di conducibilità (scala 1:30.000)
- carta dei valori di pH (scala 1:30.000)

Si è quindi proceduto al confronto con i valori di soggiacenza (profondità della falda dal piano campagna) misurati nelle campagne precedenti con i valori misurati nei 16 pozzi nel mese di marzo 2009.

Le campagne precedenti, con le quali sono stati confrontati i valori del livello di falda da piana campagna e di conducibilità dei 16 pozzi della rete di monitoraggio, corrispondono alle campagne di aprile-maggio 2002, marzo 2003, aprile 2005 e maggio 2006.

#### 4.1 Analisi della variazione della soggiacenza nel tempo

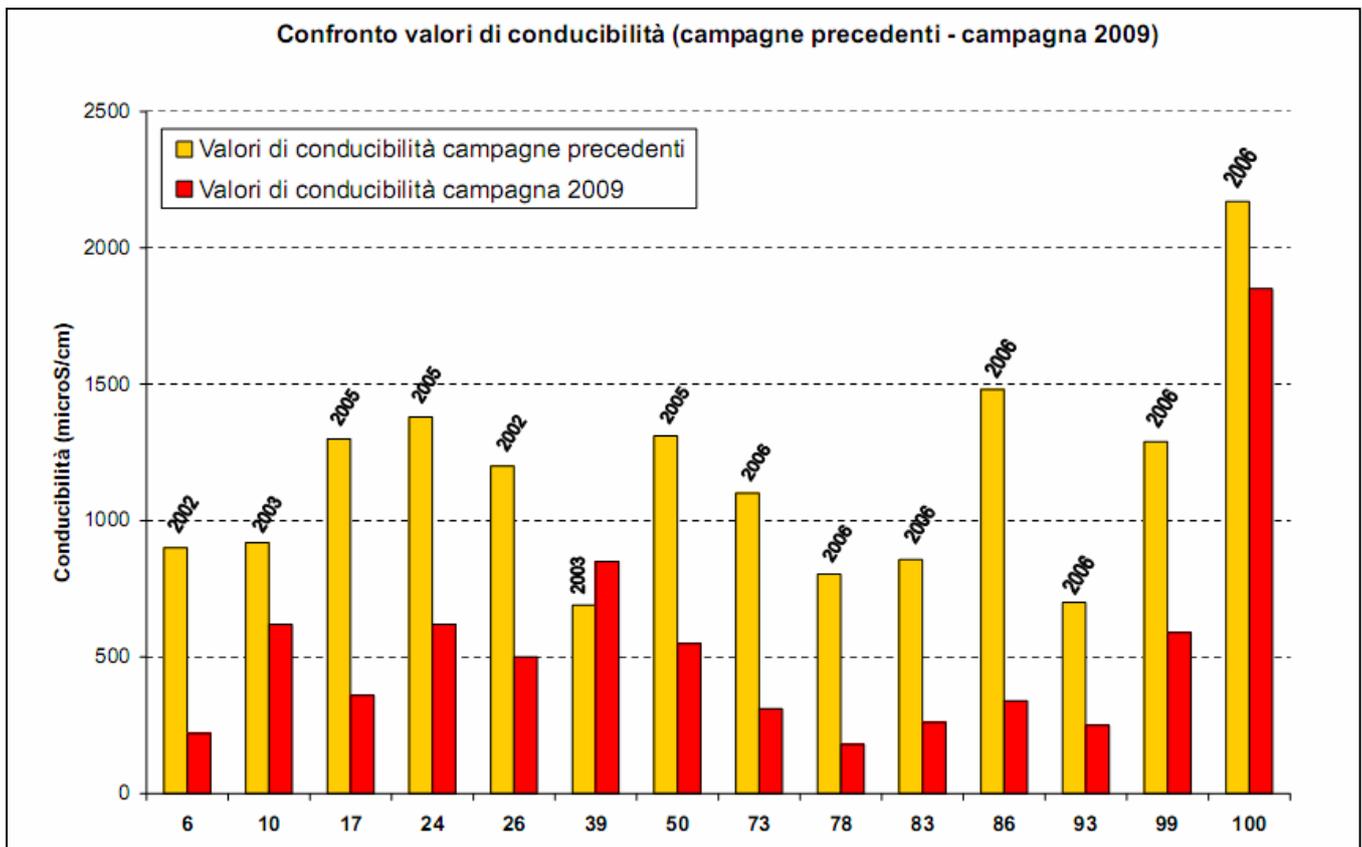
Come visibile nel grafico seguente la falda si trova a profondità sempre inferiori al metro da p.c. ad eccezione dei pozzi 26 e 73 che presentavano comunque anche in precedenza profondità superiori agli altri pozzi (3,6m e 3,0m rispettivamente); la profondità media della falda da p.c. risulta molto superficiale e pari a 0.5m tale fatto è sicuramente correlabile con le intense e prolungate precipitazioni avvenute nei mesi precedenti la campagna di misura, come riportato nel paragrafo precedente.



## 4.2 Analisi della variazione della conducibilità nel tempo

I valori di conducibilità misurati nei 16 pozzi nel mese di marzo 2009 variano da un minimo di 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (pozzo 109) a un massimo di 1850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (pozzo 78).

I valori sono stati confrontati con quelli misurati nelle campagne precedenti; come risulta dal grafico sottostante i valori di conducibilità sono nettamente inferiori a quelli registrati nelle misure a eccezione del pozzo 39 che riporta un incremento di conducibilità da 690  $\mu\text{S}/\text{cm}$  del marzo 2003 a 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  del marzo 2009.



## 5. PRINCIPALI EVIDENZE DEL MONITORAGGIO ESEGUITO

Sulla base dei dati misurati e sulla loro elaborazione si può affermare che il livello della falda freatica attualmente giace ad una media di 0.5m – 0.8m da piano campagna, mostrando livelli più prossimi al p.c. rispetto al passato (campagne 2002, 2003, 2005 e 2006) a causa delle elevate precipitazioni cadute nei mesi precedenti marzo 2009.

Si nota che, pur nella generale tendenza alla risalita dei livelli, alcuni sono cresciuti di più rispetto ad altri (ad esempio il pozzo 26 rispetto al pozzo10).

Tali differenze sono dovute principalmente alla diversa profondità dei pozzi, alla differenza di permeabilità dei terreni e alla differenza di alimentazione ( ad esempio il pozzo 26 è verosimilmente in comunicazione con il subalveo del Fiume Arno).

L'incremento di precipitazione segnalato nel paragrafo 3 ha influito direttamente sulla conducibilità delle acque, portando ad una generale diluizione e quindi una diminuzione del valore di conducibilità elettrica (vedi paragrafo 4.2).

Esiste una variabilità dei valori di conducibilità elettrica compresa tra un minimo di 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (pozzo 109) ed un massimo di 1850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (pozzo 100).

In particolare si segnala il fatto che il pozzo 100 ricade in una porzione della pianura in cui precedenti studi avevano già segnalato valori di conducibilità delle acque superficiali notevolmente più alti della media. Si segnala inoltre che il pozzo 39 registra un valore di conducibilità elettrica di 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  che è l'unico caso in cui il valore di conducibilità risulta maggiore di quello registrato nelle campagne precedenti.

Si suggerisce quindi di approfondire le indagini idrochimiche in questa zona in modo da individuare le cause delle anomalie (probabile inquinamento).

Considerando che, a temperatura ordinaria, il pH dell'acqua pura è uguale a 7 e che nei nostri climi il pH delle acque naturali varia generalmente tra 7,2 e 7,5, i valori riscontrati nelle acque di falda rientrano in questo range ad eccezione del pozzo 86 che mostra un pH uguale ad 8 (acqua basica). Prima di formulare ipotesi sulle cause di questa variabilità riteniamo necessario ripetere la misura.

In conclusione si può rilevare quanto segue:

- 1) l'andamento pluviometrico registrato negli ultimi mesi (particolarmente abbondante) ha determinato un generale sollevamento del livello di falda; non si segnalano quindi zone di particolare criticità legate a basse piezometrie.
- 2) Si riscontrano alcuni valori anomali della conducibilità elettrica, tali valori potrebbero essere indice di un inquinamento della falda.

Si ritiene opportuno approfondire le indagini idrochimiche al fine di correlare la variabilità del dato di conducibilità elettrica con eventuali fenomeni di inquinamento della falda.

Pisa, aprile 2009

Dott. Geol. Luciano Sergiampietri