



**Consorzio per il coordinamento delle ricerche
inerenti al sistema lagunare di Venezia**

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/10**

**ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto CVN-CORILA n. 11373 spo/sim

Documento **MACROATTIVITÀ: LIVELLI DI FALDA
RAPPORTO FINALE**

Versione **1.0**

Emissione **20 Novembre 2014**

Redazione

Verifica

Approvazione

Ing. Alessandro Casasso
(POLITECNICO TORINO)

Ing. Rajandrea Sethi
(POLITECNICO TORINO)

Ing. Pierpaolo Campostrini

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
1.1	Descrizione delle attività di cantiere aventi impatto sulla falda	3
1.2	Attività di monitoraggio.....	6
2.	MONITORAGGIO FALDA - CA' ROMAN	7
2.1	Rete di monitoraggio	7
2.2	Analisi dei dati.....	8
	2.2.1 Descrizione delle forzanti naturali	8
	2.2.2 Piezometro superficiale - primo livello acquifero (Strato A)	13
	2.2.3 Piezometro profondo - secondo livello acquifero (Strato C).....	16
2.3	Verifica del rispetto delle soglie di azione	19
2.4	Analisi della salinità dell'acqua di falda	22
	2.4.1 Profili verticali di densità.....	22
	2.4.2 Andamento stagionale della conducibilità elettrica.....	25
3.	CONCLUSIONI	27
	BIBLIOGRAFIA	28

1. INTRODUZIONE

Il presente Rapporto Finale presenta i risultati delle attività di monitoraggio dei livelli di falda svolte nel periodo 01/05/2014 - 31/10/2014 presso le aree di cantiere poste alla bocca di porto di Chioggia - lato Nord (Ca' Roman).

Il monitoraggio in località Ca' Roman ha avuto inizio nel mese di febbraio 2007. Nel periodo di osservazione la postazione di monitoraggio ha permesso di comprendere l'effetto delle forzanti naturali e gli impatti delle attività di cantiere sui livelli piezometrici in corrispondenza dell'acquifero superficiale e dell'acquifero profondo.

1.1 Descrizione delle attività di cantiere aventi impatto sulla falda

La costruzione del porto rifugio di Ca' Roman ha richiesto la realizzazione di un bacino (tura) in un'area precedentemente occupata dal mare, al fine di rendere agibile ai lavori un'area di cantiere posta alla quota di -11 m s.l.m. e attualmente utilizzata per il getto dei cassoni di alloggiamento delle barriere mobili. La realizzazione della tura ha previsto l'esecuzione di reinterri, la realizzazione di una cinturazione (costituita da diaframmi plastici lato terra, completato nel mese di gennaio 2008, e da palancolati lato mare) e l'installazione di un sistema di pozzi e pompe per il *dewatering*.

Completata l'infissione del palancolato di conterminazione della tura, nel mese di aprile 2008 è iniziato lo svuotamento, accompagnato dall'effetto indotto dall'emungimento dei pozzi agenti sul primo acquifero confinato. L'aggotamento del bacino è terminato a fine luglio 2008 ed il sistema a regime si è attestato con portate giornaliere pari a 4000 mc/d (fonte: Consorzio Venezia Nuova, comunicazione avvenuta in data 28/06/2012).

Nel periodo agosto 2008 - gennaio 2009 la Direzione Lavori ha proceduto ad ottimizzare la portata di emungimento riducendola a 3500 mc/d. Per mitigare ulteriormente l'effetto indotto dall'emungimento, nel febbraio del 2010 è stato realizzato un diaframma jet grouting (Fig. 1.1) che ha consentito di ridurre la portata da 3000 a 2100 mc/d, salvo occasionali incrementi necessari a contrastare gli effetti indotti da forzanti naturali o da problemi tecnici di cantiere, quali le attività manutentive programmate o imprevisti mal funzionamenti.

In tali condizioni è stato possibile realizzare, alla quota -12 metri, i 6 cassoni di barriera.

Le successive lavorazioni dei cassoni di spalla hanno introdotto la necessità di impostare lo strato di ripartizione del complesso fondazionale alla quota di - 13 metri, rendendo pertanto necessario l'aumento delle quantità emunte da 2100 a 3600 mc/d, portate a regime nel mese di ottobre 2011 a 3000 mc/d.

Dal 1 novembre 2011 la portata è stata mantenuta costante con regolazioni tali da non creare ulteriori perturbazioni, utilizzando tutti i pozzi inferiori ed i soli pozzi P2, P4, P5, P6, P10 e P11 posti al coronamento (Fig. 1.1).

In data 10 marzo 2014, il pompaggio di *dewatering* è stato interrotto per procedere all'allagamento della tura (fonte: comunicazione CORILA - CVN). Nel periodo monitorato (maggio-ottobre 2014), quindi, il sistema di emungimento non è mai stato attivo.

In Fig. 1.2 sono riportate le serie temporali dei carichi idraulici misurati nei piezometri interni alla tura e le portate di emungimento del sistema di *dewatering* della tura di Ca' Roman.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

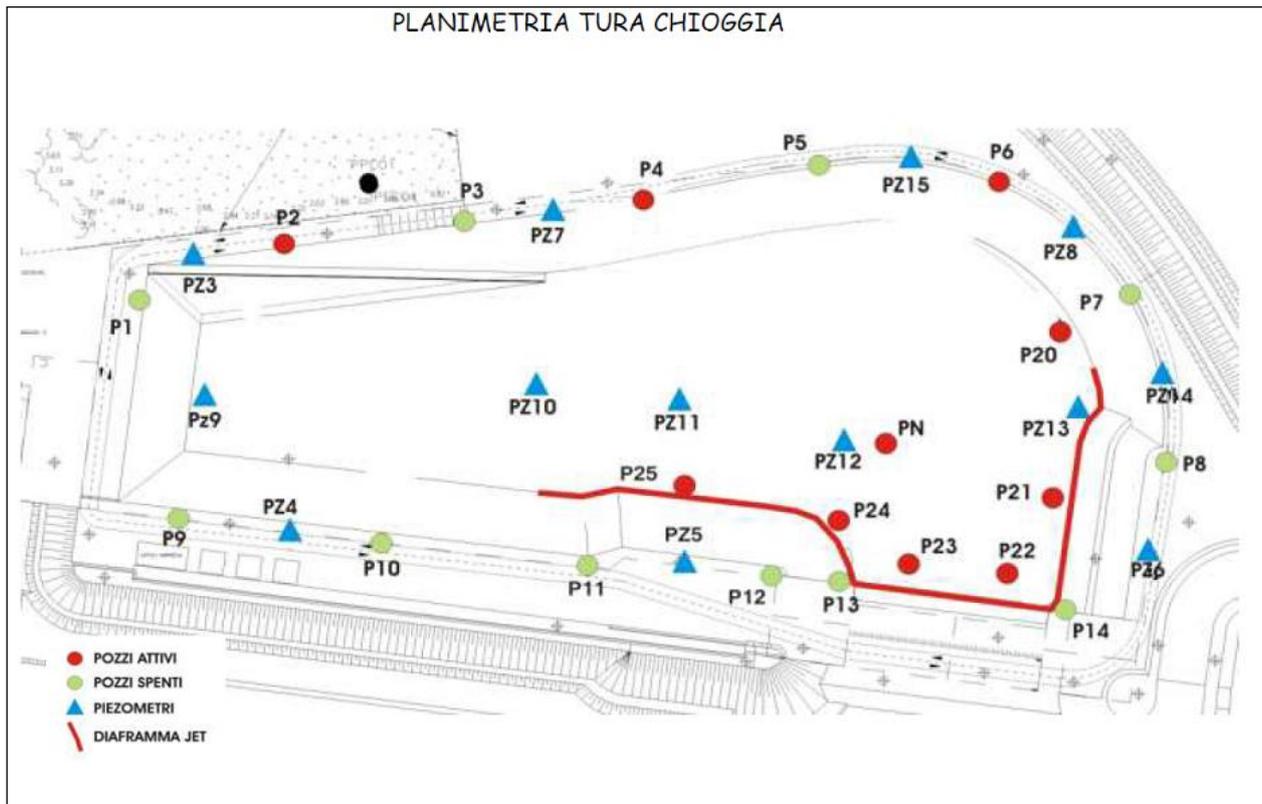


Fig. 1.1 - Planimetria del sistema di dewatering della tura (fonte: Consorzio Venezia Nuova).

Chioggia - Livelli piezometrici e valori portata emunta

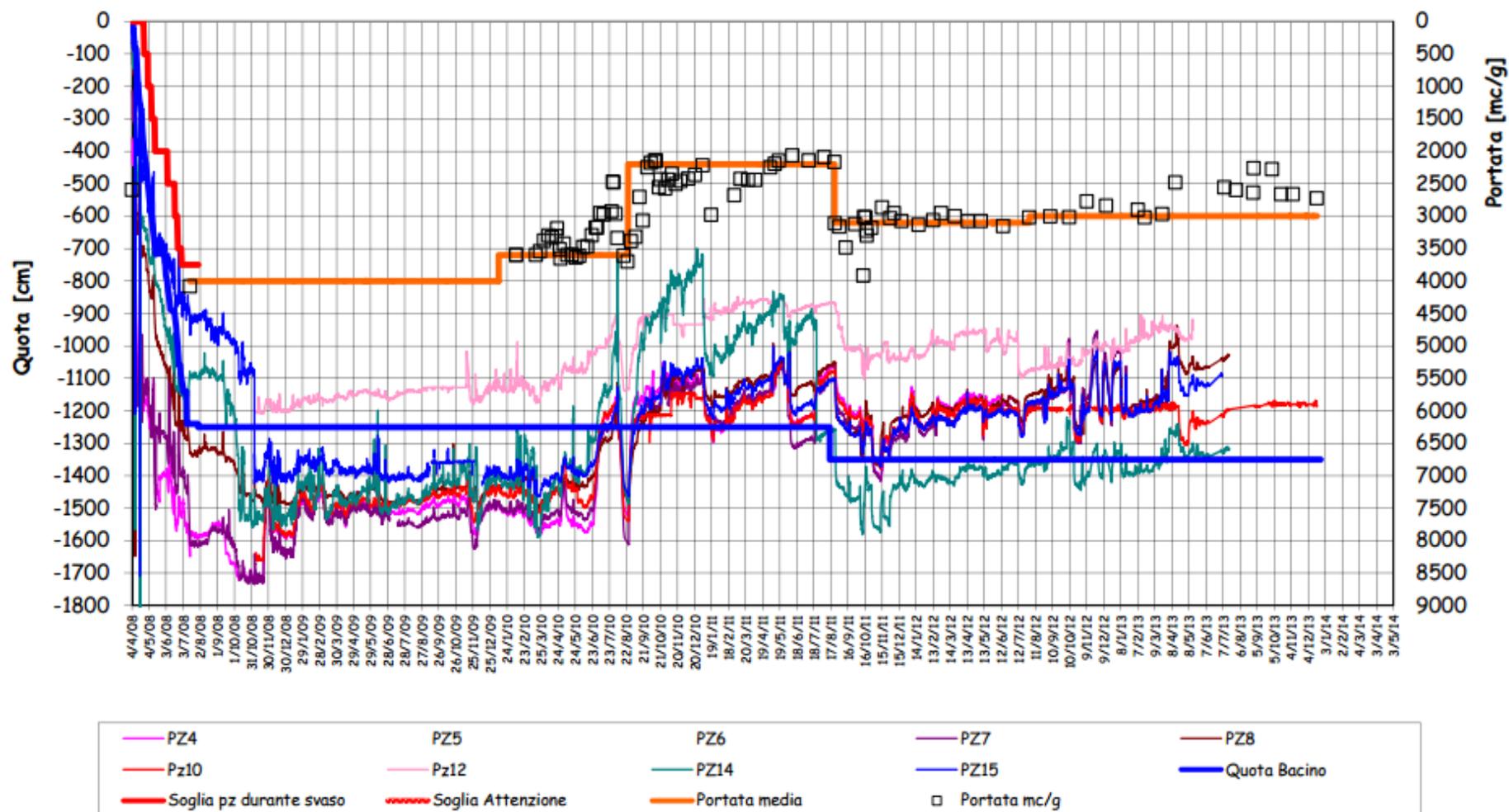


Fig. 1.2 - Portate di emungimento e carichi idraulici misurati all'interno della tura di Ca' Roman (fonte: Consorzio Venezia Nuova).

1.2 Attività di monitoraggio

La rete di monitoraggio è composta da due piezometri per la misura dei livelli nell'acquifero superficiale e nel secondo livello acquifero. I due piezometri sono dotati di trasduttori automatici di pressione per la misura dei livelli di falda, con frequenza pari a 1 acquisizione ogni ora.

Il monitoraggio della falda, iniziato nel febbraio 2007 (Studio B.6.72 B/2, II Rapporto di Valutazione, Aprile 2007), è stato condotto in parallelo all'esecuzione delle attività di realizzazione della tura al fine di monitorare gli eventuali effetti sui livelli di falda. La rete è stata attiva per 92 mensilità e, in data 31/10/2014, si sono concluse le attività di monitoraggio di falda svolte a Ca' Roman, che sono riassunte in Tab. 1.7.

Tab. 1.1 - Riassunto delle attività di monitoraggio di falda presso il cantiere di Ca' Roman.

Parametro	Punto di monitoraggio		Frequenza di acquisizione	Scaricamento
Carico idraulico non compensato	Postazioni PSC01 e PPC01	Postazione superficiale PSC01	1 ora	Mensile
Carico idraulico non compensato		Postazione profonda PPC01	1 ora	Mensile
Conduttanza specifica lungo la verticale	Postazioni PSC01 e PPC01	Postazione superficiale PSC01	Mensile	Manuale
Conduttanza specifica lungo la verticale		Postazione profonda PPC01	Mensile	Manuale
Pressione atmosferica	Postazione PSC01		1 ora	Mensile

2. MONITORAGGIO FALDA - CA' ROMAN

2.1 Rete di monitoraggio

Vengono di seguito descritti i dati raccolti in corrispondenza del sito di Ca' Roman durante il periodo di monitoraggio di Fase B compreso tra il 1 maggio e il 31 ottobre 2014.

Sono riportati i tracciati relativi ai livelli piezometrici nell'intero periodo di osservazione in corrispondenza della postazione doppia di monitoraggio (Fig. 2.1), le cui coordinate sono riportate in Tab. 2.1.

I dati sono messi in relazione alle forzanti naturali (precipitazioni, oscillazioni mareali e pressione atmosferica) che concorrono alla determinazione dei livelli piezometrici dei due livelli acquiferi (Cap. 2.2). Ogni grafico riporta il livello piezometrico assoluto per ciascun piezometro, il livello del mare, le precipitazioni e le Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo. Sono infine riportati i profili verticali di densità calcolati (Cap. 2.3), per ciascun piezometro, a partire dai dati grezzi di conduttanza, di cui si riporta l'andamento stagionale. Nel Cap. 2.4 sono riportate le conclusioni.

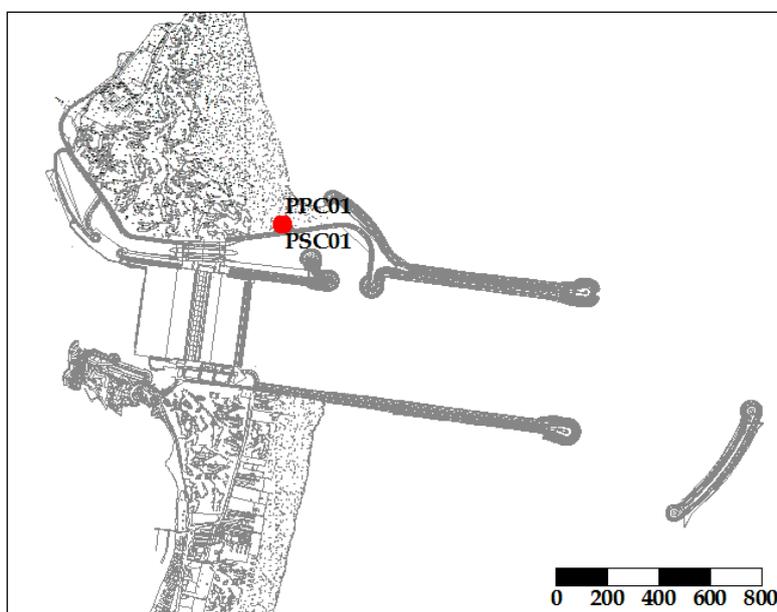


Fig. 2.1- Ubicazione dei piezometri

Tab. 2.1- Coordinate planoaltimetriche dei piezometri di monitoraggio.

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est
PSC01	2.065	5012706.063	2308002.906
PPC01	2.072	5012707.515	2308002.753

2.2 Analisi dei dati

2.2.1 *Descrizione delle forzanti naturali*

Di seguito vengono descritti e presentati i dati relativi alle forzanti naturali che possono influenzare i livelli piezometrici:

- Precipitazioni, registrate dalla stazione meteorologica “Chioggia, loc. S. Anna”, gestita da ARPA Veneto e posta circa 12 km a sud del cantiere;
- oscillazioni mareali registrate dal mareografo “Diga Sud Chioggia” gestito dall’Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia;
- pressione atmosferica registrata dal barologger BC01, installato in corrispondenza piezometro superficiale PSC01.

2.2.1.1 Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati acquisiti dalla centralina “ARPAV Chioggia loc. S. Anna”, rappresentata in Fig. 2.2. In Fig. 2.3 è riportato l’andamento delle precipitazioni registrate nel periodo di riferimento. In Tab. 2.2 sono riportati gli eventi piovosi di entità maggiore o uguale a 5 mm.



Fig. 2.2- Ubicazione della stazione pluviometrica “ARPAV – Chioggia loc. Sant’Anna”.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tab. 2.2 - Eventi piovosi significativi verificatesi nel periodo di monitoraggio.

DATA	DURATA (h)	ENTITÀ (mm)
26/05/14	24	5.0
30/05/14	24	20.4
02/06/14	24	5.8
14/06/14	24	43.6
25/06/14	24	6.2
28-30/06/14	72	11.2
08-10/07/14	72	48.8
14/07/14	24	5.6
24/07/14	24	5.6
26/07/14	24	52.8
31-31/07/14	48	6.4
09/08/14	24	8.2
01/09/14	24	8.6
09-12/09/14	96	60.0
20/09/14	24	30.6
22/08/14	24	6.4
13/10/14	24	14.6

2.2.1.2 Livello del mare

In Fig.2.4 è tracciato l'andamento del livello del mare durante l'anno di monitoraggio, registrato dal mareografo "Diga Sud Chioggia". I dati riportati sono riferiti alla Rete Altimetrica dello Stato "Genova 1942" e sono caratterizzati da una frequenza di acquisizione oraria nell'intero periodo monitorato.

2.2.1.3 Pressione atmosferica - h_p

Nell'area oggetto del monitoraggio è presente un Barologger, posizionato all'altezza del piano campagna all'interno del piezometro superficiale PSC01.

In Fig.2.5 è riportato l'andamento del tracciato di misura del Barologger nel periodo di osservazione. La misura della pressione atmosferica viene riportata, così come restituita dallo strumento, come altezza della colonna d'acqua equivalente ($m H_2O$), alla quale viene sottratto un valore costante, lo stesso utilizzato per i trasduttori di pressione idraulica (Levelogger) installati nei piezometri. I valori di pressione atmosferica registrati dal Barologger sono stati usati per la compensazione dei valori di livello dei due Levelogger installati nei piezometri PSC01 e PPC01.

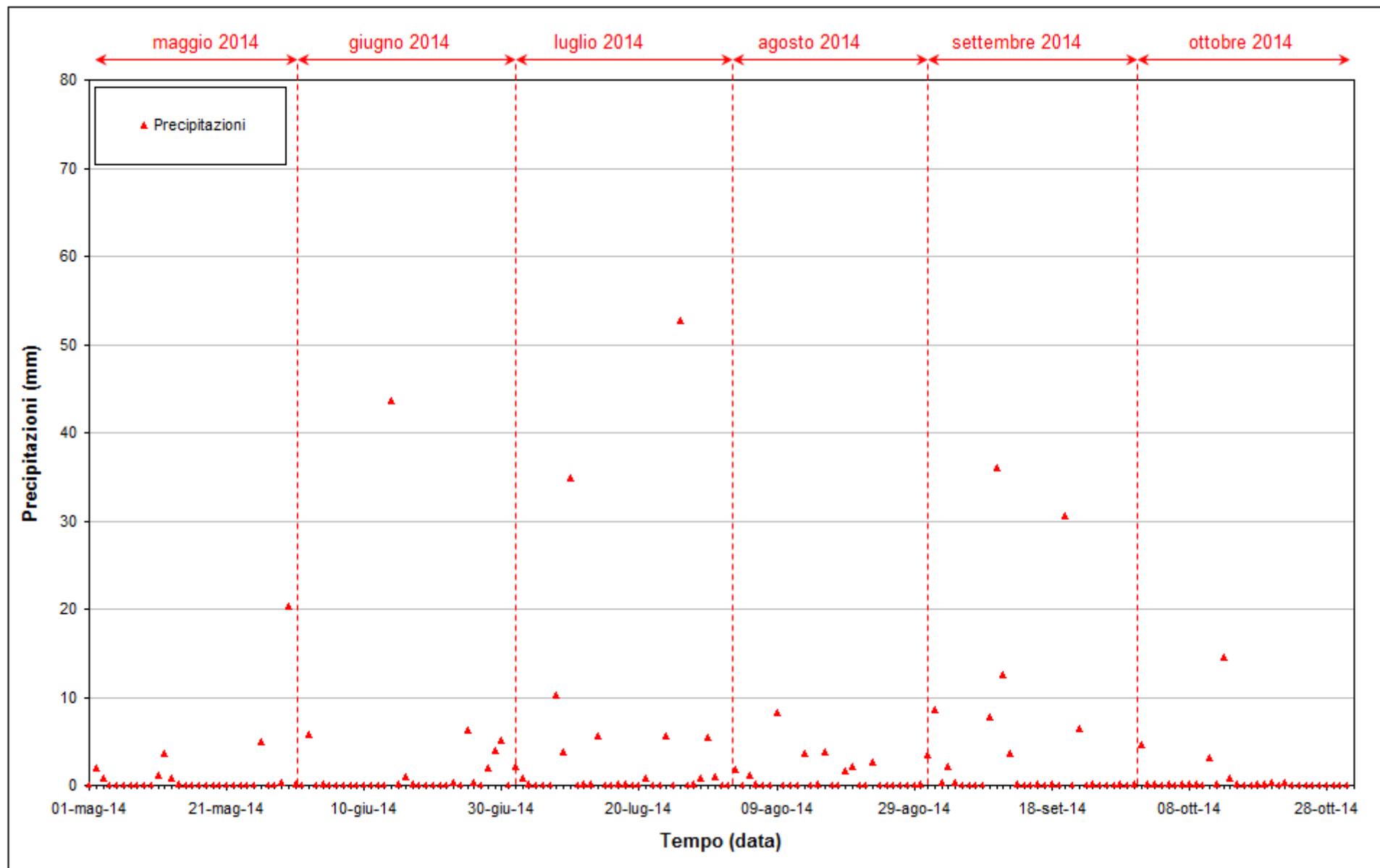


Fig. 2.3 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/05/2014 - 31/10/2014.

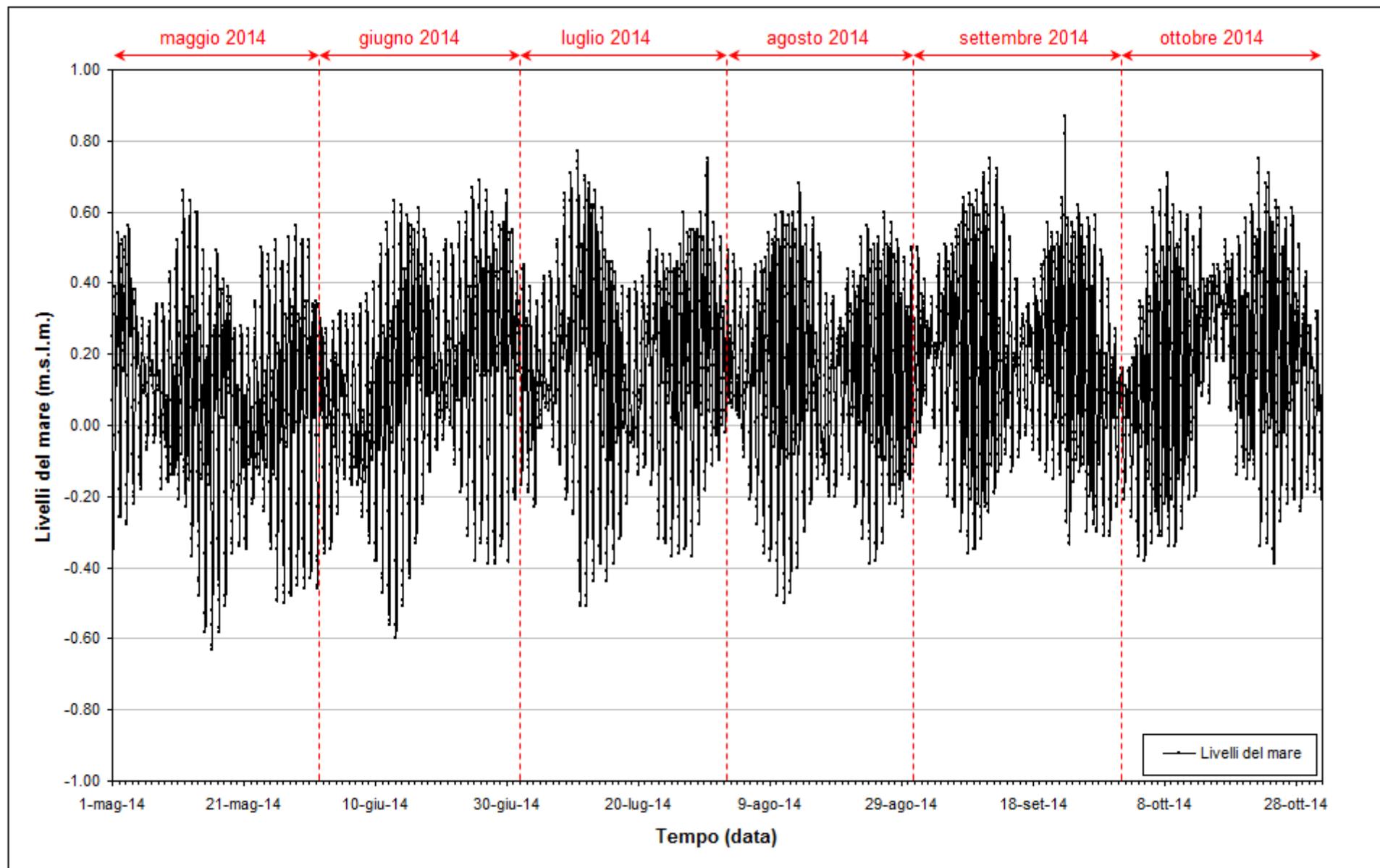


Fig. 2.4 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia nel periodo di monitoraggio 01/05/2014 - 31/10/2014.

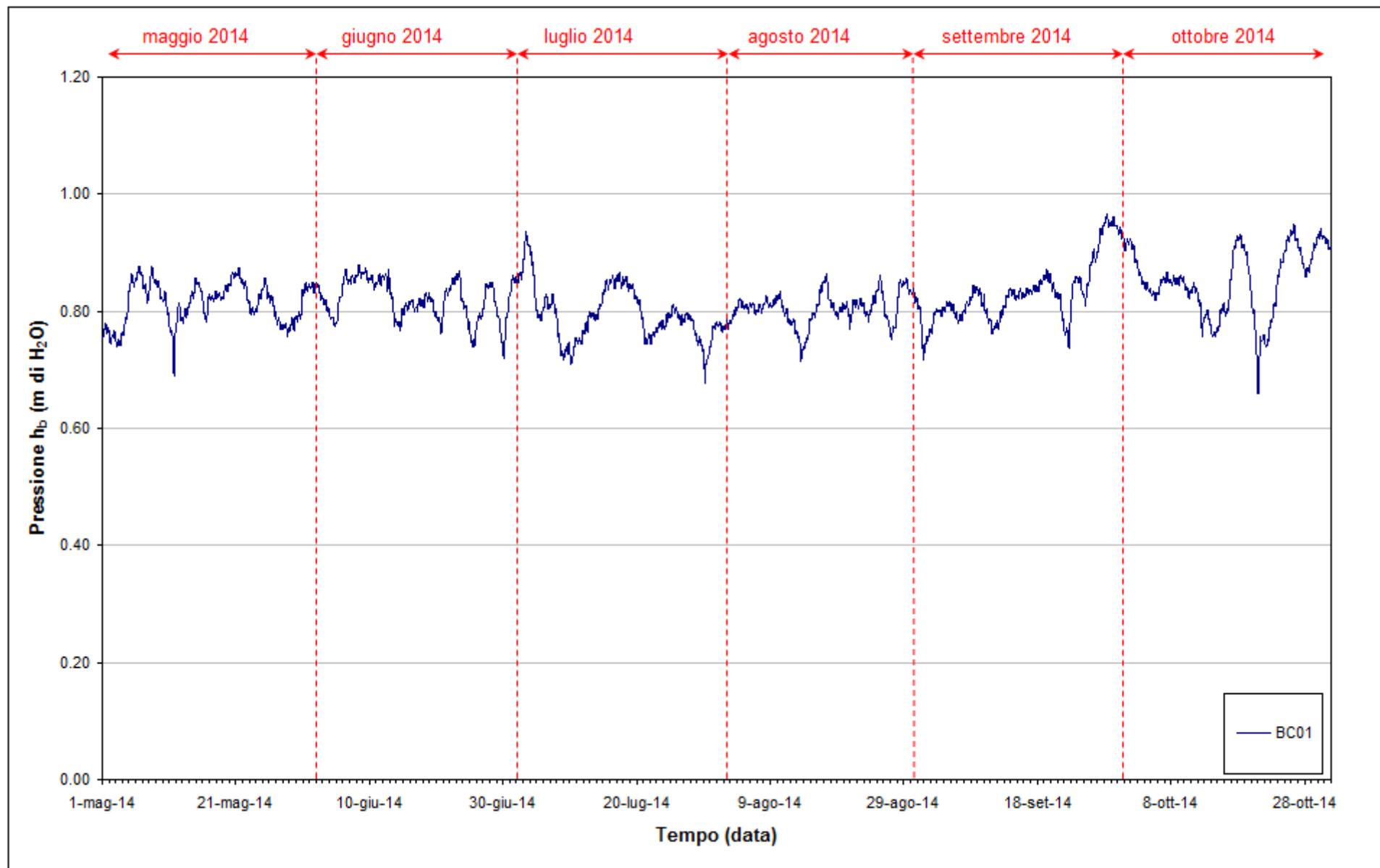


Fig. 2.5 - Tracciato di misura del Barologger BC01 (h_b) nel periodo di monitoraggio 01/05/2014 - 31/10/2014.

2.2.2 Piezometro superficiale – primo livello acquifero (Strato A)

In questo capitolo vengono presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti relativi al piezometro superficiale PSC01, finestrato in corrispondenza del primo livello acquifero (Strato A).

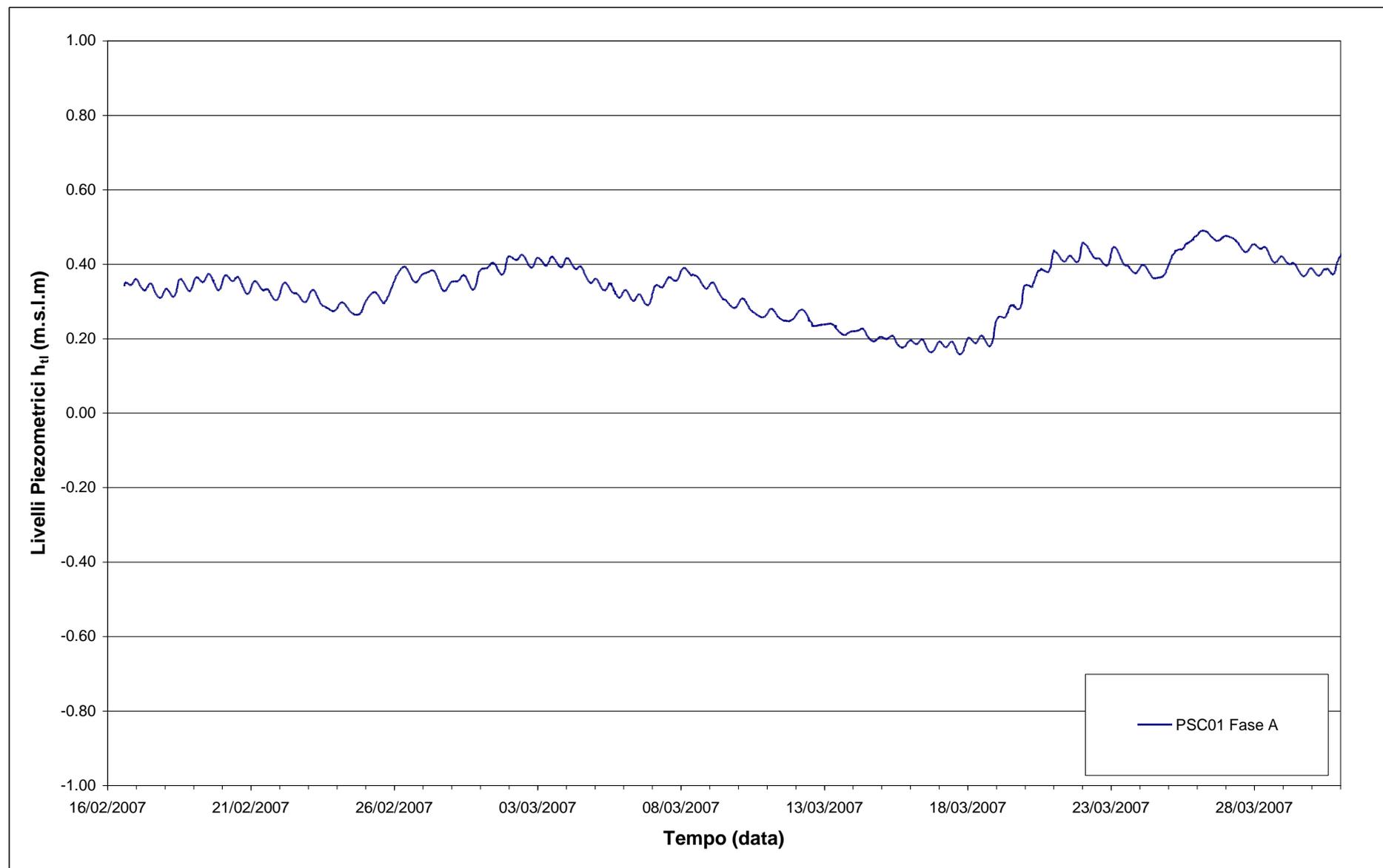
In Fig. 2.6 è riportato l'andamento dei livelli piezometrici nel piezometro superficiale PSC01 durante la fase A (*ante operam*, febbraio – marzo 2007).

In Fig. 2.7 sono rappresentati singolarmente i livelli assoluti del piezometro PSC01 misurati nel periodo di monitoraggio maggio-ottobre 2014, associati alle relative soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo ed alle forzanti naturali (precipitazioni e oscillazioni mareali).

Dall'analisi dei tracciati si può notare che i livelli di falda nell'acquifero superficiale sono svincolati dalle oscillazioni mareali in seguito all'infissione dei palancolati nella porzione perimetrale della tura in prossimità dei piezometri, avvenuta nel gennaio 2008.

Tra l'inizio e la fine del periodo monitorato (01/05/14 – 31/10/14) si è verificata una riduzione di circa 15 cm del livello di falda superficiale misurato nel piezometro PSC01. Tale variazione è attribuibile alle dinamiche stagionali (scarse precipitazioni e forte evapotraspirazione nella stagione estiva).

Le precipitazioni totali nel periodo 01/05/14 – 31/10/14 sono state pari a 393.6 mm (fonte: stazione meteorologica "ARPA Veneto – Chioggia loc. S. Anna"), leggermente inferiori al valore medio, per il semestre maggio-ottobre, negli anni 1993-2013 (pari a 443.6 mm).

Fig. 2.6 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale durante la Fase A.

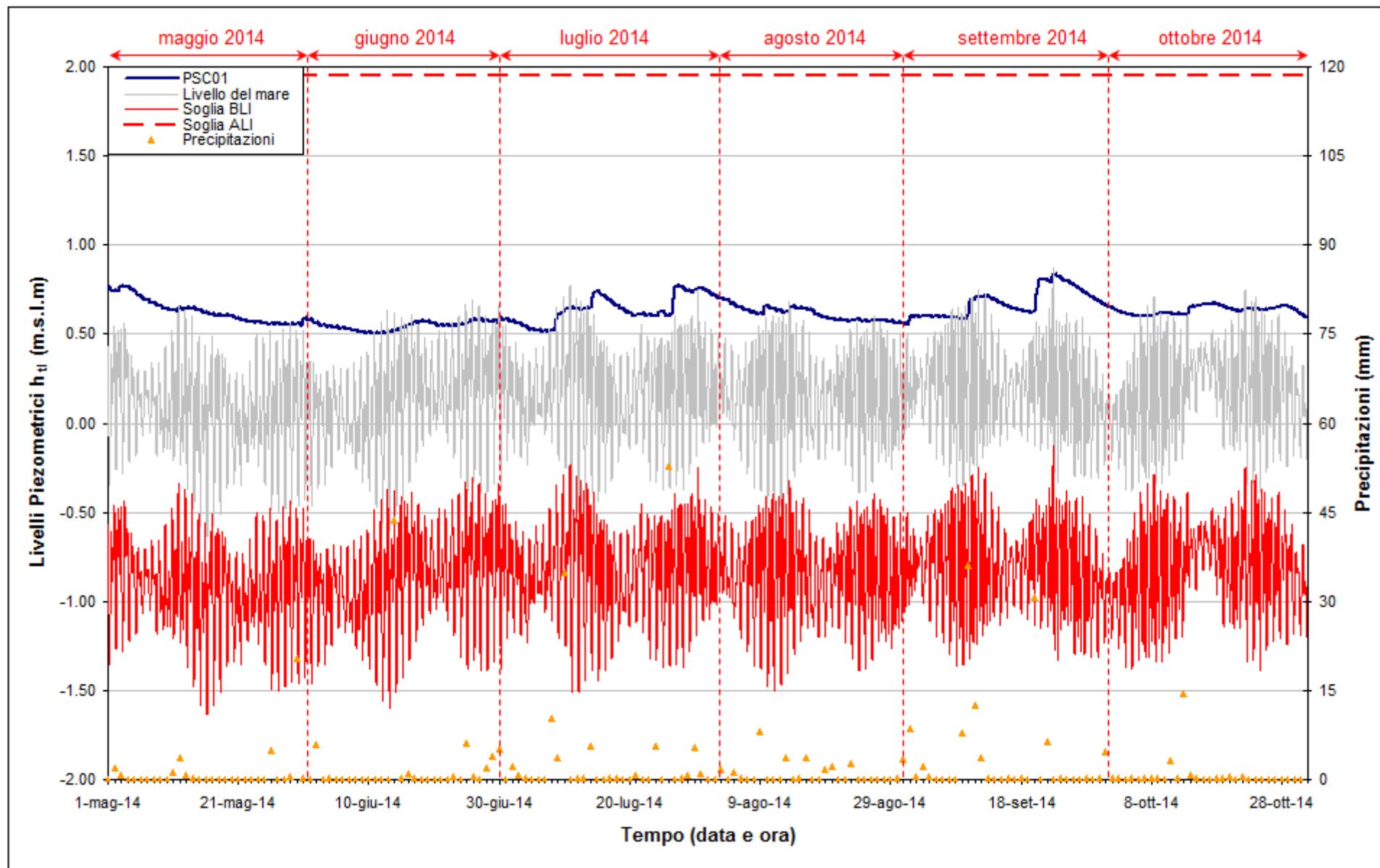


Fig. 2.7 – Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale PSC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2014 – 31/10/2014.

2.2.3 Piezometro profondo – secondo livello acquifero (Strato C)

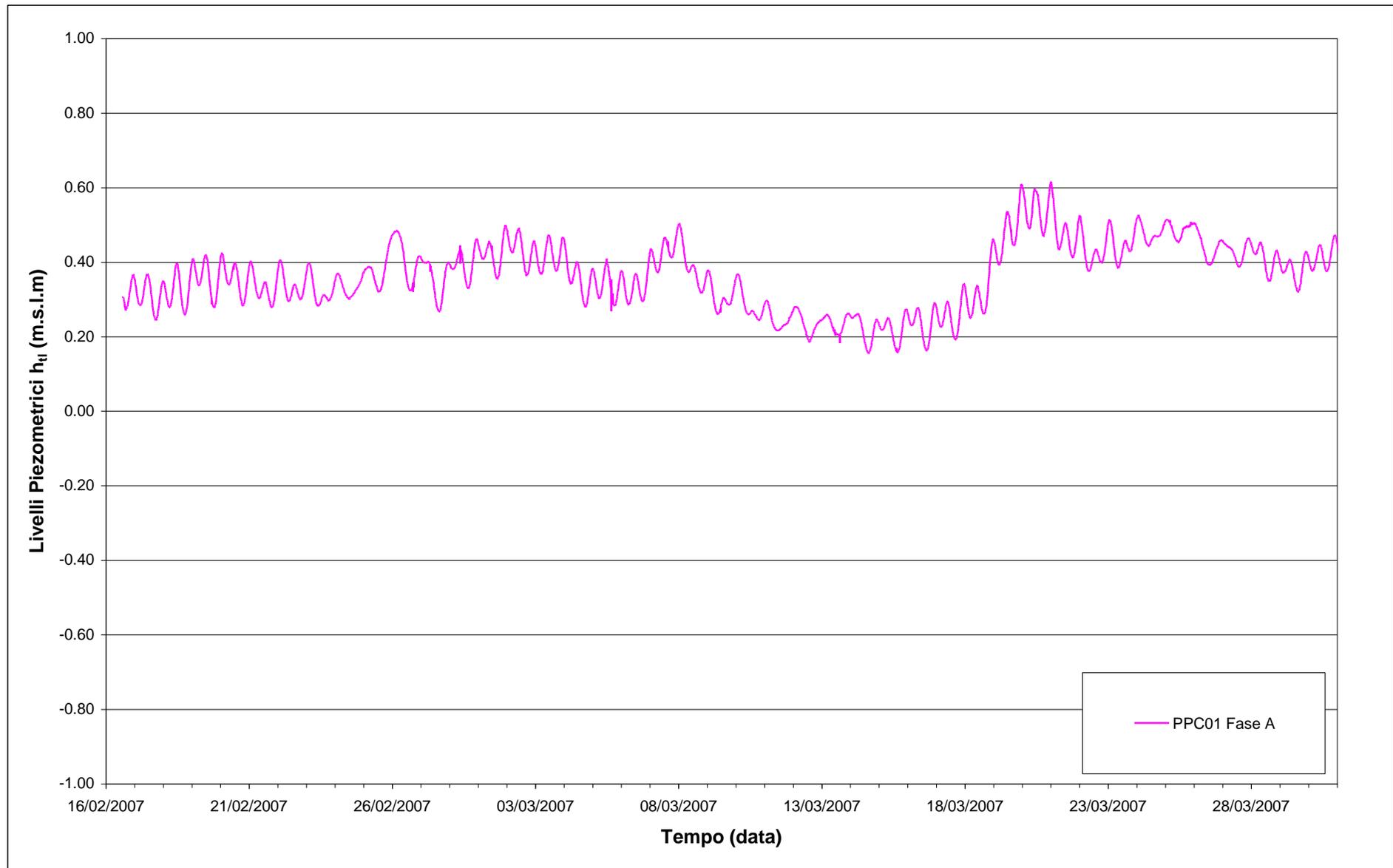
Di seguito verranno presentati ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti nel piezometro profondo finestrato in corrispondenza del secondo livello acquifero (Strato C).

In Fig.2.8 è riportato l'andamento dei livelli piezometrici nel piezometro profondo PPC01 durante la fase A (*ante operam*, febbraio – marzo 2007).

In Fig.2.9 sono rappresentati singolarmente i livelli assoluti del piezometro PPC01 misurati nel periodo di monitoraggio maggio-ottobre 2014, associati alle relative soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo ed alle forzanti naturali (precipitazioni e oscillazioni mareali).

Il periodo monitorato (01/05/14 – 31/10/14) è seguente all'interruzione del pompaggio di dewatering (10/03/14, fonte: comunicazione Consorzio Venezia Nuova), in seguito alla quale si è verificato un forte recupero dei carichi idraulici: in particolare, nel periodo 10/03/14 – 30/04/14 (periodo all'interno dello Studio B.6.72 B/9), il recupero è stato di circa 300 cm. Nel periodo 01/05/14 – 31/10/14 si osserva un ulteriore recupero di circa 35 cm.

I livelli di falda profonda attuali presentano valori e andamenti simili alla configurazione *ante operam*, che può quindi considerarsi ripristinata. Si osservano inoltre oscillazioni di livello della falda profonda, legate all'andamento delle maree, a differenza di quanto avviene nella parte di falda superficiale monitorata (piezometro PSC01), che è ancora isolata idraulicamente dal mare tramite il diaframma plastico della tura.

Fig. 2.8- Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo durante la Fase A.

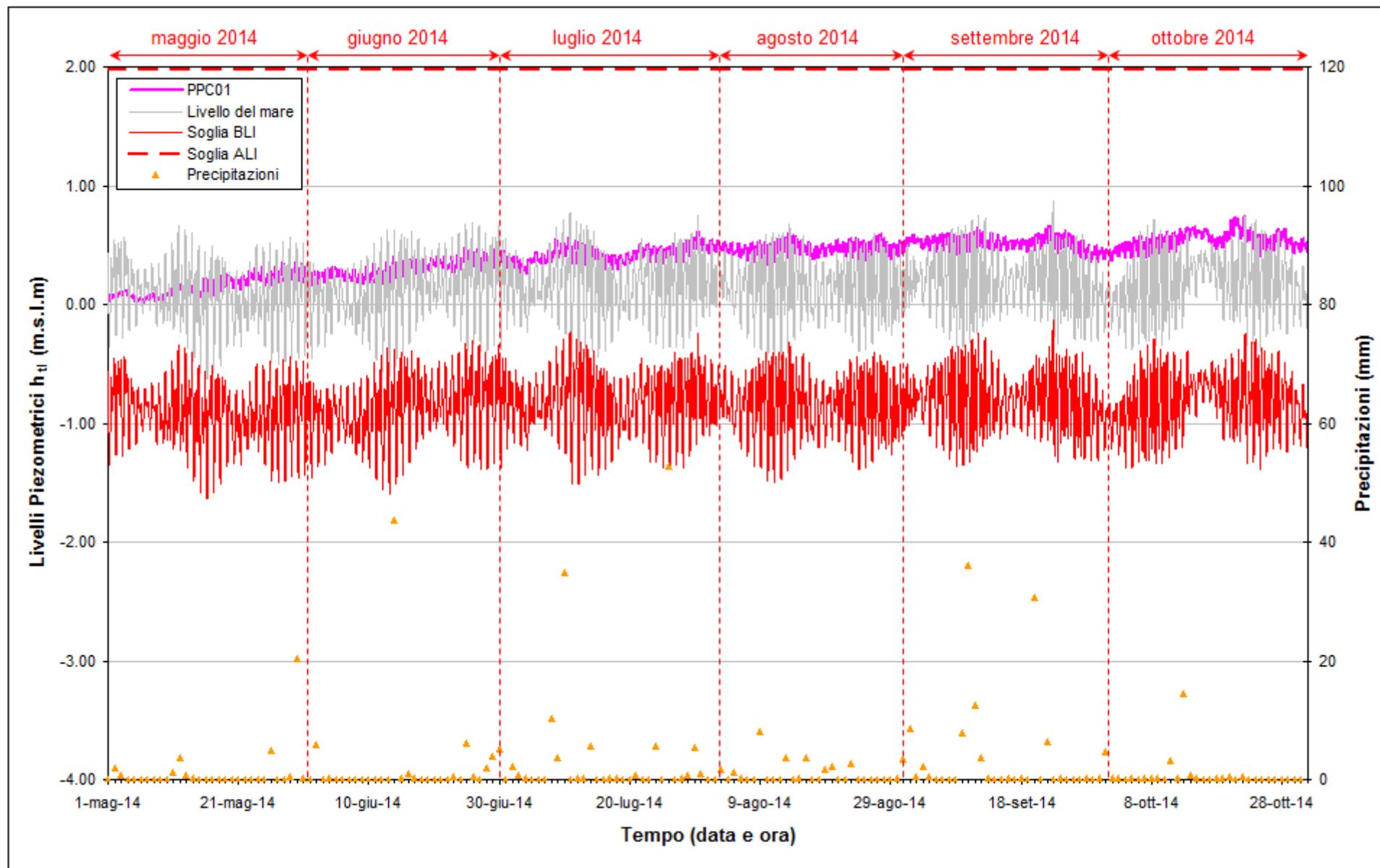


Fig. 2.9 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2014 - 31/10/2014.

2.3 Verifica del rispetto delle soglie di azione

Le soglie identificate nel “Rapporto di Variabilità Attesa” (Dicembre 2005) prendono in considerazione eventi quali il basso o l’alto livello piezometrico, valutati sui valori istantanei dei carichi idraulici e sui valori mediati su 24 ore, come definito dalle seguenti relazioni (vedasi Tab.2.3):

- BLI, soglia di basso livello istantaneo: è raggiunta quando il livello piezometrico in corrispondenza di un piezometro di monitoraggio si trova almeno un metro al di sotto del livello del mare, secondo la relazione: $h_{ul} < h_M - 1$ (m s.l.m.)
- BLM, soglia di basso livello medio su 24 h: è raggiunta quando il livello piezometrico in corrispondenza di un piezometro di monitoraggio, mediato sulle 24 h, si trova almeno un metro al di sotto del livello del mare mediato sulle 24 h, secondo la relazione: $\bar{h}_{ul,24} < \bar{h}_{M,24} - 1$ (m s.l.m.)
- ALI, soglia di alto livello istantaneo: è raggiunta quando il livello piezometrico in corrispondenza di un piezometro di monitoraggio si trova al di sopra del punto di riferimento delle quote: $h_{ul} > z_t$ (m s.l.m.)
- ALM, soglia di alto livello medio su 24 h: è raggiunta quando il livello piezometrico in corrispondenza di un piezometro di monitoraggio, mediato sulle 24 h, si trova al di sopra del punto di riferimento delle quote: $\bar{h}_{ul,24} > z_t$ (m s.l.m.).

Tab. 2.3 - Identificazione preliminare delle soglie ed azioni correttive.

Sigla	BLI			BLM		
Evento	Basso livello istantaneo			Basso livello medio (24 h)		
Espressione	$h_{ul} < h_M - 1$			$\bar{h}_{ul,24} < \bar{h}_{M,24} - 1$		
Causa	Naturale	Antropica		Naturale	Antropica	
		Varia	Cantiere		Varia	Cantiere
Azione	-	Avviso	Avviso	-	Accertare la presenza di pozzi in funzione	Valutare riduzione pompaggio ed efficienza impermeabilizzazione tura

Sigla	ALI			ALM		
Evento	Alto livello istantaneo			Alto livello medio (24 h)		
Espressione	$h_{ul} > z_t$			$\bar{h}_{ul,24} > z_t$		
Causa	Naturale	Antropica		Naturale	Antropica	
		Varia	Cantiere		Varia	Cantiere
Azione	Valutare affidabilità dati Barologger	Avviso Valutare affidabilità dati Barologger	Avviso Valutare affidabilità dati Barologger	Spostamento Barologger	Spostamento Barologger	Spostamento Barologger Interventi da valutare

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Nel corso del periodo di monitoraggio è stato verificato il rispetto di tutte le soglie indicate in Tab.2.3.

Il confronto dei carichi idraulici istantanei con le soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo sono riportati nei precedenti grafici in Fig. 2.7 (PSC01) e Fig. 2.9 (PPC01).

In Fig. 2.10 si riporta il confronto tra i carichi idraulici nei piezometri PSC01 e PPC01, mediati nelle 24 ore, e la soglia di Basso Livello Medio.

Dai grafici risulta che le soglie di Alto e Basso Livello, sia Istantaneo che Medio, sono state rispettate in entrambe le postazioni e per tutto il periodo di monitoraggio (01/05/14 - 31/10/14).

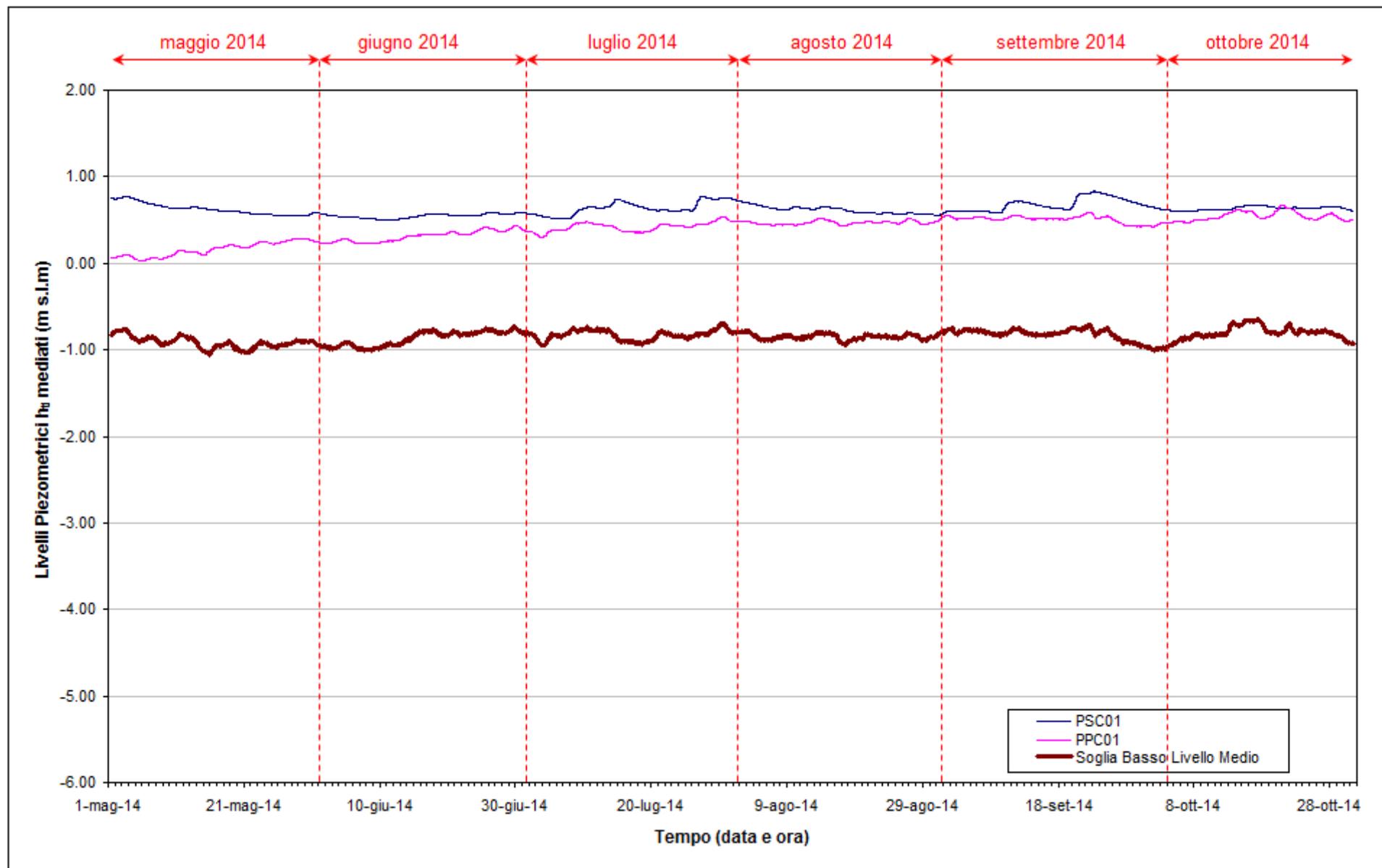


Fig. 2.10 - Soglia di Basso Livello Medio nei piezometri PSC01 e PPC01 nel periodo di monitoraggio 01/05/2014 - 31/10/2014.

2.4 Analisi della salinità dell'acqua di falda

Nei paragrafi che seguono vengono analizzati i risultati del monitoraggio dell'evoluzione della salinità dell'acqua di falda, che viene effettuato con rilievi mensili della conducibilità elettrica nel piezometro superficiale PSC01 e nel piezometro profondo PPC01, utilizzando una sonda multiparametrica Solinst TLC 107. In ciascuna postazione, dopo aver misurato la soggiacenza, si è proceduto alla lettura dei dati di temperatura e conduttanza specifica. Il primo valore è stato determinato posizionando lo strumento a 10 cm di profondità rispetto al pelo libero dell'acqua, mentre i successivi sono stati misurati a profondità crescenti, ad intervalli costanti di 1 metro, fino al raggiungimento del fondo foro.

Nel capitolo 2.4.1 si riportano i profili di densità dell'acqua di falda, calcolati utilizzando una correlazione empirica che lega questa grandezza alla conducibilità elettrica e alla temperatura. I profili vengono confrontati con la situazione *ante operam*.

Nel capitolo 2.4.2 si riporta un confronto grafico dei valori di conducibilità elettrica rilevati nei 12 mesi di monitoraggio, che permette di comprendere le dinamiche stagionali di questo parametro.

2.4.1 Profili verticali di densità

In questo paragrafo sono presentati i profili di densità dell'acqua di falda, calcolati utilizzando i dati grezzi di conduttanza misurati tramite sonda multiparametrica durante i rilievi mensili. Il calcolo della densità dell'acqua di falda è stato effettuato utilizzando le formule empiriche riportate nel rapporto "Studio B.6.72 B/2, II Rapporto di Valutazione (Febbraio 2007)".

In Fig.2.11 sono rappresentati i profili di densità del piezometro superficiale PSC01. In Fig.2.12 quelli relativi al piezometro profondo PPC01 ed è evidenziata (con un tratto più spesso) la posizione della finestratura.

In ciascuna figura è inoltre riportato il confronto con il profilo di conducibilità elettrica misurato in fase A - *ante operam* (aprile 2007), rispetto al quale si osserva una diminuzione di questo parametro sia nel piezometro superficiale PSC01 che nel piezometro profondo PPC01. Tale diminuzione può essere in parte motivata dalla presenza della barriera impermeabile della tura, che ha causato l'isolamento di una porzione dei due acquiferi dal mare.

Nel periodo monitorato (maggio 2014 - ottobre 2014) si osserva una leggera crescita della densità dell'acqua di falda superficiale (piezometro PSC01), attribuibile alla riduzione dei livelli di falda durante la stagione estiva.

Nel piezometro profondo PPC01, invece, si osserva una lieve diminuzione dei valori di densità tra l'inizio e la fine del periodo monitorato (maggio - ottobre 2014). In particolare, si osserva un temporaneo superamento dei valori nella situazione *ante operam* (mesi di maggio e giugno 2014), seguito da una forte diminuzione che ha riportato la densità a valori inferiori rispetto al riferimento precedente ai lavori (aprile 2007).

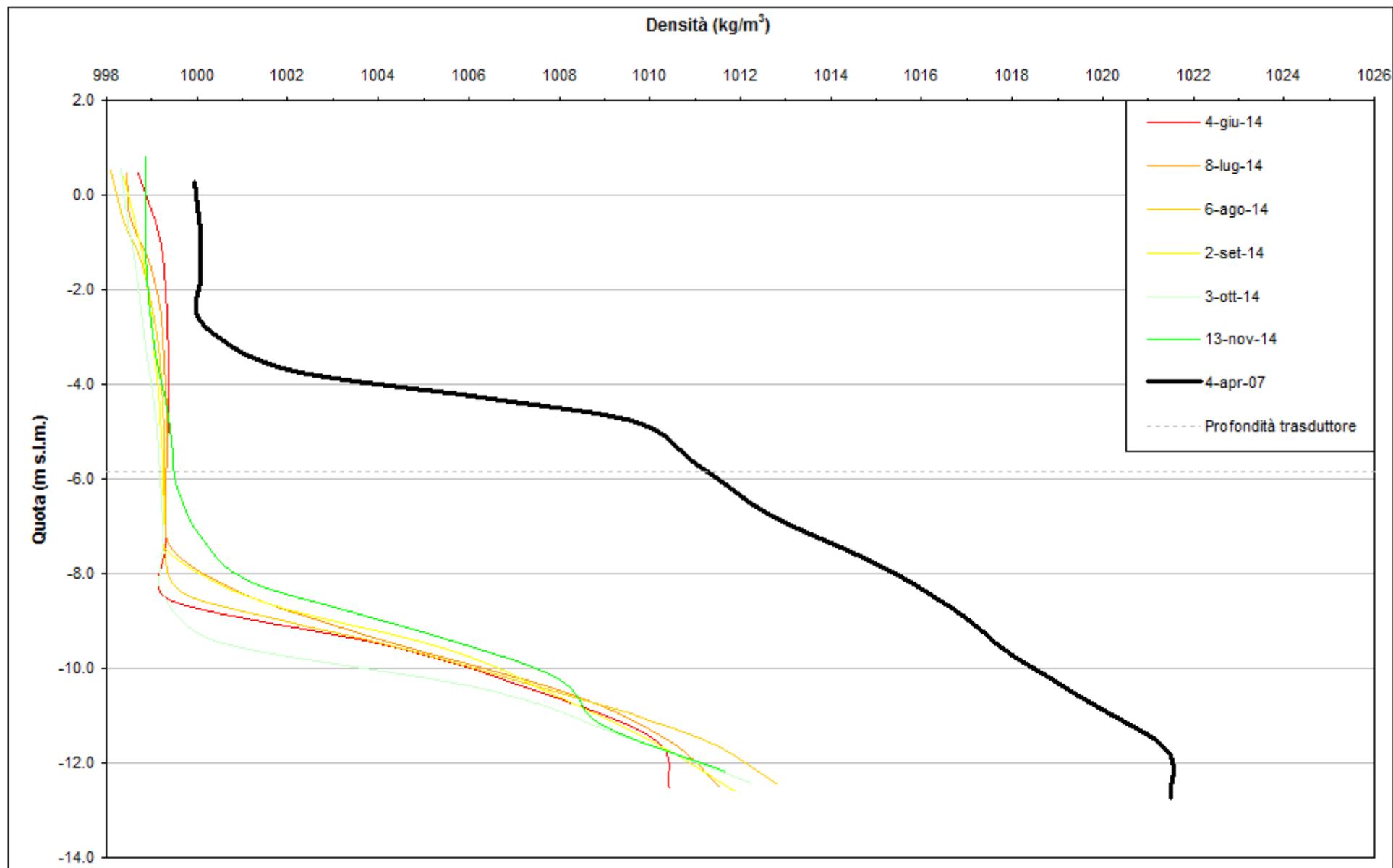


Fig. 2.11 - Profili verticali di densità PSC01.

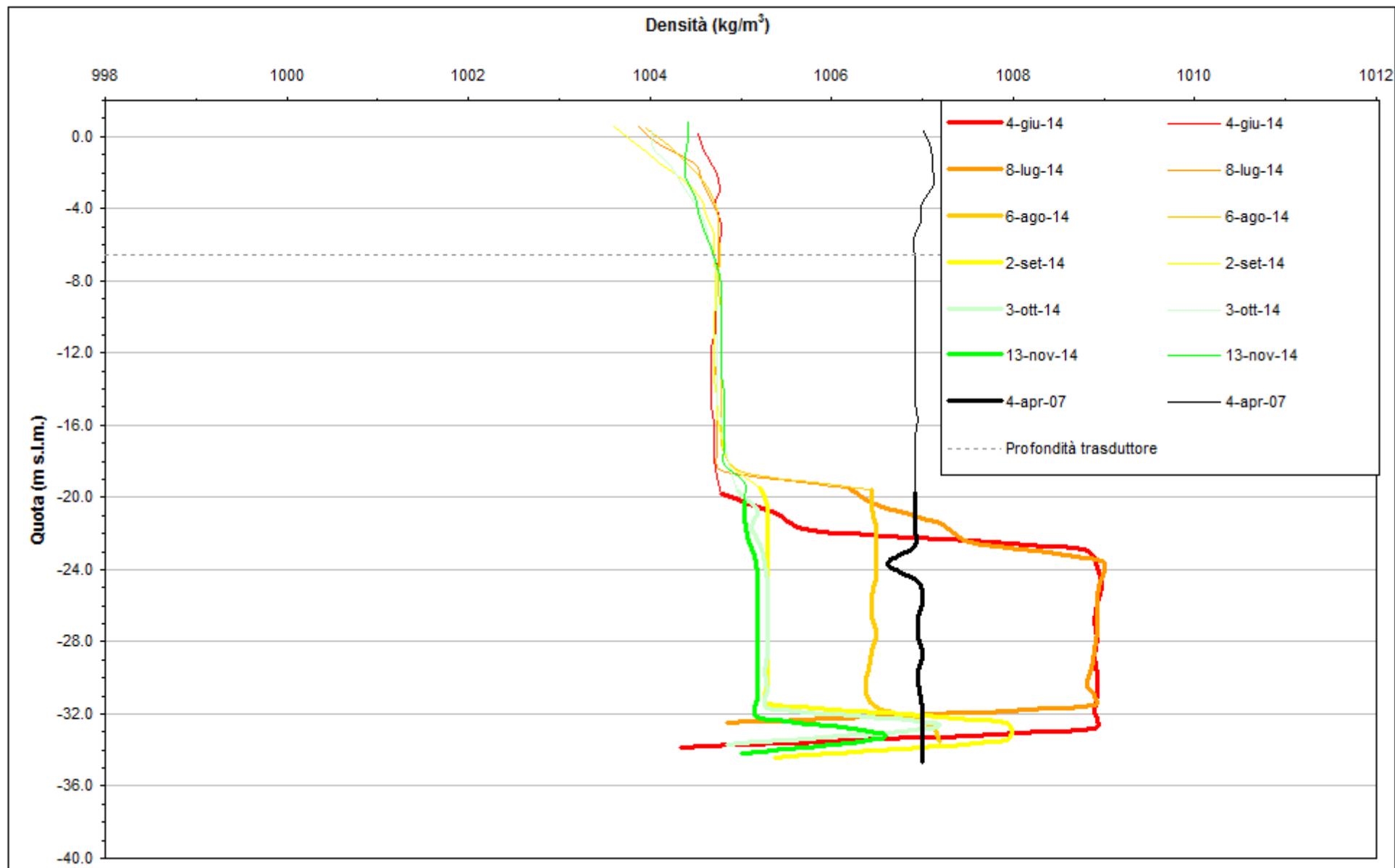


Fig. 2.12 - Profili verticali di densità PPC01.

2.4.2 Andamento stagionale della conducibilità elettrica

In questo paragrafo si analizza la variazione spaziale e temporale della conducibilità elettrica specifica dell'acqua di falda nel piezometro superficiale PSC01 (Fig. 2.19) e nel piezometro profondo PPC01 (Fig. 2.20).

La conducibilità elettrica specifica è influenzata dalla presenza di ioni disciolti nell'acqua e dalla temperatura, pertanto, per poter tenere conto delle effettive variazioni dei sali presenti in acqua, nei grafici che seguono viene rappresentata la conducibilità elettrica normalizzata ad una temperatura di 25°C.

In Fig. 2.13 (piezometro superficiale PSC01) è possibile notare la separazione piuttosto netta tra acqua dolce (valori inferiori a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), salmastra (indicativamente tra 2000 e 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e salata (oltre 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Durante il semestre monitorato (mese 1: rilievo effettuato a giugno 2014; mese 6: rilievo effettuato a novembre 2014) si osserva un incremento dei valori di conducibilità dopo il periodo estivo (mesi 5-6, rilievi effettuati a ottobre e novembre 2014), attribuibile alle minori precipitazioni durante la stagione estiva.

In Fig. 2.14 (piezometro profondo PPC01) si osserva una diminuzione della conducibilità elettrica dell'acqua di falda durante il semestre monitorato, che potrebbe essere attribuibile alla risalita dei livelli di falda avvenuta in seguito all'interruzione del pompaggio di dewatering nel mese di marzo 2014.

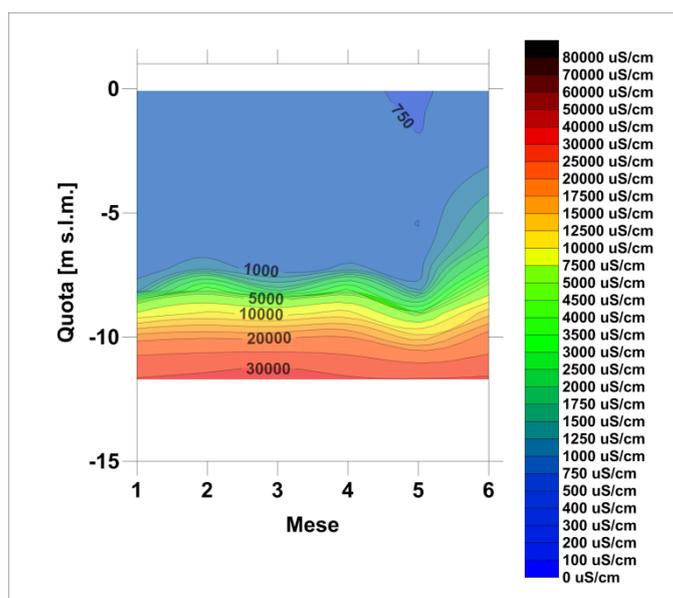


Fig. 2.13 - Andamento stagionale della conducibilità elettrica specifica dell'acqua di falda nel piezometro superficiale PSC01 (periodo misure: giugno 2014 - novembre 2014).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

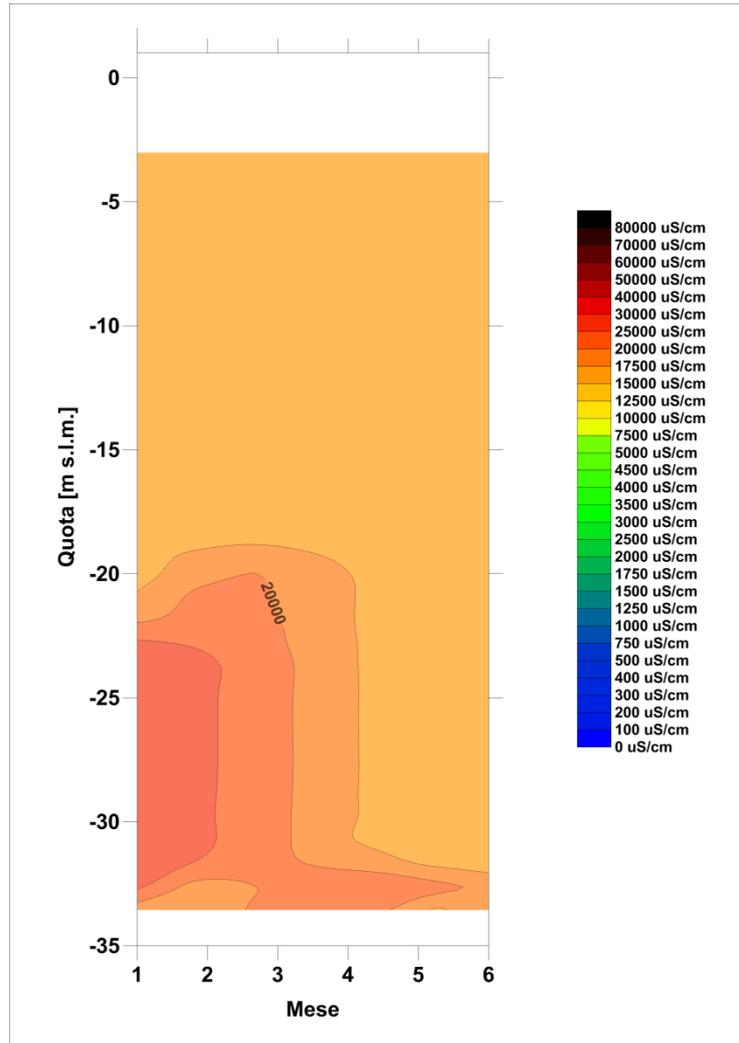


Fig. 2.14 - Andamento stagionale della conducibilità elettrica specifica dell'acqua di falda nel piezometro superficiale PSC01 (periodo misure: giugno 2014 - novembre 2014).

3. CONCLUSIONI

L'analisi delle serie temporali dimostra lo stretto legame esistente tra le forzanti naturali e antropiche e i livelli di falda.

Nell'acquifero superficiale, in seguito all'installazione della barriera impermeabile lato terra della tura (avvenuta nel mese di gennaio 2008), si osserva una variazione del regime piezometrico: i livelli registrati dal piezometro superficiale PSC01 risultano svincolati dalle oscillazioni mareali in seguito all'infissione dei palancolati e allo scavo del diaframma impermeabile della tura nel mese di gennaio 2008. L'isolamento dal mare dell'acquifero superficiale ha anche provocato un leggero innalzamento del livello di falda nel piezometro PSC01 (circa 30 cm) rispetto alle condizioni *ante operam* (febbraio-marzo 2007).

Tra l'inizio e la fine del periodo monitorato (01/05/14 - 31/10/14) si è verificata una riduzione di circa 15 cm del livello di falda superficiale misurato nel piezometro PSC01. Tale variazione è attribuibile alle dinamiche stagionali (scarse precipitazioni e forte evapotraspirazione nella stagione estiva).

Le precipitazioni totali nel periodo 01/05/14 - 31/10/14 sono state pari a 393.6 mm (fonte: stazione meteorologica "ARPA Veneto - Chioggia loc. S. Anna"), leggermente inferiori al valore medio rilevato, per il semestre maggio-ottobre, negli anni 1993-2013 (pari a 443.6 mm).

L'attivazione del sistema di dewatering della tura, avvenuta nel mese di aprile 2008, ha provocato un abbassamento del carico idraulico dell'acquifero profondo, con variazioni comprese tra 350 e 500 cm nel piezometro PPC01. In data 10/03/2014, il pompaggio di dewatering è stato interrotto e si è proceduto all'allagamento della tura di Ca' Roman. Da questa data alla fine del precedente periodo di monitoraggio (30/04/14) si osserva una risalita del carico idraulico di circa 300 cm, che è proseguita durante il semestre monitorato (01/05/14 - 31/10/14) con un ulteriore incremento di circa 35 cm che ha portato al recupero totale della configurazione *ante operam*.

Nel periodo monitorato (maggio 2014 - ottobre 2014) si osserva una leggera crescita della densità dell'acqua di falda superficiale (piezometro PSC01), attribuibile alla riduzione dei livelli di falda durante la stagione estiva.

Nel piezometro profondo PPC01, invece, si osserva una lieve diminuzione dei valori di densità tra l'inizio e la fine del periodo monitorato (maggio - ottobre 2014). In particolare, si osserva un temporaneo superamento dei valori nella situazione *ante operam* (mesi di maggio e giugno 2014), seguito da una forte diminuzione che ha riportato la densità a valori inferiori rispetto al riferimento precedente ai lavori (aprile 2007).

BIBLIOGRAFIA

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2005. Studio B.6.72 B/1. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: livelli di falda. Rapporto di Pianificazione Operativa. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2005. Studio B.6.72 B/1. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: livelli di falda. Rapporto di Variabilità Attesa Operativa. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2007. Studio B.6.72 B/2. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: livelli di falda. II Rapporto di Valutazione. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2014. Studio B.6.72 B/10. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: livelli di falda. Rapporti mensili da Maggio 2014 ad Ottobre 2014. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA, 2014. Studio B.6.72 B/10. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Macroattività: livelli di falda. I Rapporto di Valutazione. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.