

Studio idrogeologico dell'acquifero freatico e del primo acquifero
confinato prospicienti la sponda destra del fiume Po.
Analisi dei dati raccolti nel 2013 e 2014.

Bologna, ottobre 2014

Paolo Severi, Giulia Biavati, Luciana Bonzi, Venusia Ferrari

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

Direzione Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa

Regione Emilia-Romagna

Responsabile del Servizio Gabriele Bartolini

Premessa

Nell'ambito dei lavori relativi alla verifica sismica delle arginature in sponda destra del fiume Po, di cui al DPCM 23 maggio 2007, si è reso necessario effettuare delle misure piezometriche dell'acquifero freatico e del primo acquifero confinato prospicienti il Po. A tal fine è stata realizzata una apposita rete di monitoraggio, costituita da 39 piezometri installati nell'inverno 2010 – 2011, distribuiti nel tratto di fiume tra Boretto (Re) e Ro Ferrarese (Fe).

Questi piezometri sono stati posti in 10 stazioni di monitoraggio, ciascuna delle quali è costituita sia da piezometri che interessano la falda freatica che da piezometri più profondi per il monitoraggio del primo acquifero confinato. Alcuni punti di monitoraggio si trovano in prossimità dell'argine ed altri ad alcuni chilometri da esso (Figura 1 e Figura 2).

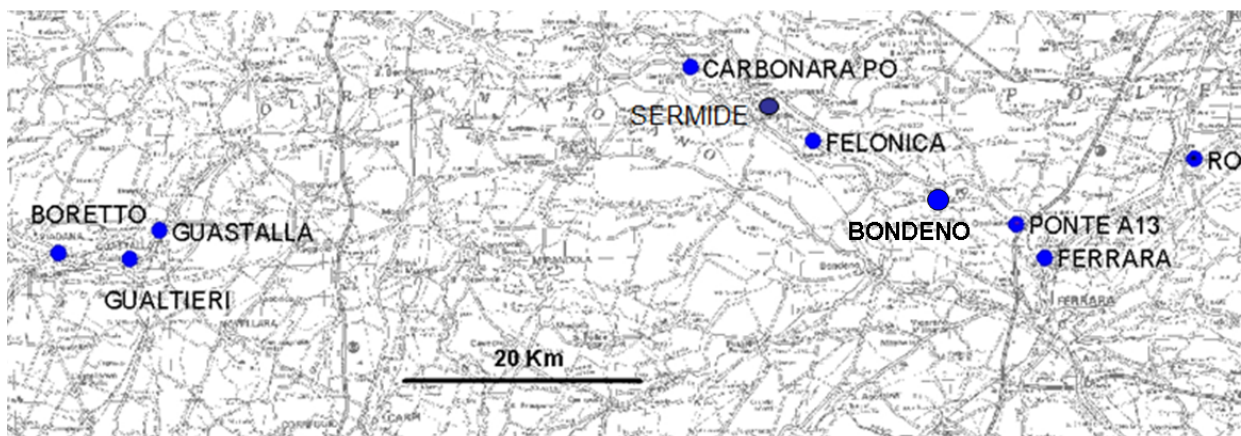


Figura 1 : ubicazione delle 10 stazioni interessate dal monitoraggio

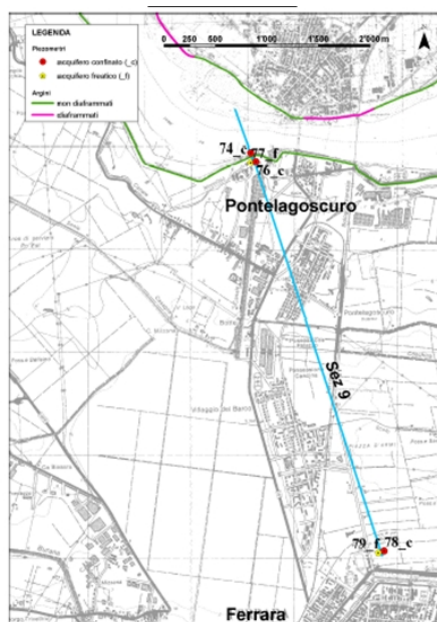


Figura 2 : distribuzione dei piezometri in una stazione di monitoraggio completa (suffisso f = piezometro nell'acquifero freatico, suffisso c = piezometro nell'acquifero confinato)

Per le esigenze dettate dal progetto di verifica di stabilità dell'argine, nei piezometri sono state installate sonde per il monitoraggio in continuo (orario) del livello, della temperatura e della conducibilità elettrica. I dati del primo anno di monitoraggio (aprile 2011 – maggio 2012) sono già stati oggetto di analisi in "Definizione del modello geologico e idrogeologico della zona arginale del fiume Po in destra idrografica da Boretto (RE) a Ro (FE), Severi P. & Biavati G. 2013" ed in "Monitoraggio in continuo degli acquiferi del Po, Severi P. et. alii, 2012".

Dati disponibili nel periodo 2013 - 2014

Terminato lo studio per la verifica sismica delle arginature in sponda destra del fiume Po, si è ritenuto importante mantenere comunque attiva una parte della rete di monitoraggio delle acque sotterranee predisposta.

Nella primavera del 2013 è stata effettuata la chiusura mineraria dei piezometri considerati meno significativi. Il monitoraggio dei piezometri ricadenti nel territorio della provincia di Mantova è invece stato preso in carico da AIPO per l'eventuale prosieguo della raccolta dati da parte della Regione Lombardia. I piezometri attualmente disponibili in Emilia – Romagna sono 22 (Figura 3)

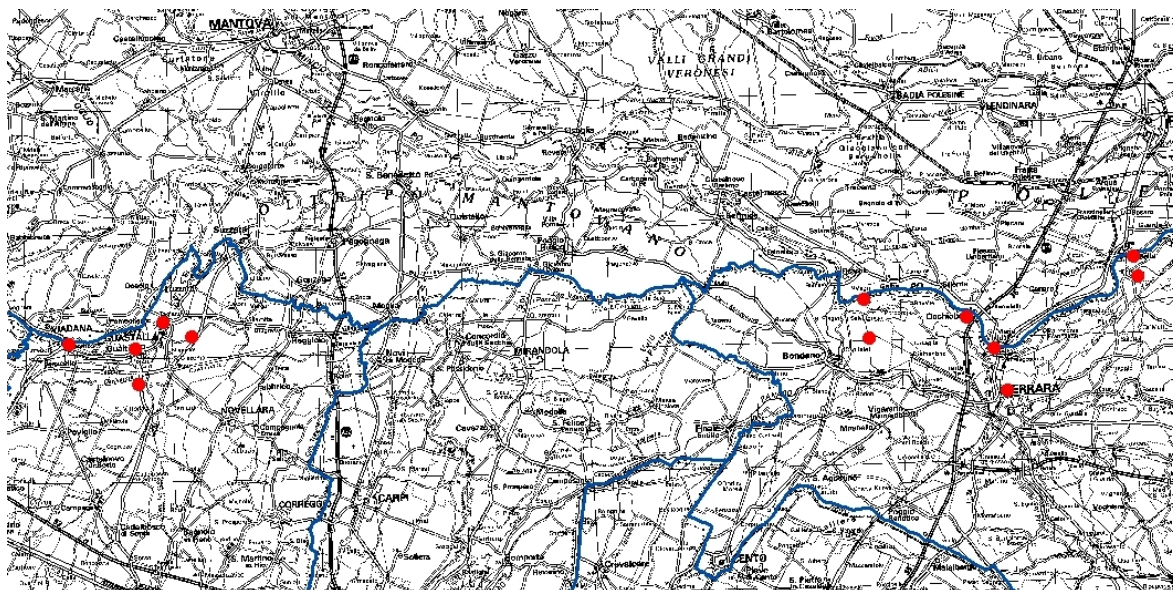


Figura 3 : ubicazione dei 22 piezometri attualmente disponibili per il monitoraggio.

Durante il biennio 2013-2014, a fronte di diversi problemi di funzionamento riscontrati, si è valutato di fare una manutenzione completa di tutte le sonde installate che sono state pertanto rimosse dai piezometri ed inviate alla ditta costruttrice.

I piezometri per i quali si ha disponibilità di dati nel 2013 e 2014 sono 7 (figura 4); questi dati verranno illustrati ed analizzati nel proseguo di questo rapporto.

Va sottolineato che l'analisi dei dati raccolti non ha evidenziato novità rispetto alle conclusioni ottenute nei report prodotti in precedenza (Definizione del modello geologico e idrogeologico della zona arginale del fiume Po in destra idrografica da Boretto (RE) a Ro (FE), Severi P. & Biavati G. 2013; Monitoraggio in continuo degli acquiferi del Po, Severi P. et. alii, 2012).

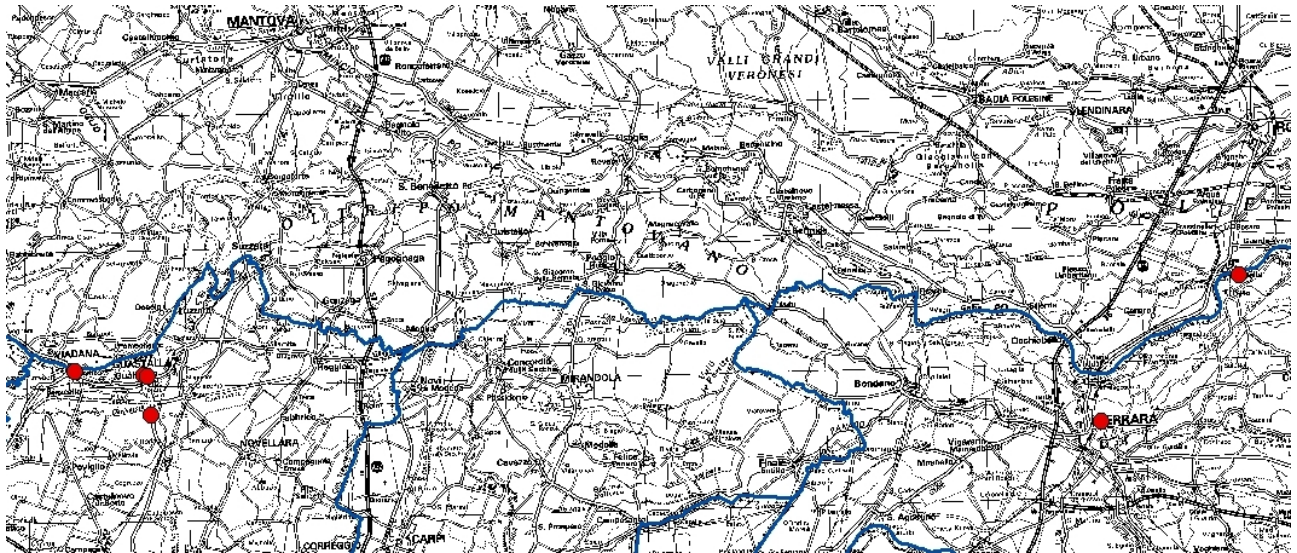


Figura 4 : ubicazione dei 12 piezometri attualmente disponibili per il monitoraggio.

Analisi dei dati raccolti

Stazione di Boretto

E' disponibile solo un piezometro, relativo all'acquifero freatico e ubicato subito al piede esterno dell'argine (Figura 5).

I dati raccolti vanno dall'aprile 2011 al febbraio 2013 (figura 6).

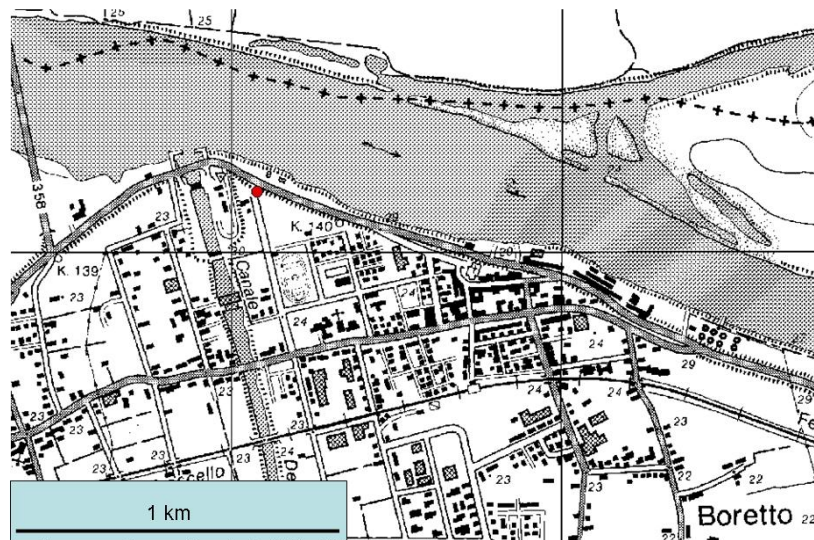


Figura 5: stazione di Boretto

Durante il periodo monitorato il livello della falda freatica mostra un andamento stagionale, a cui si sovrappongono i repentini picchi di innalzamento, dovuti alle piene del Po.

A prescindere da questi picchi, si osservano dei massimi primaverili (2011 e 2012) e tardo invernali (2013), e dei minimi autunnali (2011) ed estivi (2012). L'oscillazione massima della falda è stata di 2.3 m circa; la soggiacenza è stata mediamente di 3 - 4 metri dal piano campagna.

Il livello della falda è stato generalmente più alto di alcuni metri (fino a 3.5 – 4) rispetto al livello del fiume (la falda, quindi, alimenta il fiume), tranne nelle occasioni di piena del Po (novembre 2011, maggio e dicembre 2012), quando i rapporti tra i livelli si sono invertiti e, per un breve periodo, è stato il fiume ad alimentare la falda.

La conducibilità elettrica è stata compresa tra 1.5 e 1.7 mS/cm, un range di valori tipico per le falde freatiche. La diminuzione abbastanza brusca registrata dall'agosto 2012 in poi è collegata probabilmente all'aumento del livello piezometrico e ad una diluizione dei sali disciolti nell'acqua, mentre il brusco abbassamento che inizia a gennaio 2013 potrebbe essere dovuto ad un mal funzionamento dello strumento.

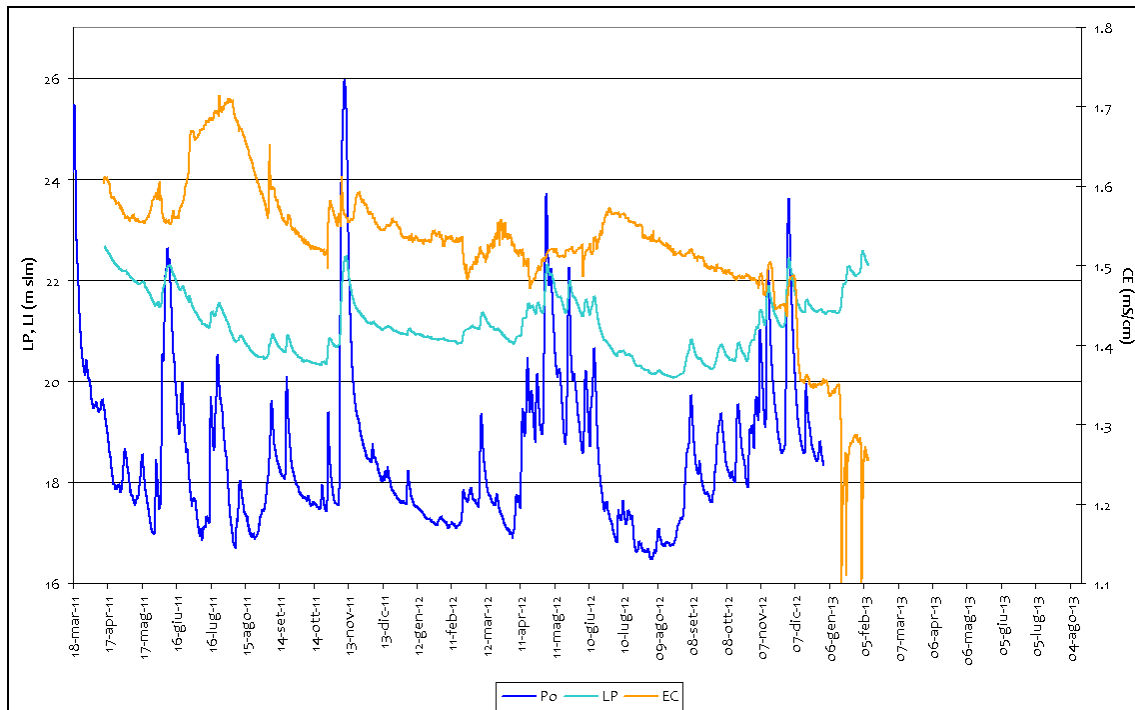


Figura 6: livello piezometrico, conducibilità elettrica e livello del Po nella stazione di Boretto

Nella Figura7, che mette a confronto il livello piezometrico con le piogge cumulate, si osserva un'evidente influenza delle precipitazioni sull'andamento del livello dell'acqua, con aumenti del livello che, in occasione di eventi intensi, arrivano anche a diversi decimetri, come nel giugno e luglio 2011.

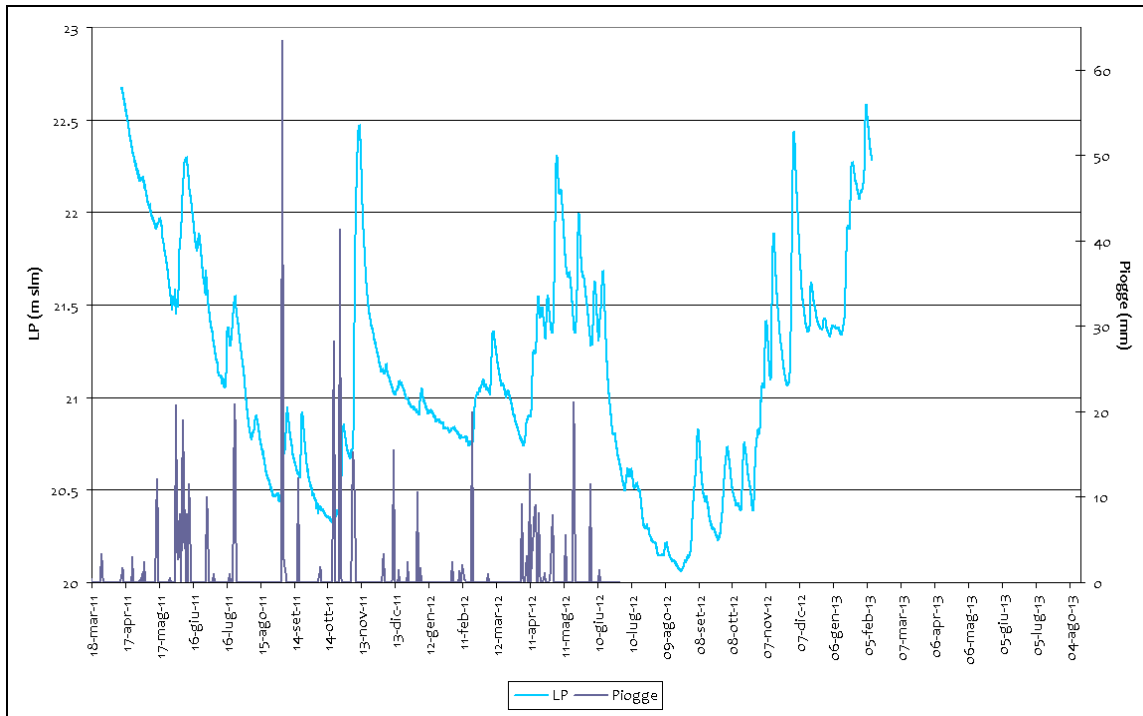


Figura 7: livello piezometrico e piogge nella stazione di Boretto

La temperatura ha avuto un andamento sinusoidale, con massimi in inverno (circa 16 °C) e minimi in estate (circa 14.5 °C). Si osservano anche delle diminuzioni rapide della temperatura dovute verosimilmente all'arrivo di acqua più fredda da Po (ex novembre 2011, dicembre 2012) (figura 8).

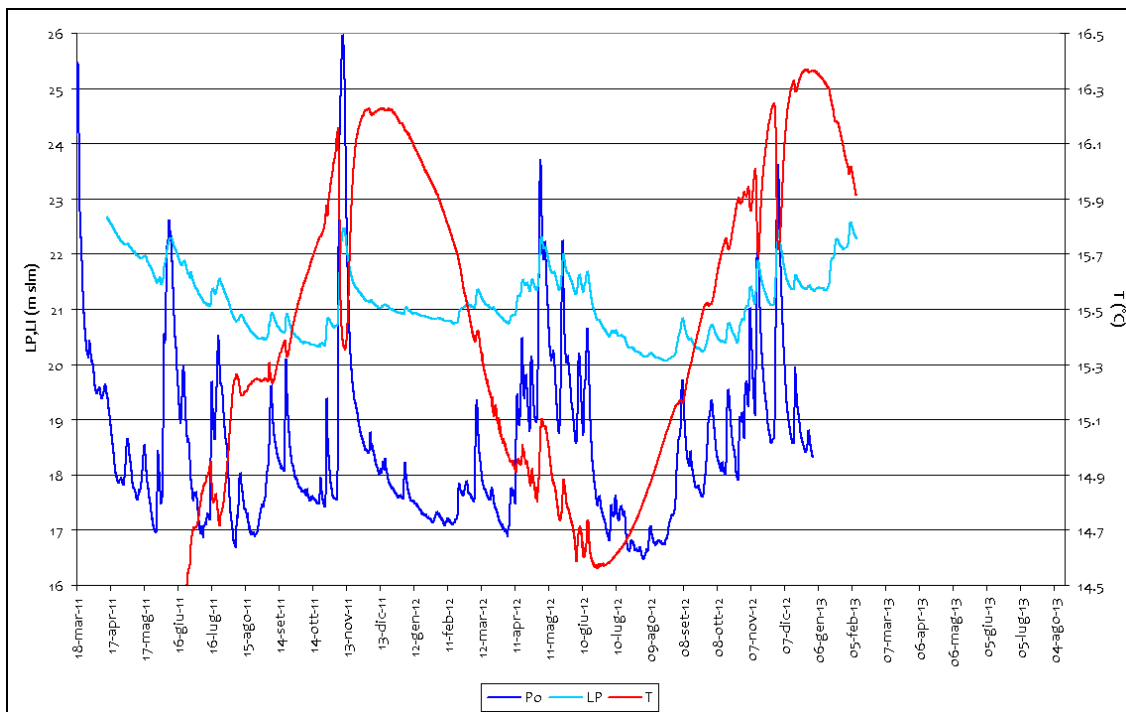


Figura 8: livello piezometrico, temperatura della falda e livello del Po nella stazione di Boretto

Stazione di Gualtieri

La stazione di Gualtieri è costituita da 3 piezometri, due dei quali interessano l'acquifero confinato e sono posizionati uno internamente (S8) ed uno esternamente rispetto all'argine (S11), mentre il

terzo interessa l'acquifero freatico (S12) ed è ubicato circa 3 km a sud dei precedenti (Figura 9). I dati sono stati acquisiti sino alla primavera del 2013.

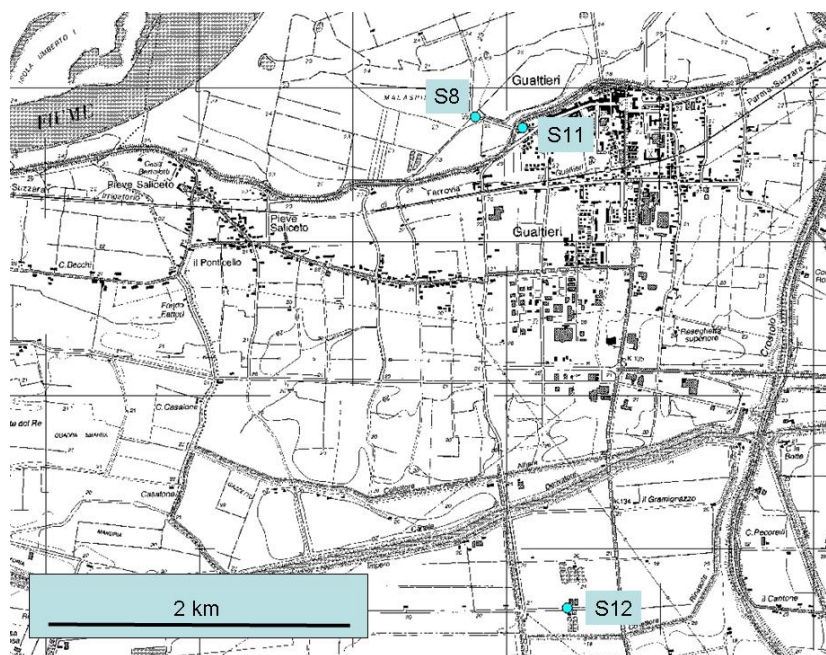


Figura 9: stazione di Gualtieri

I piezometri relativi all'acquifero confinato (S8 ed S11) hanno un livello del tutto simile tra loro che è caratterizzato da un andamento sinusoidale di carattere stagionale. Le oscillazioni del fiume vengono percepite con un po' di ritardo, in relazione alla distanza tra il Po ed i piezometri (circa 1.5 km) (Figura 10). I livelli dell'acquifero seguono, smorzandolo, l'andamento del fiume, e sembrano complessivamente mediane il livello, essendo più alti del fiume in occasione delle magre e viceversa durante le piene. Conseguentemente si modificano i rapporti di scambio idrico tra il fiume e la falda. L'oscillazione massima del livello dell'acquifero è stata di 4 m circa, con un minimo nel settembre 2012 ed un massimo nel maggio 2013.

La conducibilità elettrica per questi due piezometri è abbastanza simile come andamento, anche se diversa nei valori assoluti. La conducibilità si mantiene generalmente su valori di 2.5 mS/cm (S8) e 1.5 mS/cm (S11), ma subisce delle brusche cadute in occasione delle piene del Po, a testimoniare la ricarica del fiume verso l'acquifero.

Il livello dell'acquifero freatico mostra un andamento sinusoidale, con massimi generalmente tardo primaverili e minimi autunnali, che a volte paiono essere correlabili con le variazioni della conducibilità elettrica; in corrispondenza delle risalite del livello della falda si osservano difatti, in diversi casi, delle cadute anche sensibili della conducibilità. E' molto probabile che ciò sia dovuto alla ricarica dell'acquifero operata dalle piogge locali (Figura 11b), piuttosto che dalla ricarica del Po, lontano oltre 5 Km dal piezometro. La massima oscillazione osservata è stata di 2.6 m (massimo aprile 2011, minimo settembre 2012); la soggiacenza è stata mediamente di un paio metri dal piano campagna.

L'influenza delle precipitazioni sull'andamento del livello piezometrico è abbastanza evidente (giugno 2011, novembre 2011, giugno 2012), con aumenti del livello che, in occasione di eventi intensi, arrivano anche ad alcuni decimetri, come nel giugno 2011 (Figura 11b).

Per quel che riguarda i valori della temperatura, il piezometro S8 evidenzia delle variazioni abbastanza ampie (da 14 a 15.4 °C) che sembrano risentire della ricarica operata dal Po (l'arrivo di acqua dal fiume nell'acquifero ne abbassa la temperatura). In S11 si osservano delle debolissime oscillazioni stagionali, mentre in S12 la temperatura non ha registrato variazioni (Figura 11a).

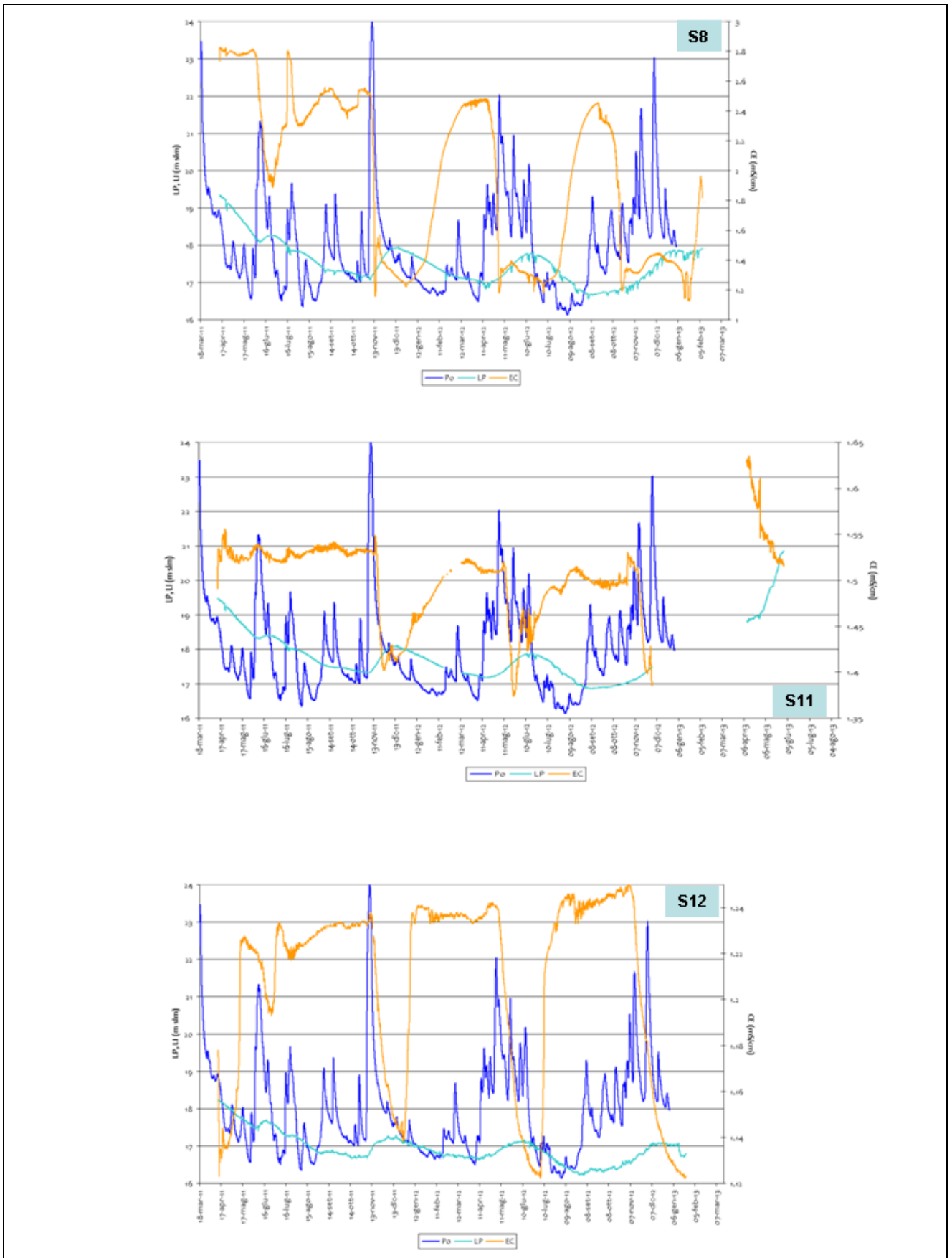


Figura 10 : livello piezometrico, conducibilità elettrica e livello del Po nella stazione di Gualtieri

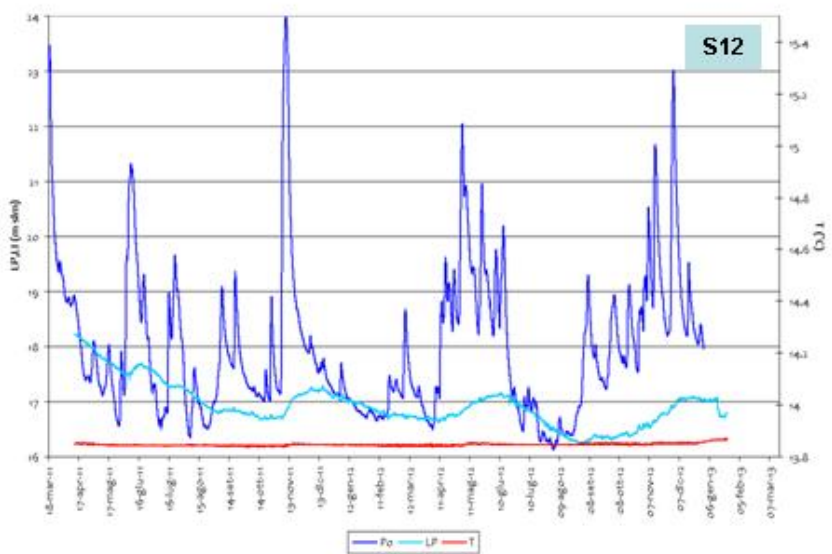
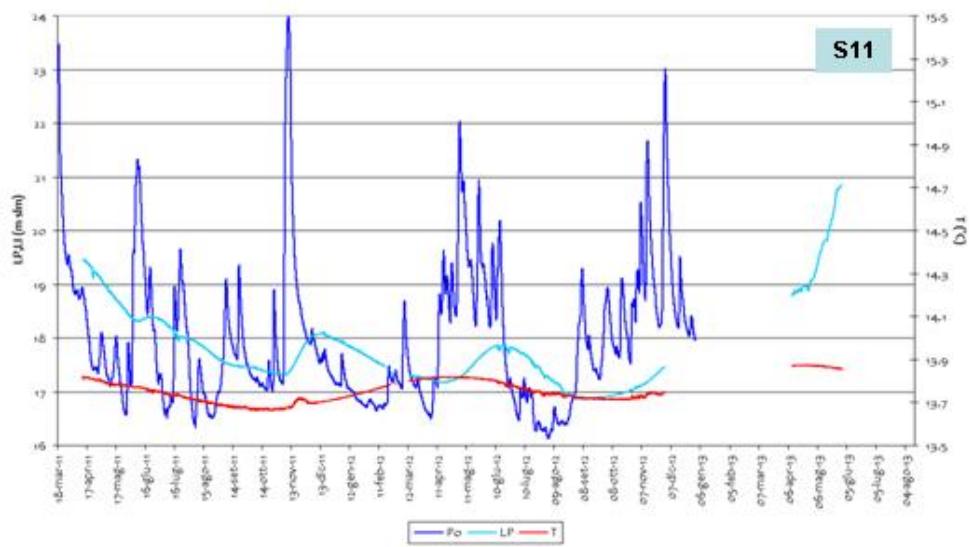
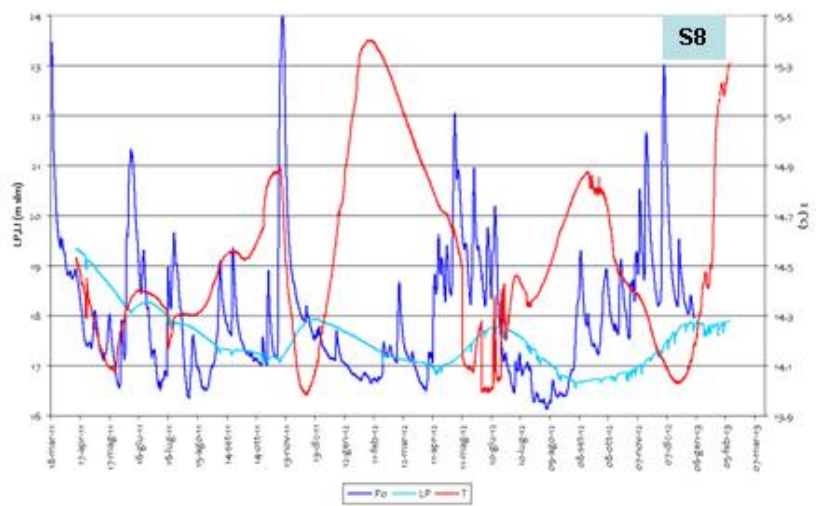


Figura 11a : livello piezometrico, livello del Po e temperatura della falda nella stazione di Gualtieri

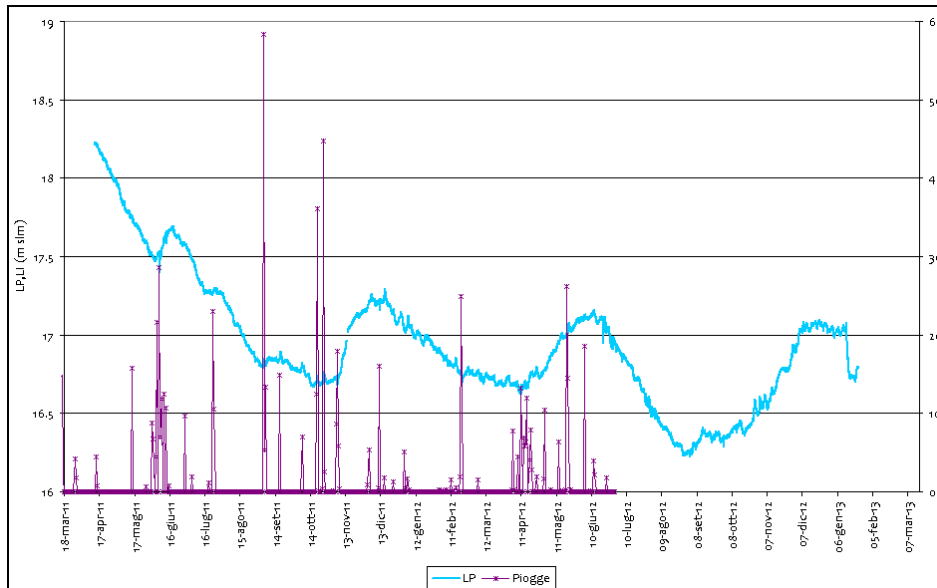


Figura 11b : livello piezometrico e piogge nella stazione di Gualtieri

Stazione di Ferrara

La stazione di Ferrara è costituita da due piezometri ubicati a circa 5 metri uno dall'altro, di cui uno interessa l'acquifero freatico (S79) e l'altro l'acquifero confinato (S78) (Figura 12).

I dati sono stati acquisiti sino all'agosto 2014 (S11), se pur con un'interruzione tra il 2013 ed il 2014.

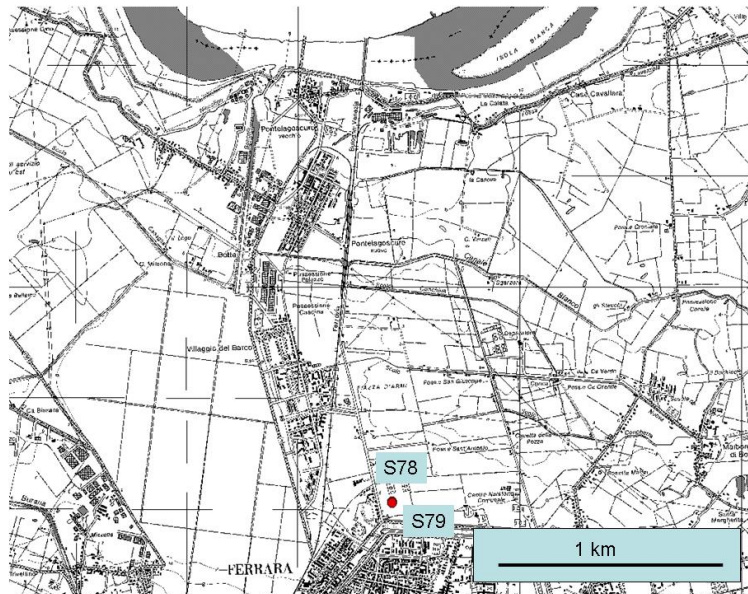


Figura 12: stazione di Ferrara (i due punti appaiono sovrapposti per motivi di scala)

Il livello piezometrico dell'acquifero confinato (S78) mostra un'oscillazione stagionale con minimi in estate – autunno e massimi nella tarda primavera. L'oscillazione massima registrata è di circa 2 m con un minimo nel settembre 2012 ed un massimo nel maggio 2013. Per quel che riguarda i rapporti con il fiume l'acquifero ha avuto quote simili al Po durante le magre, tra il dicembre 2011 ed l'agosto 2012, mentre successivamente il livello del fiume è sempre stato superiore all'acquifero (il fiume alimenta la falda), anche durante le magre. Durante le piene, il livello del Po è sempre molto più alto dell'acquifero, che tuttavia non risente delle sollecitazioni delle singole piene, in relazione alla distanza abbastanza ragguardevole (4 km) tra i piezometri ed il fiume.

L'acquifero freatico (S79) ha avuto un andamento stagionale, se pur non ben visibile a causa di alcune interruzioni delle letture, con minimi estivi e massimi tardo primaverili. L'oscillazione

massima registrata è di 2.2 m circa, con il minimo nel settembre 2012 e massimi nel marzo 2013 e 2014.

Trattandosi di due piezometri sostanzialmente coincidenti, è interessante osservarne contemporaneamente l'andamento del livello (Figura 14). I due andamenti sono abbastanza simili, anche se l'acquifero freatico mostra di rispondere più velocemente alla ricarica (da fiume o più probabilmente da pioggia); il livello dell'acquifero freatico è costantemente più alto di circa 80 – 100 centimetri rispetto al livello dell'acquifero confinato.

Per quel che riguarda la conducibilità elettrica, l'acquifero confinato mostra una sensibile diminuzione durante la primavera del 2013, da mettere probabilmente in relazione coi ripetuti episodi di ricarica fluviale. Nel grafico si osserva uno sfasamento temporale tra diminuzione della conducibilità e aumento del livello, dovuto invece alla variazione della pressione.

La conducibilità dell'acquifero freatico è invece rimasta sostanzialmente invariata.

Per quel che riguarda la temperatura i due piezometri mostrano entrambi un andamento sinusoidale, con valori del tutto simili, con minimi in estate e massimi in inverno (Figura 15).

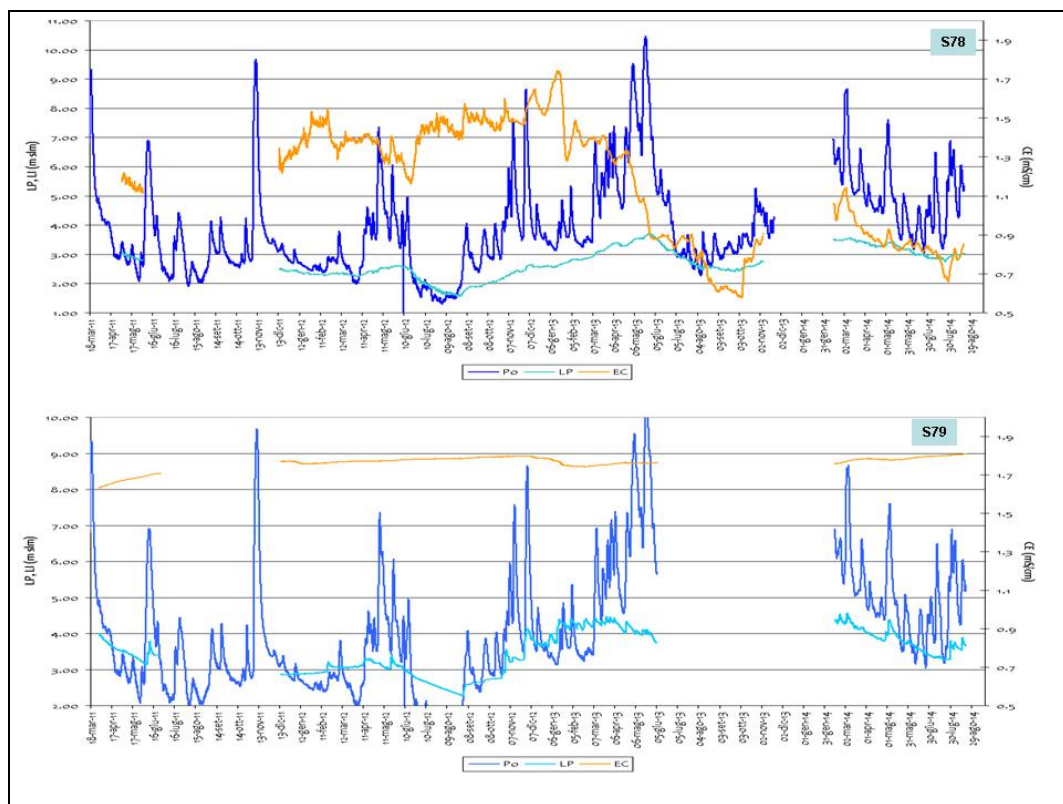


Figura 13: livello piezometrico, conducibilità elettrica e livello del Po nella stazione di Ferrara

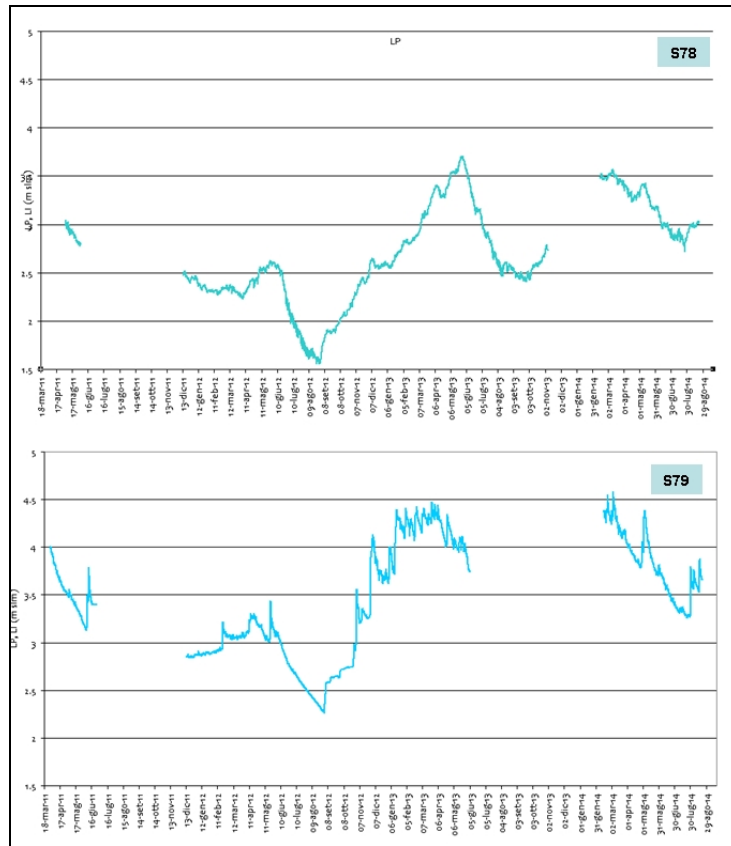


Figura 14: livello piezometrico di S78 e S79

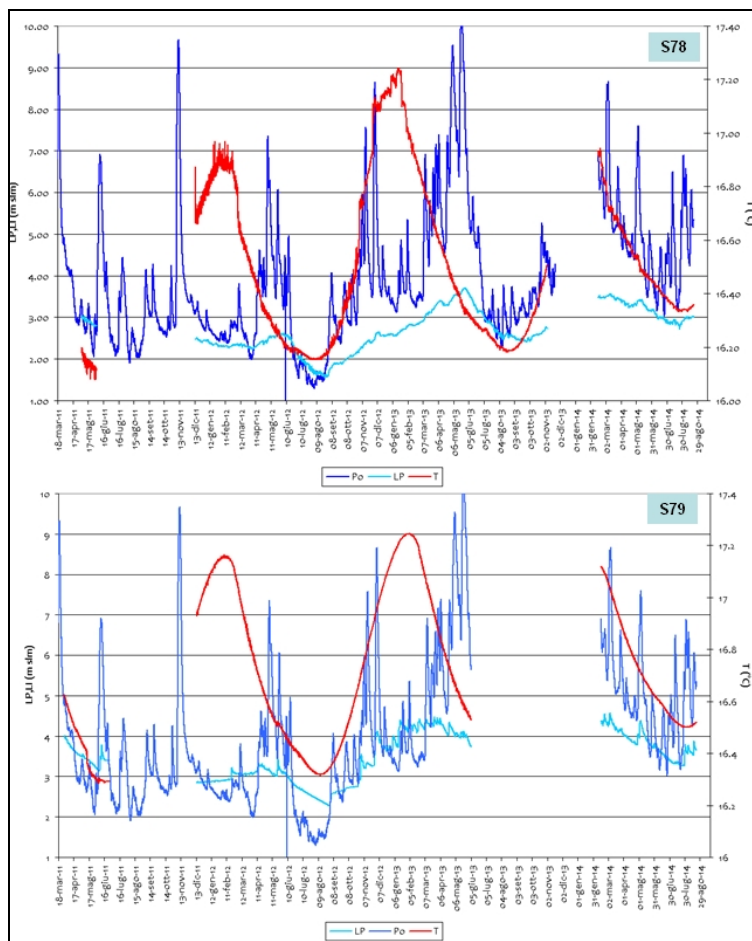


Figura 15: livello piezometrico, livello del Po e temperatura della falda nella stazione di Ferrara

Stazione di Ro ferrarese

La stazione di Ro ferrarese è costituita da un solo piezometro che interessa l'acquifero confinato, ubicato al piede esterno dell'argine e distante dal fiume solo alcune decine di metri (Figura 16).

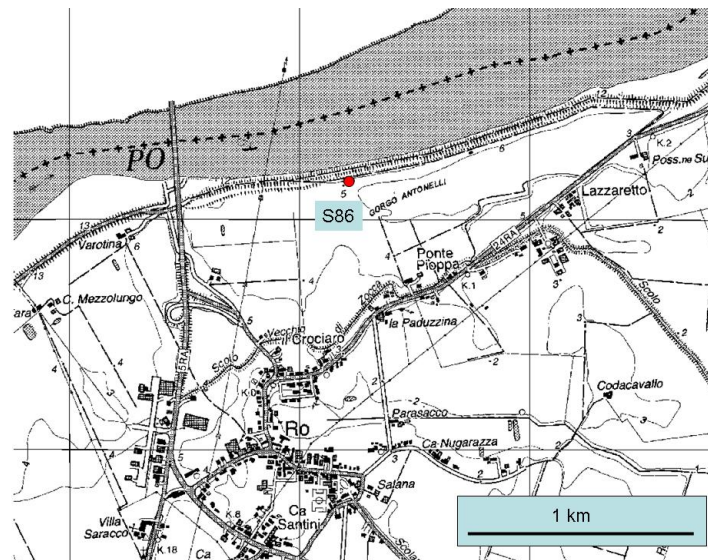


Figura 16: ubicazione della stazione di Ro ferrarese

I dati sono stati acquisiti sino al luglio 2014, se pure con un'interruzione tra l'inverno 2012 e la primavera 2013.

Il livello piezometrico dell'acquifero confinato ricalca in toto quello del fiume, rimanendo però sempre inferiore ad esso, tranne che in rari momenti all'inizio del monitoraggio quando i due livelli sono sostanzialmente uguali. Solitamente il livello dell'acquifero è inferiore rispetto a quello del fiume di alcuni decimetri, mentre durante le piene il fiume è più alto di diversi metri rispetto all'acquifero.

L'andamento dell'acquifero evidenzia una certa stagionalità, fortemente influenzata dalla presenza del vicinissimo fiume Po, con minimi estivi (agosto), e massimi primaverili o tardo invernali (nel 2014). L'oscillazione massima registrata è stata di 5.6 m con un minimo nell'agosto 2012, ed un massimo nel maggio 2013. L'andamento della conducibilità è sostanzialmente piatto durante le magre, mentre diminuisce in modo evidente, anche se con valori assoluti molto bassi, in occasione delle piene.

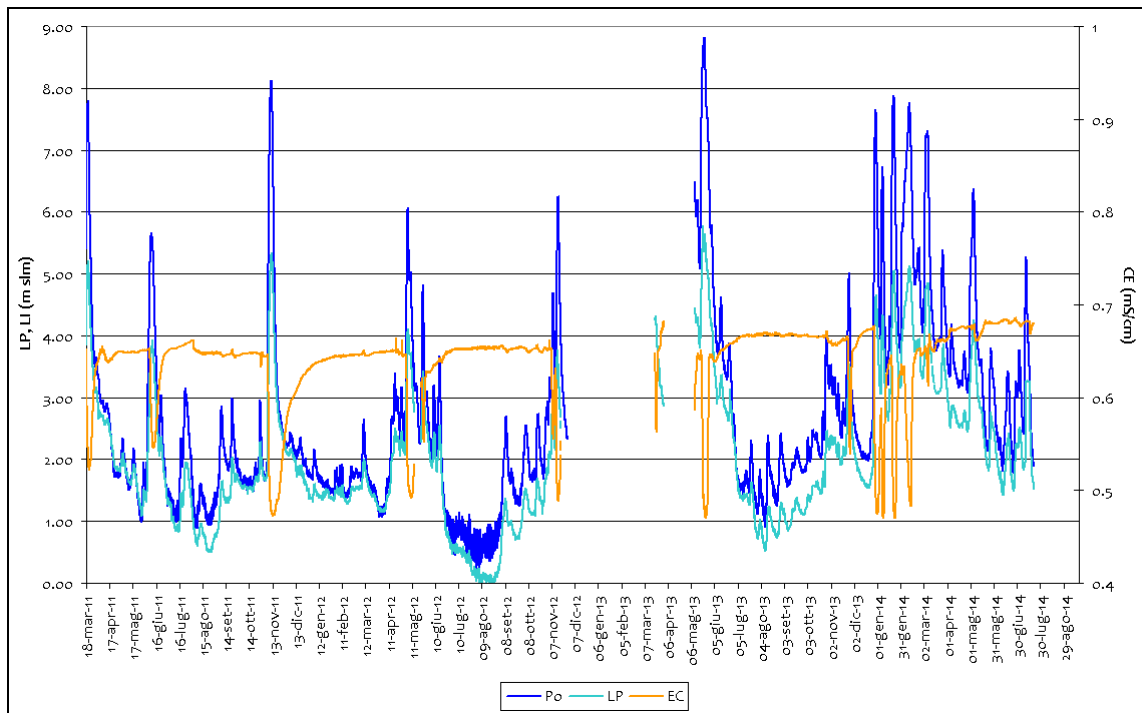


Figura 17: livello piezometrico, conducibilità elettrica e livello del Po nella stazione di Ro ferrarese

La temperatura ha avuto delle oscillazioni debolissime, che in alcuni casi sono simultanee alle piene del Po (Figura 18).

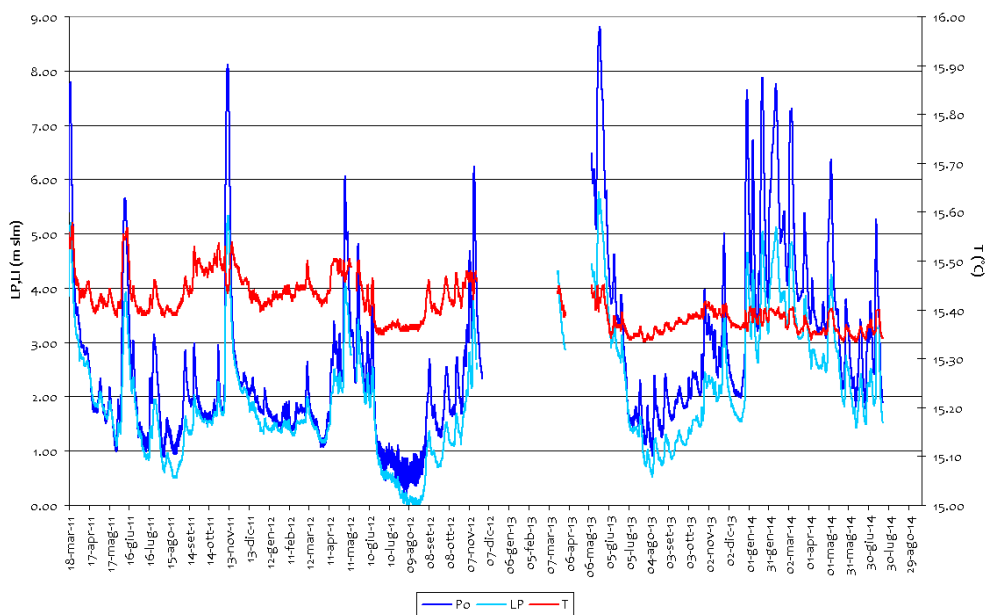


Figura 18: livello piezometrico, livello del Po e temperatura della falda a Ro ferrarese

Conclusioni

La rete di monitoraggio di piezometria, conducibilità elettrica e temperatura predisposta nell'ambito dei lavori relativi alla verifica sismica delle arginature in sponda destra del fiume Po, di cui al DPCM 23 maggio 2007, è tutt'ora disponibile con 22 piezometri (dei 39 originali) ubicati lungo la sponda destra del Po provincia nelle province di Reggio Emilia e Ferrara (Figura 3). Questa rete potrà essere utilizzata per il monitoraggio della falda freatica e del primo acquifero confinato prospicienti il fiume Po.

I dati rilevati nel corso del 2013 – 2014 non hanno portato novità rispetto alle conclusioni ottenute dall'analisi dei dati raccolti nel periodo precedente.

Per quel che riguarda l'acquifero freatico, esso è stato monitorato a Boretto (vicino all'argine), a Gualtieri e a Ferrara (lontano dall'argine).

La falda freatica mostra delle oscillazioni stagionali, con massimi solitamente tardo primaverili e minimi solitamente tardo estivi o autunnali. Le massime variazioni registrate sono state di 2 – 2.5 m circa; si evidenzia una influenza della ricarica operata dalle piogge locali. Dove è stato possibile rilevarli insieme, il livello dell'acquifero freatico è risultato essere più alto di quello dell'acquifero confinato di 80 – 100 cm (stazione di Ferrara), e, nel caso di Boretto, è più alto del Po di alcuni metri. Le variazioni della conducibilità e della temperatura sono in alcuni casi significative della ricarica del fiume o delle piogge.

Per quel che riguarda l'acquifero confinato, esso è stato monitorato a Gualtieri (tra 1.5 e 2 km dal Po), a Ferrara (a 4 km dal Po), ed a Ro ferrarese (a meno di 100 m dal Po).

L'acquifero risente dell'andamento del Po in modo tanto maggiore quanto più il piezometro è vicino al fiume stesso, passando da condizioni di sostanziale coincidenza al livello del fiume (Ro Ferrarese), ad una somiglianza relativa solamente all'andamento stagionale (Gualtieri e Ferrara). Si osservano solitamente variazioni di carattere stagionale, con minimi tardo estivo e massimi tardo primaverili; l'entità delle variazioni massime registrate è maggiore vicino al fiume (circa 6 metri a Ro), ed inferiore lontano da esso (3 – 4 metri). Le variazioni della conducibilità e della temperatura sono significative, in alcuni casi, della ricarica del fiume.

Bibliografia citata

Severi P., Biavati G, Bonzi B., Guadagnini L., Martelli L., 2012 - Monitoraggio in continuo degli acquiferi del Po. ARPA Rivista Ecoscienza 6/2012

Severi P. & Biavati G., 2013 - Definizione del modello geologico e idrogeologico della zona arginale del fiume Po in destra idrografica da Boretto (RE) a Ro (FE). Report interno - Servizio geologico, sismico e dei suoli. 127 pp.