



**Consorzio per la Gestione del Centro
di Coordinamento delle Attività di Ricerca
inerenti il 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/2**

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

Contratto prot.n. 17128 si/gce/fbe

Documento **MACROATTIVITÀ: LIVELLI DI FALDA
RAPPORTO DI VARIABILITÀ ATTESA
CA' ROMAN - CHIOGGIA**

Versione **1.0**

Emissione **15 Aprile 2007**

Redazione

Ing. Chiara Santi
(POLITECNICO
TORINO)

Verifica

Ing. Rajandrea Sethi
(POLITECNICO
TORINO)

Verifica

Prof. Ing. Antonio Di
Molfetta

Approvazione

Ing. Pierpaolo
Campostrini

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	DESCRIZIONE DELLA POSTAZIONE DI MONITORAGGIO.....	5
2.1	Geologia del sito	5
2.2	Realizzazione della postazione di monitoraggio	5
2.3	Rilievo topografico	6
2.4	Installazione della strumentazione	9
3.	ANALISI DEI DATI	10
3.1	Descrizione delle forzanti naturali.....	10
3.1.1	<i>Precipitazioni</i>	10
3.1.2	<i>Livello del mare</i>	10
3.1.3	<i>Pressione atmosferica - h_b</i>	10
3.2	Piezometro superficiale – primo livello acquifero (Strato A).....	14
3.2.1	<i>Battente idrico non compensato - h_{p-nc}</i>	14
3.2.2	<i>Battente idrico compensato - h_p</i>	14
3.2.3	<i>Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{tl}</i>	14
3.3	Piezometro profondo – secondo livello acquifero (Strato C)	20
3.3.1	<i>Battente idrico non compensato - h_{p-nc}</i>	20
3.3.2	<i>Battente idrico compensato - h_p</i>	20
3.3.3	<i>Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{tl}</i>	20
4.	ANALISI DI DENSITÀ DELL'ACQUA DI FALDA	26
4.1	Profili verticali di conduttanza specifica.....	26
4.2	Profili verticali di densità	26
5.	DETERMINAZIONE DI SOGLIE DI AZIONE	30
6.	CONCLUSIONI.....	32
7.	ALLEGATI.....	33

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del Piano di Monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari eseguite dal Consorzio Venezia Nuova per conto del Magistrato alle Acque di Venezia, il presente documento descrive la realizzazione della postazione di monitoraggio alla Bocca di porto di Chioggia, lato Ca' Roman, e l'analisi dei primi dati del livello all'interno delle due falde idriche sotterranee monitorate. In questa fase del monitoraggio è prevista la valutazione della variabilità attesa dei livelli di falda (Fase A): a tale scopo è stata realizzata ed attrezzata una postazione doppia di monitoraggio dei livelli piezometrici (Fig.1.1). Lo schema concettuale adottato si basa sull'analisi delle risposte del sistema dinamico in relazione alle forzanti naturali agenti sullo stesso. Il sistema è un acquifero multilivello, le forzanti considerate in questa fase sono quelle naturali e le risposte sono i dati di livello registrati dai trasduttori di pressione all'interno di ogni postazione.

L'intervallo temporale corrispondente alla Fase A è compreso tra il 16 febbraio 2007 e il 31 marzo 2007. Durante questo intervallo di tempo il cantiere è in esercizio, ma si ritiene che i lavori non abbiano ancora determinato variazioni significative sui livelli di falda. Per questo motivo è possibile considerare i dati raccolti in questa fase rappresentativi delle condizioni indisturbate ("*ante operam*") del sistema: i dati acquisiti dai trasduttori di livello sono quindi stati correlati alle forzanti naturali agenti sul sistema (pressione atmosferica, livello del mare e precipitazioni).

Sono state, infine, definite alcune soglie di azione nel caso in cui i lavori di cantiere, ed in particolare il prosciugamento della tura (forzanti antropiche di cantiere), modificano i livelli piezometrici in corrispondenza dei livelli acquiferi monitorati.

Le modalità di registrazione e scaricamento dei dati dai trasduttori di livello installati in corrispondenza della postazione di monitoraggio, così come le elaborazioni dei dati grezzi, sono analoghe a quanto avviene per la rete di monitoraggio presso la bocca di porto di Lido (descritte nel Rapporto di Variabilità Attesa, Studio B.6.72 B/1, dicembre 2005).

CORILA

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

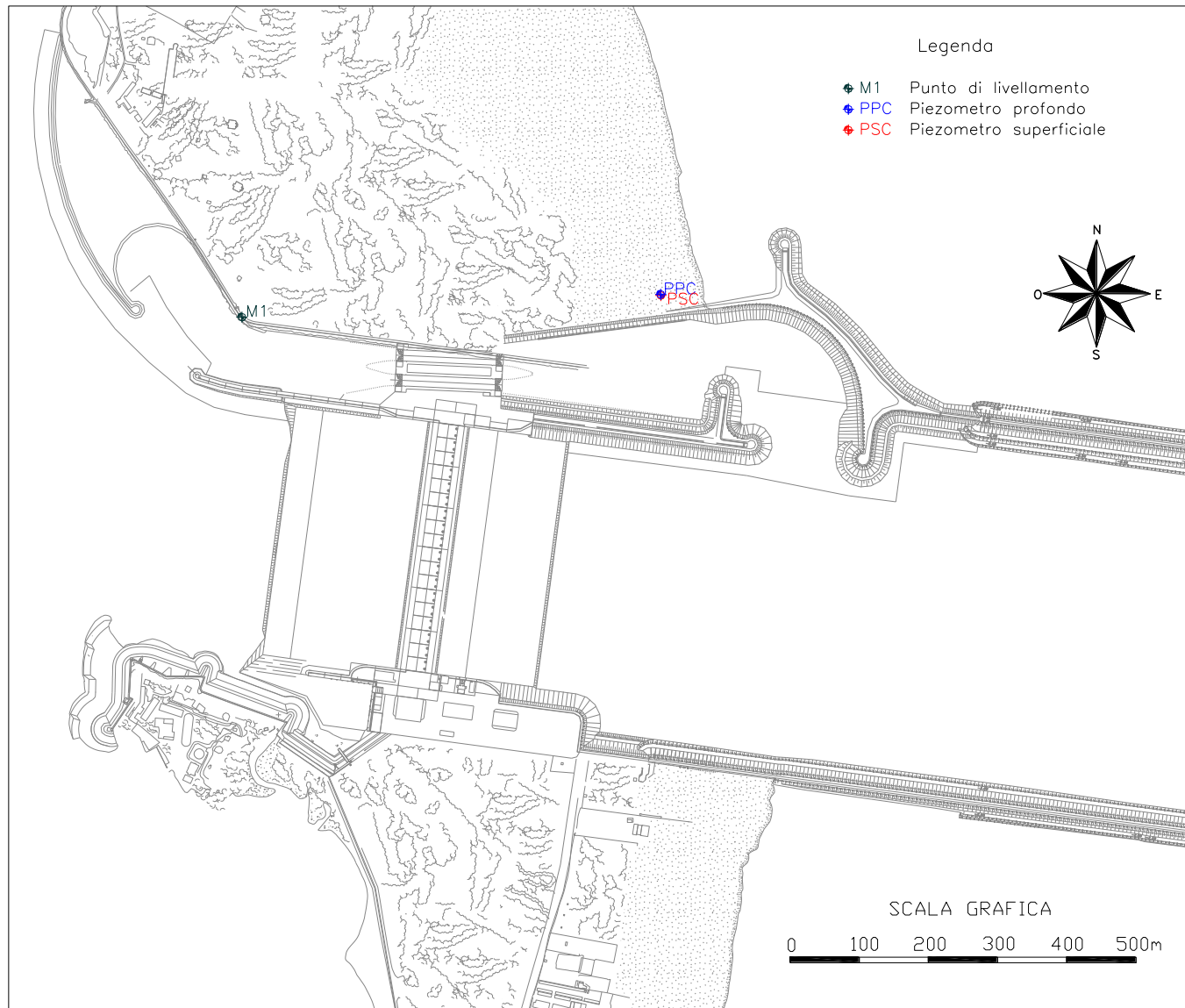


Fig. 1.1 - Planimetria dell'area di cantiere ed ubicazione della postazione di monitoraggio

2. DESCRIZIONE DELLA POSTAZIONE DI MONITORAGGIO

In questo capitolo sono brevemente descritti l'assetto litostratigrafico della zona oggetto d'indagine, localizzata in prossimità della diga Nord della Bocca di porto di Chioggia, in località Ca' Roman, Pellestrina (Venezia), e la realizzazione della postazioni di monitoraggio.

2.1 Geologia del sito

L'assetto stratigrafico dell'area oggetto del monitoraggio è stato desunto dal documento "Indagini geognostiche alla Bocca di Chioggia - Caratterizzazione Geotecnica e Stratigrafia di progetto" (CVN, Technital, 21 marzo 2005) riportato in Tab.2.1.

Tab.2. 1 - Assetto litostratigrafico dell'area (Fonte: CVN, Technital, 21 marzo 2005).

Strato	Descrizione	quota assoluta [m s. l.m.m]		quota relativa al p.c. [m]*	
		Da	A	Da	a
A	Sabbia fine limosa	-6.0	-12.0	-9.65	-15.65
B	Limo argilloso/argilla limosa	-12.0	-19.0	-13.65	-22.65
C	Sabbia fine localmente limosa	-19.0	-21.0÷ -22.0	-22.65	-24.65÷ -25.65
C'	Limo argilloso con intercalazioni sabbiose	-21.0÷ -22.0	-29.0÷ -30.0	-24.65÷ -25.65	-32.65÷ -33.65
C	Sabbia fine localmente limosa	-29.0÷ -30.0	-33.0÷ -34.0	-32.65÷ -33.65	-36.65÷ -37.65
D	Limo argilloso-sabbioso	-33.0÷ -34.0	-45.0	-36.65÷ -37.65	-48.65
E-E'	Sabbia medio fine localmente limosa	-45.0	> -85.0	-48.65	> -88.65
F	Limo argilloso-sabbioso	> -85.0	-	> -88.65	-

2.2 Realizzazione della postazione di monitoraggio

La postazione di monitoraggio del cantiere, denominata PC01, è localizzata in prossimità del cantiere, in una posizione concordata con la LIPU, la Guardia Forestale ed il CORILA in maniera da arrecare il minor disturbo possibile all'oasi naturalistica di Ca' Roman (Fig.1.1).

La terebrazione dei piezometri costituenti la postazione è stata eseguita nel periodo compreso tra il 12 e il 16 febbraio 2007 dalla ditta SELC. La postazione è costituita da due piezometri completati mediante colonne piezometriche (tubazioni in PVC del diametro di 3''), poste in perfori separati ad una di circa 1.5 m. Il piezometro superficiale (PSC01) è stato realizzato a distruzione di nucleo e si spinge fino alla profondità di 15.20 m da p.c. in modo da intercettare il livello A. Il piezometro profondo, realizzato a carotaggio continuo, si spinge fino ad una profondità di 37.30 m da p.c. (piezometro profondo PPC01) ed è finestrato a partire da 21.20 m da p.c. in modo da intercettare il livello C. La stratigrafia e le caratteristiche di completamento dei piezometri sono riportate in Allegato 1.

In superficie sono stati realizzati due pozzetti rialzati di circa 20 cm dal piano campagna (Fig.2.1), con staffe di chiusura e lucchetti, per il contenimento e la protezione della testa del piezometro; è stato inoltre disposto un chiodo a testa esagonale per ogni piezometro per l'esecuzione del rilievo

plano-altimetrico.

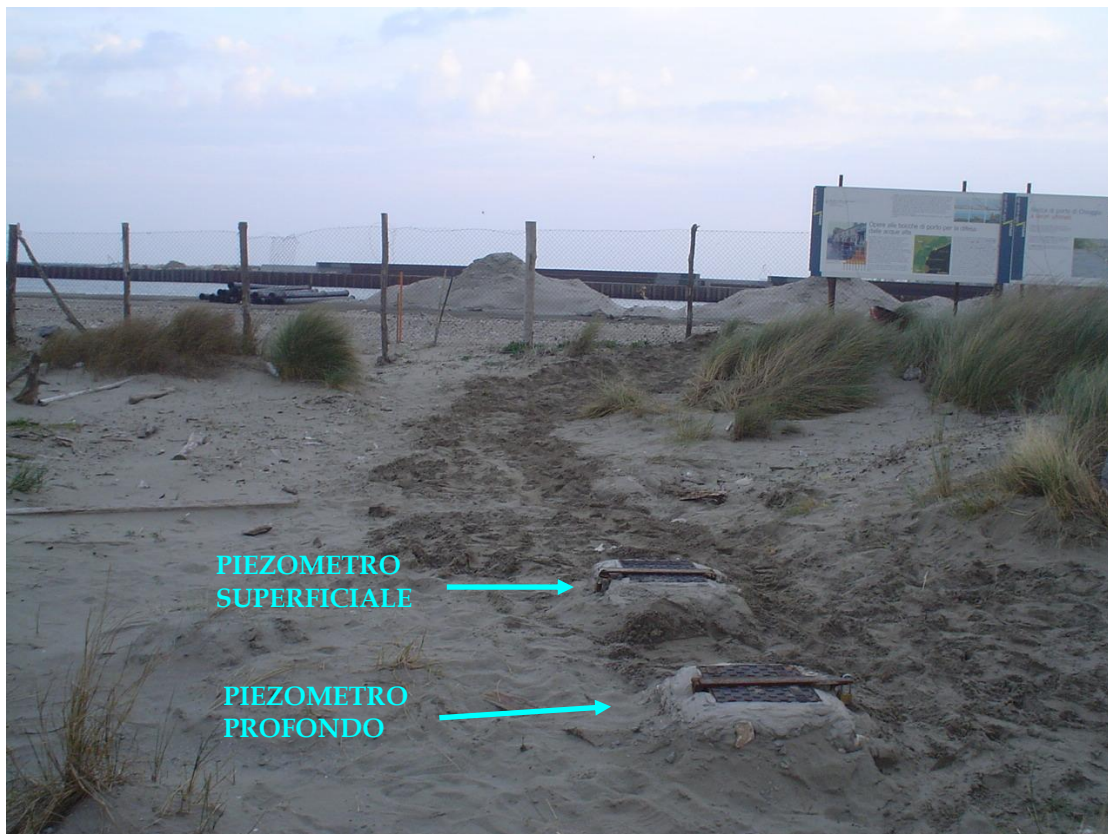


Fig.2. 1 - Localizzazione della postazione di monitoraggio presso Ca' Roman

2.3 Rilievo topografico

Il rilievo topografico è stato realizzato dalla ditta SELC in due fasi: materializzazione e acquisizione della posizione del caposaldo M1 (Fig.2.2) lungo la pavimentazione della diga Nord della Bocca di Chioggia e rilievo piano-altimetrico delle postazioni di monitoraggio. La Tab.2.2 riepiloga le coordinate e le quote dei punti rispetto ai seguenti sistemi di riferimento:

- Gauss-Boaga - Fuso Est - Datum: Roma40;
- WGS84;
- ED50.

La quota dei punti è riferita al sistema cartografico nazionale (Gauss-Boaga) ed allo Zero Mareografico di Punta Salute. Sono, inoltre, riportate le quote delle due viti di aggancio dei trasduttori in testa alle tubazioni piezometriche, presi come punti di riferimento per le quote.

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



Fig.2. 2 - Punto di livellamento M1

CORILA

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

Tab.2. 2 - Dati topografici della postazione di monitoraggio (PSC01, PPC01) e del punto di livellamento (M1)

	Coordinate						Quote (m s.l.m.)	
	Gauss-Boaga		WGS84		ED50		IGM	Punta salute
	Est	Nord	φ	Λ	φ	λ		
M1	2307397.246	5012674.608	45° 14' 6.9357''N	12° 17' 28.8665'''E	45° 14' 10.2192''N	12° 17' 32.3084''E	2.241	2.471
PPC01	2308002.753	5012707.515	45° 14' 8.6582''N	12° 17' 56.5558''E	45° 14' 11.9528''N	12° 17' 59.9968''E	2.072	2.302
PSC01	2308002.906	5012706.063	45° 14' 8.6113''N	12° 17' 56.5650''E	45° 14' 11.9059''E	12° 18' 0.0061''E	2.065	2.295
PPC01	Punto di riferimento per le quote (vite di aggancio del trasduttore)						1.977	2.207
PSC01	Punto di riferimento per le quote (vite di aggancio del trasduttore)						1.955	2.185

2.4 Installazione della strumentazione

In data 16/02/2007 è stata installata la strumentazione di misura per l'acquisizione di dati di livello piezometrico e di pressione atmosferica. La sospensione dei due Levellogger all'apposite vite di aggancio inserite nella tubazione piezometrica è avvenuta tramite cavi in Dyneema DSK78, di lunghezza 7.62 m all'interno del piezometro superficiale (Fig.2.3) e di lunghezza 12.30 m all'interno del piezometro profondo. Inoltre, è stato posto in acquisizione un Barologger, collocato in corrispondenza del piezometro superficiale, all'altezza del piano campagna. La frequenza di acquisizione dei trasduttori è di 10'.

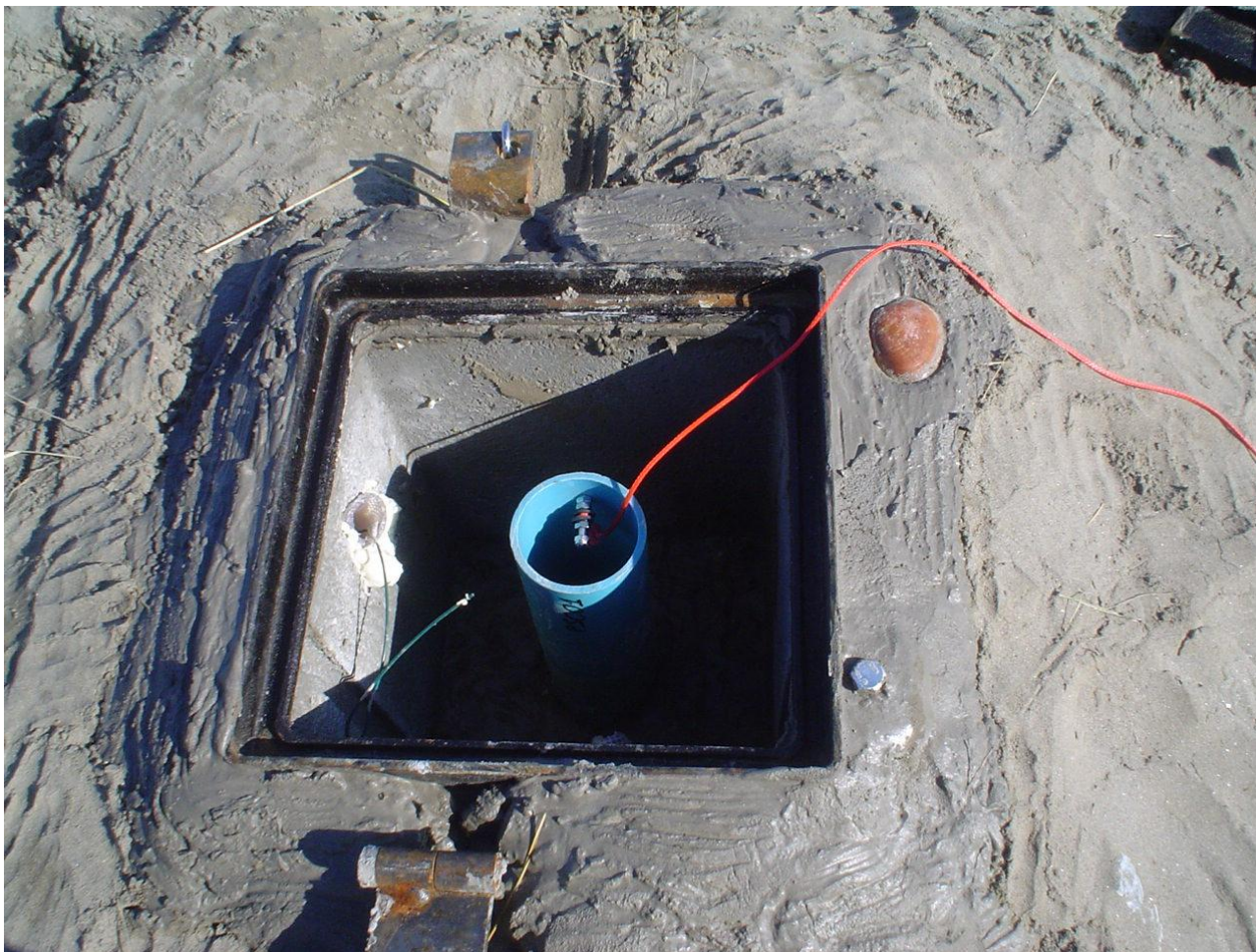


Fig.2. 3 - Installazione del levellogger nel piezometro superficiale PSC01

Si ricorda che tale sistema di acquisizione è provvisorio, si procederà a breve alla sostituzione dei cavi in Dyneema con cavi di comunicazione che permettano la lettura diretta dei dati memorizzati sui trasduttori.

3. ANALISI DEI DATI

In questo capitolo vengono analizzate le risposte del sistema dinamico registrate dai trasduttori di livello nella Fase A di monitoraggio.

3.1 Descrizione delle forzanti naturali

Di seguito vengono descritti e presentati i dati relativi alle forzanti naturali che concorrono alla determinazione dei livelli piezometrici dei livelli acquiferi:

- precipitazioni registrate dalla centralina Ceppe situata alla bocca Nord di Malamocco;
- oscillazioni mareali registrate dal mareografo Diga Sud Chioggia (stazione di monitoraggio meteo-marino dell'Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, comune di Venezia);
- pressione atmosferica registrata dal barologger BC01, installato in corrispondenza piezometro superficiale PSC01.

3.1.1 Precipitazioni

In Fig. 3.1 è rappresentato l'andamento delle precipitazioni registrate in Fase A. I dati provengono dalla centralina Ceppe. Nel periodo considerato sono riscontrabili cinque eventi meteorologici di entità superiore a 5 mm.

Tab. 3.1 – Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 16/02/2007 – 30/03/2007

DATA	DURATA [h]	ENTITÀ [mm]
24-26/02/07	32	6.1
7-8/03/07	46	6
19-20/03/07	27	13.3
25-26/03/07	31	15.4
30-31/03/07	19	20.7

3.1.2 Livello del mare

Il mareografo Diga Sud Chioggia ha registrato, nel periodo di monitoraggio considerato, i livelli riportati in Fig.3.2 riferiti al sistema IGM-“Genova 1942”.

3.1.3 Pressione atmosferica - h_b

I dati acquisiti dal barologger BC01, utilizzati per la compensazione dei dati di livello, sono rappresentati in Fig.3.3.

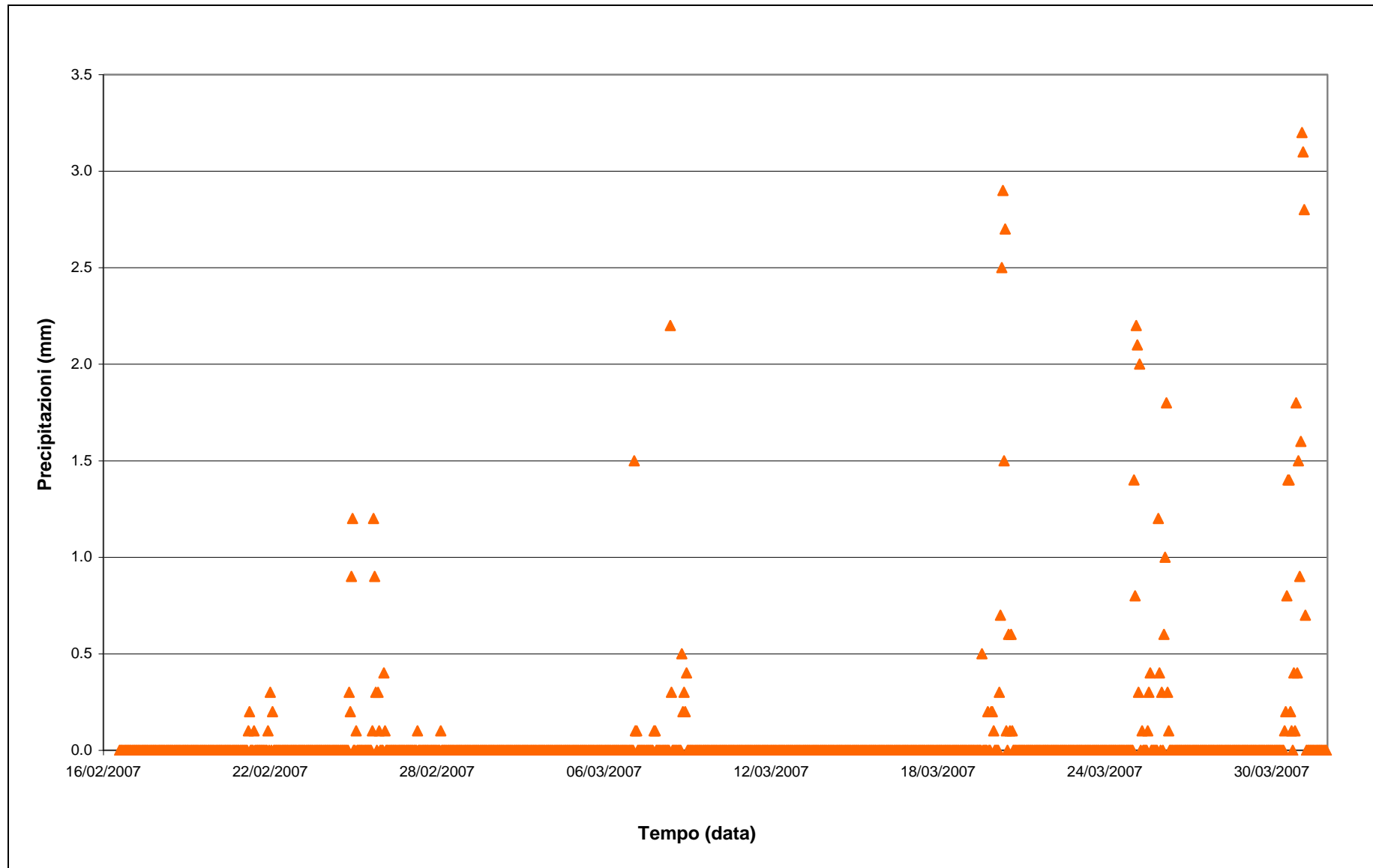


Fig.3. 1 - Precipitazioni registrate durante la Fase A

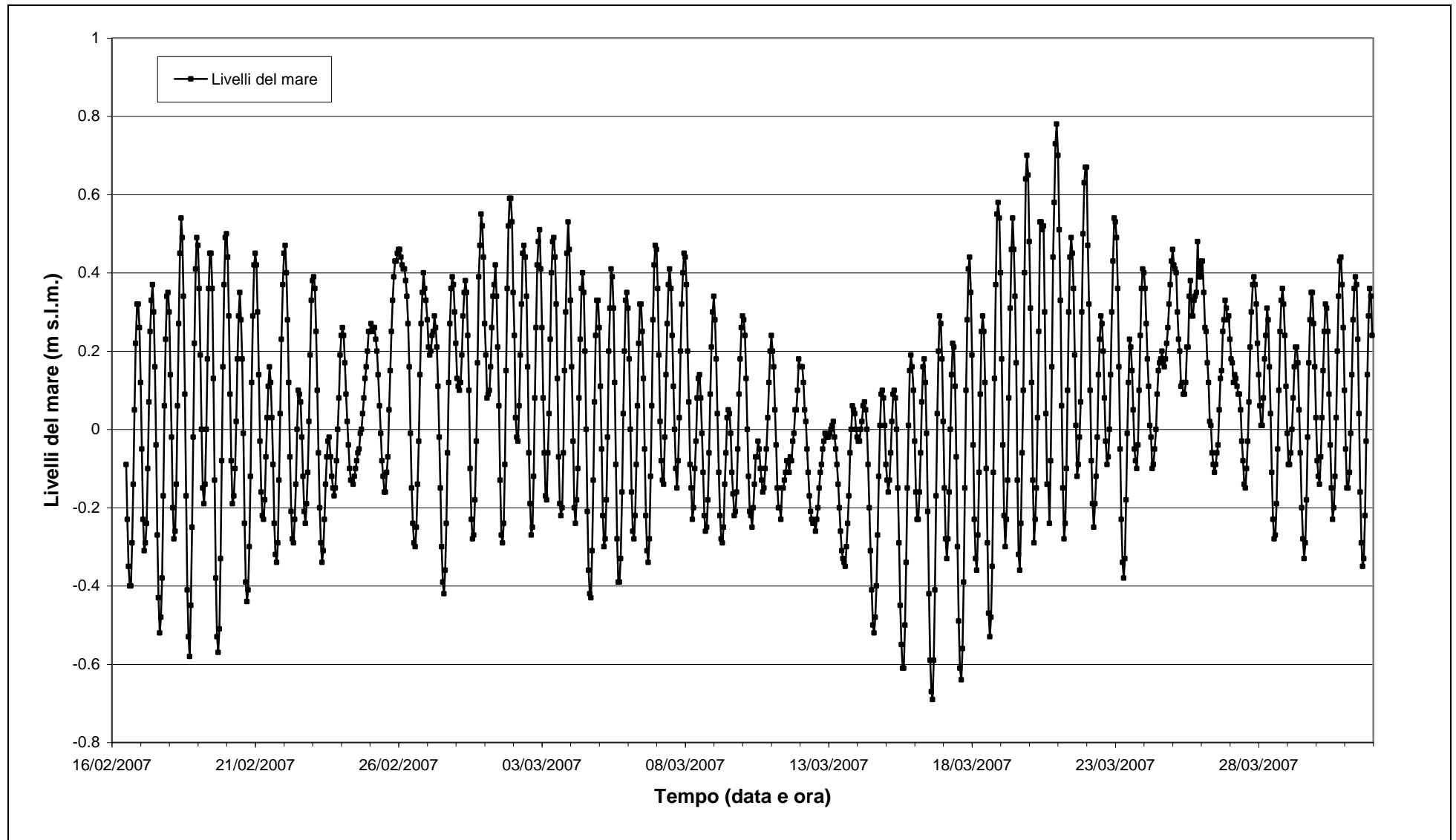


Fig.3. 2 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia durante la Fase A. I livelli sono riferiti al sistema IGM-"Genova 1942"

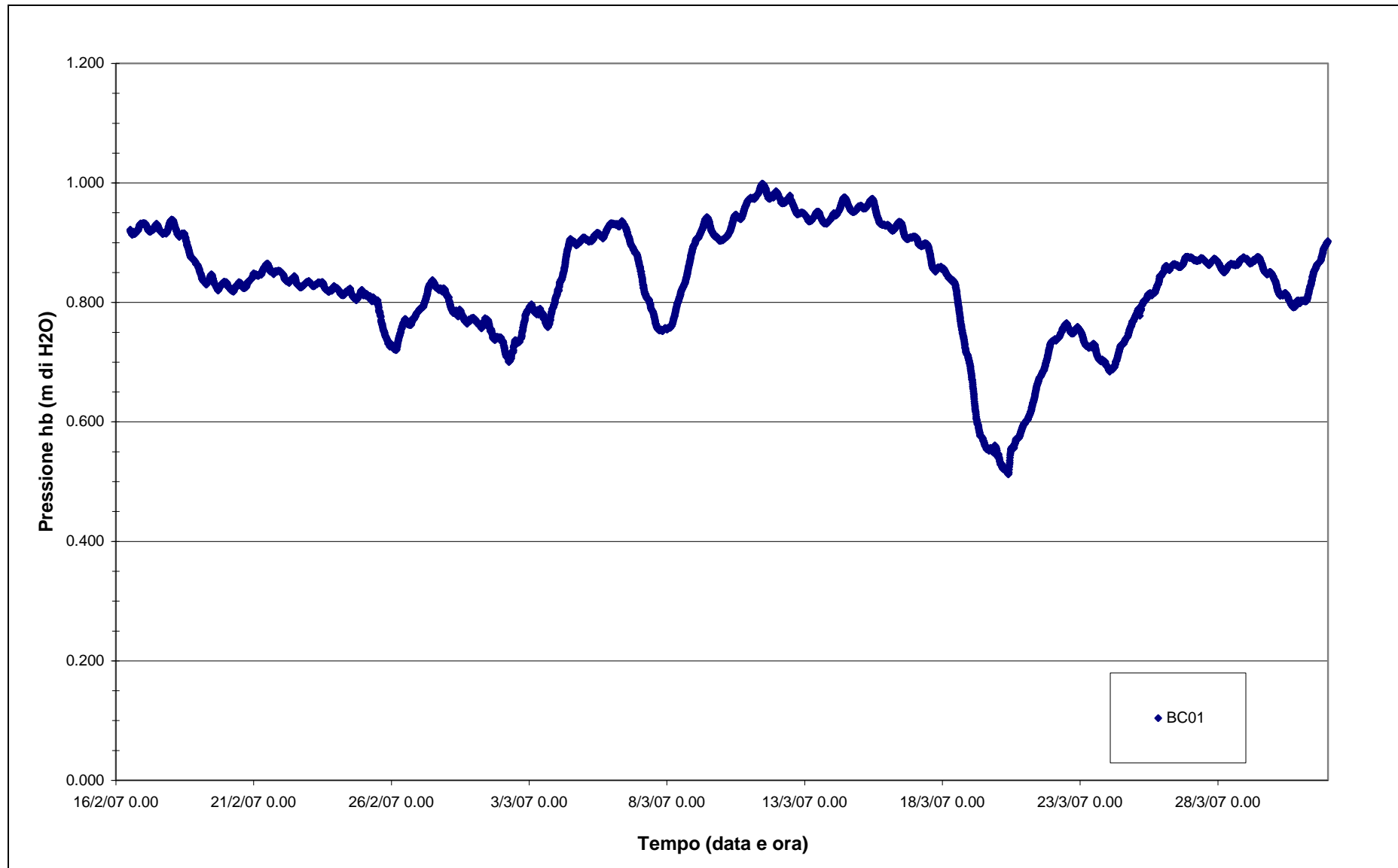


Fig.3.3 - Tracciato di misura della pressione atmosferica registrato dal barologger BC01 durante la Fase A

3.2 Piezometro superficiale - primo livello acquifero (Strato A)

Di seguito è riportata la serie temporale dei battenti idrici non compensati e dopo compensazione, e del livello piezometrico registrato dal levellogger posto nel piezometro superficiale PSC01, finestrato in corrispondenza del primo livello acquifero (strato A).

3.2.1 Battente idrico non compensato - h_{p-nc}

I dati sono riportati in Allegato 3 ed in Fig.3.4.

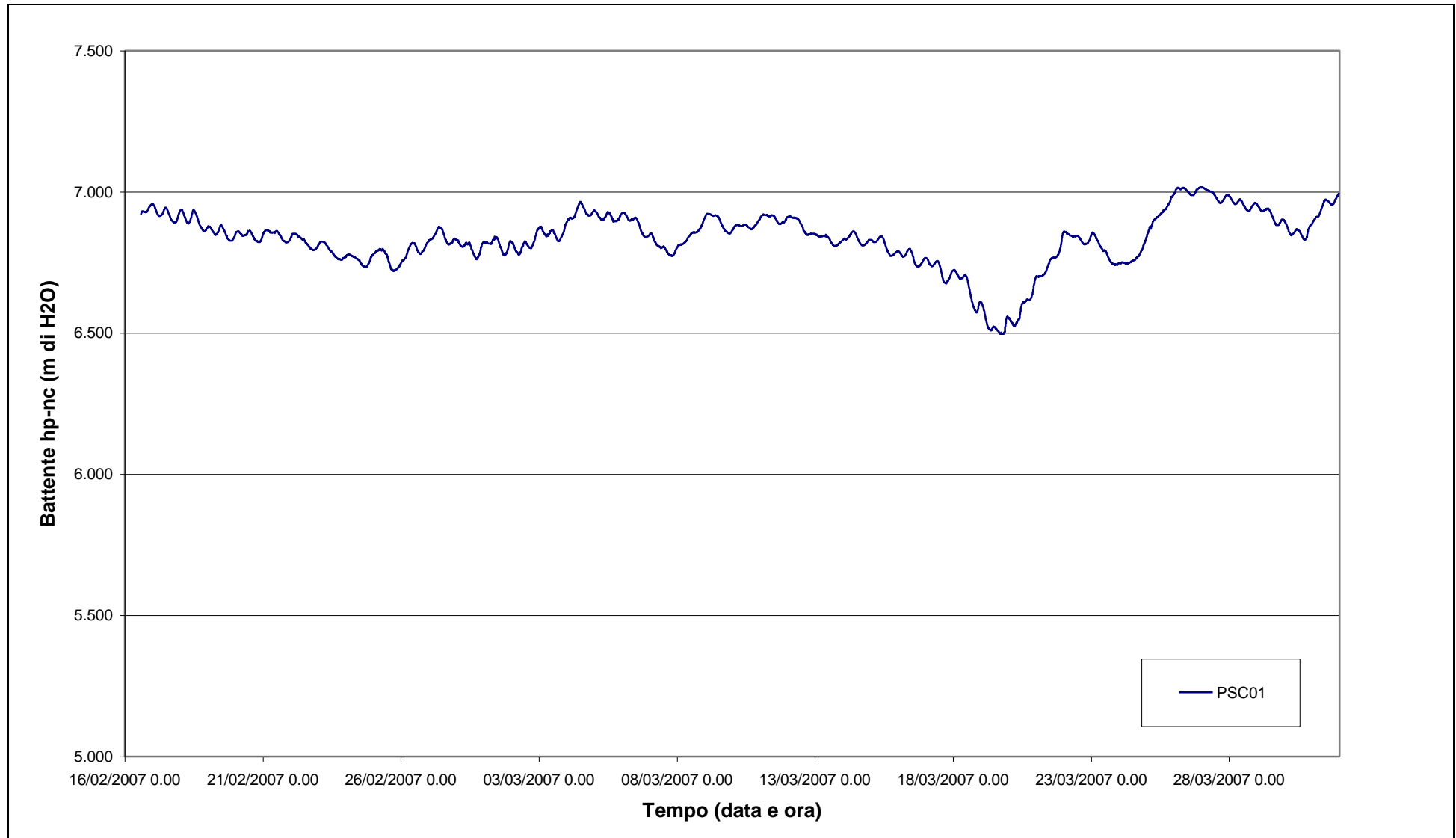
3.2.2 Battente idrico compensato - h_p

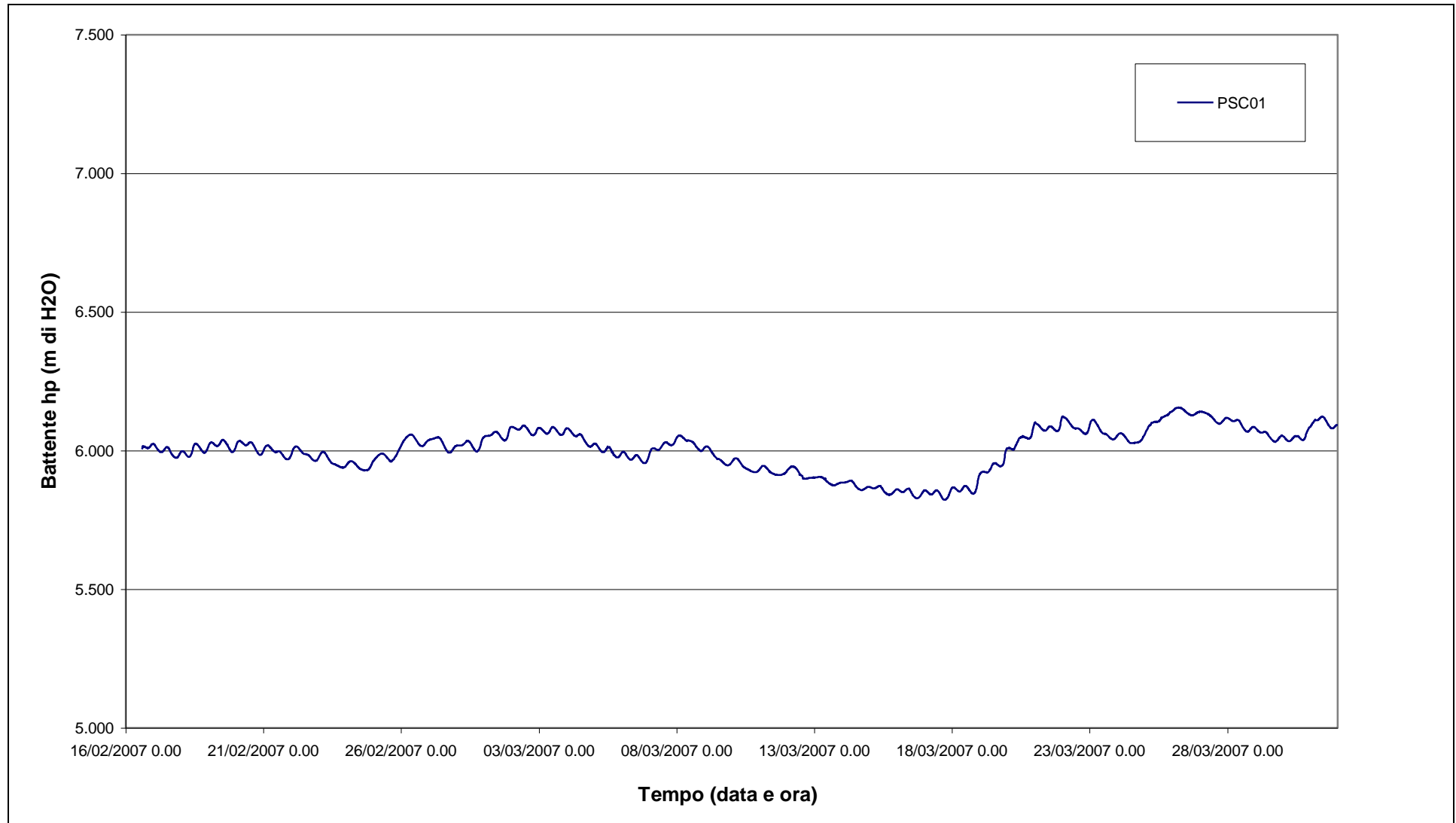
Il battente idrico compensato con la pressione atmosferica, espressa in metri di colonna d'acqua registrata dal Barologger BC01, è riportato in Allegato 4 e rappresentato in Fig.3.5. È possibile notare una regolarizzazione dei tracciati imputabile alla depurazione dalla pressione atmosferica.

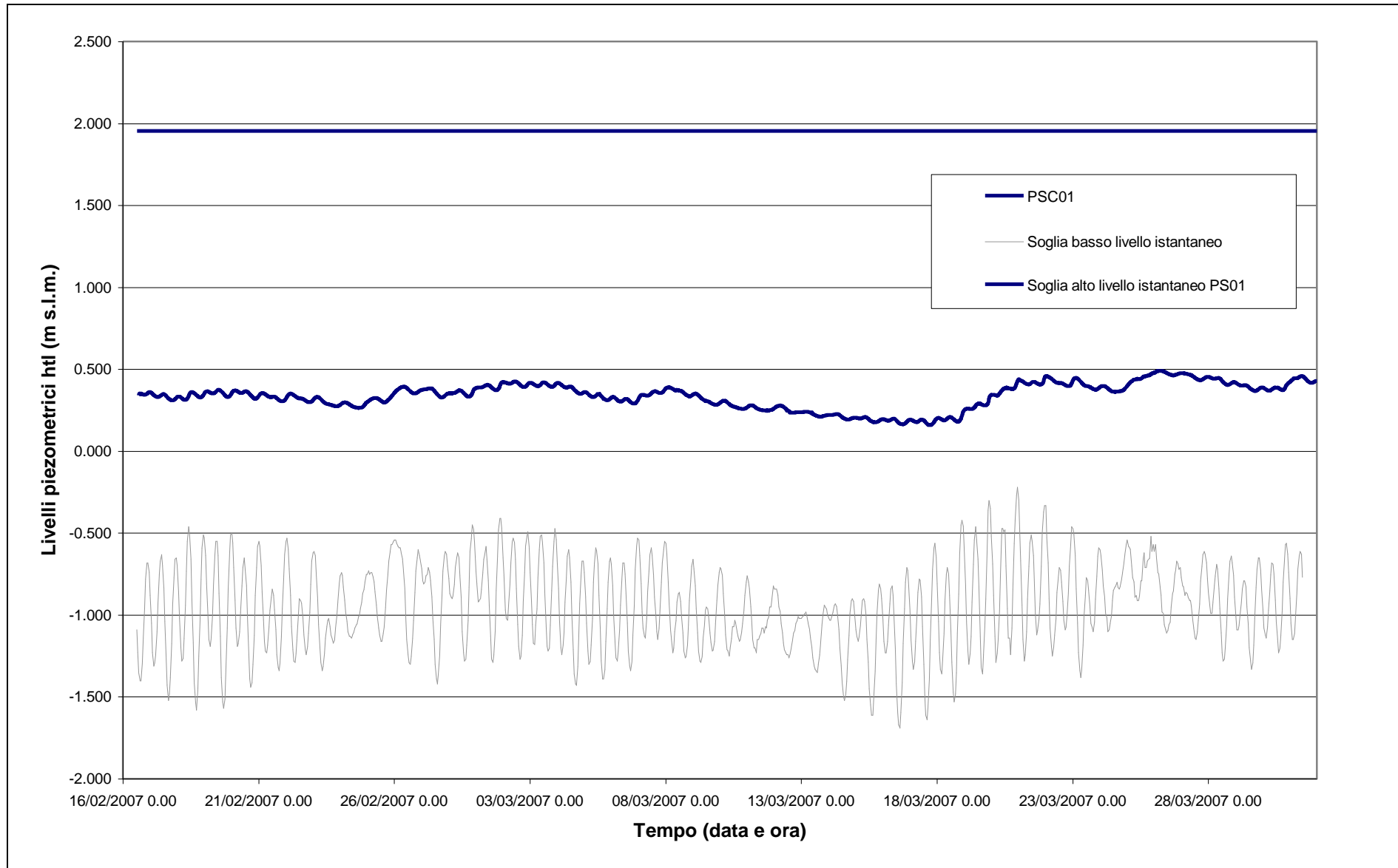
3.2.3 Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_H

Il livello piezometrico assoluto misurato all'interno del piezometro superficiale PSC01 è contenuto in Allegato 5 e rappresentato in Fig.3.6, con le relative Soglie di Alto Livello Istantaneo e Basso Livello Istantaneo, così come definite nel capitolo 5. In Fig. 3.7 è rappresentato il livello piezometrico assoluto mediato su 24 ore insieme alla soglia di Basso Livello Medio.

Il livello piezometrico è influenzato in maniera modesta dalle oscillazioni mareali e dalle precipitazioni piovose (Fig. 3.8).

Fig.3. 4 - Battente non compensato (h_{p-nc}) acquisito nel piezometro superficiale durante la Fase A

Fig.3. 5 - Battente compensato (h_p) acquisito nel piezometro superficiale durante la Fase A

Fig.3. 6 - Livello piezometrico (h_{tl}) relativo al piezometro superficiale PSC01 e relative soglie di alto e basso livello istantaneo

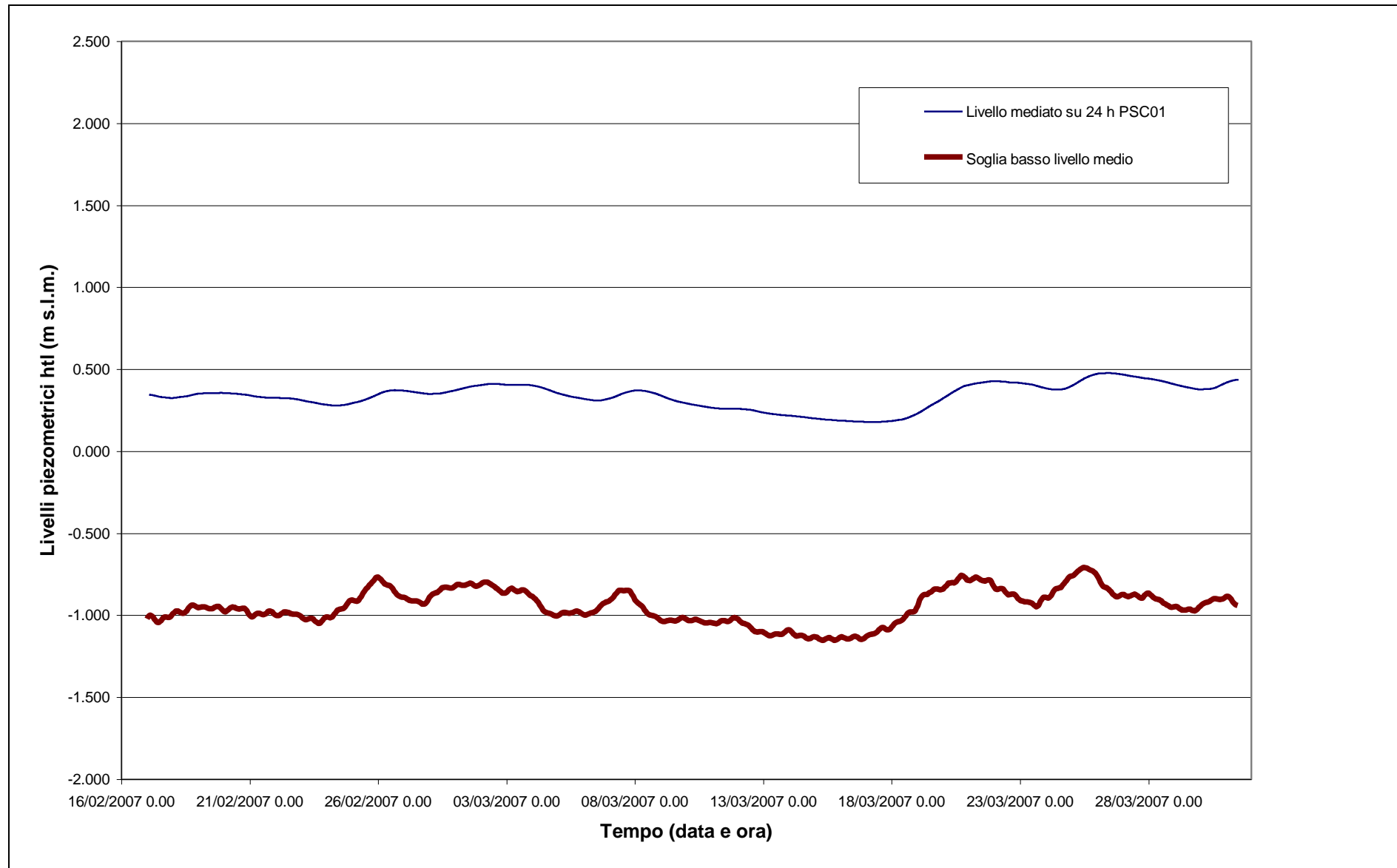
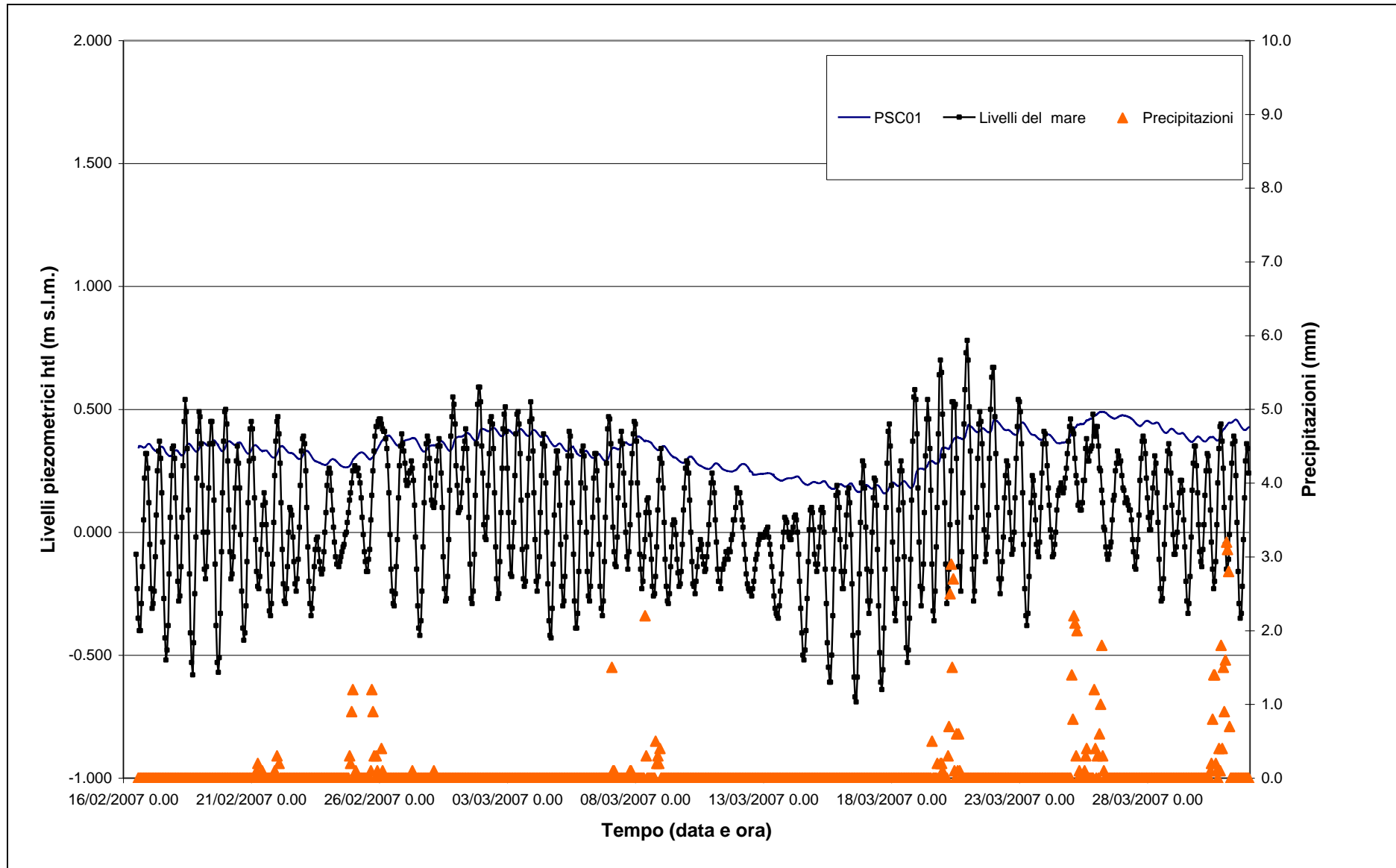


Fig.3. 7 - Livello piezometrico (h_t) relativo al piezometro superficiale PSC01 mediato sulle 24 h e relativa soglia di basso livello medio

Fig.3. 8 – Livello piezometrico (h_t) e forzanti naturali relativi al piezometro superficiale PSC01 (periodo 16/02/2007 – 31/03/2007)

3.3 Piezometro profondo - secondo livello acquifero (Strato C)

Di seguito è riportata la serie temporale dei battenti idrici non compensati e dopo compensazione, e del livello piezometrico registrato dal levelogger posto nel piezometro profondo PPC01, finestrato in corrispondenza del secondo livello acquifero (strato C).

3.3.1 Battente idrico non compensato - h_{p-nc}

I dati sono riportati in Allegato 6 ed in Fig.3.9.

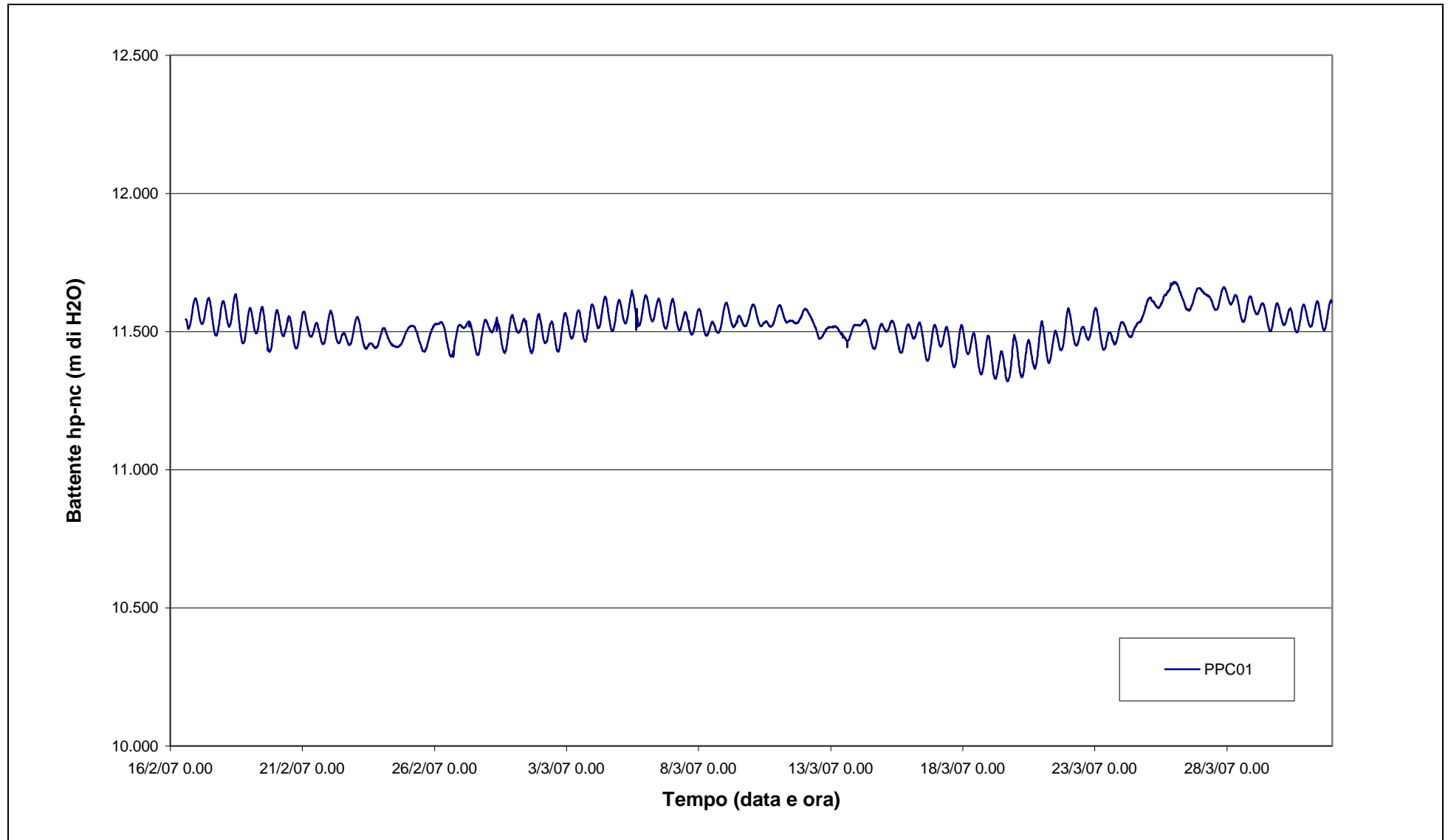
3.3.2 Battente idrico compensato - h_p

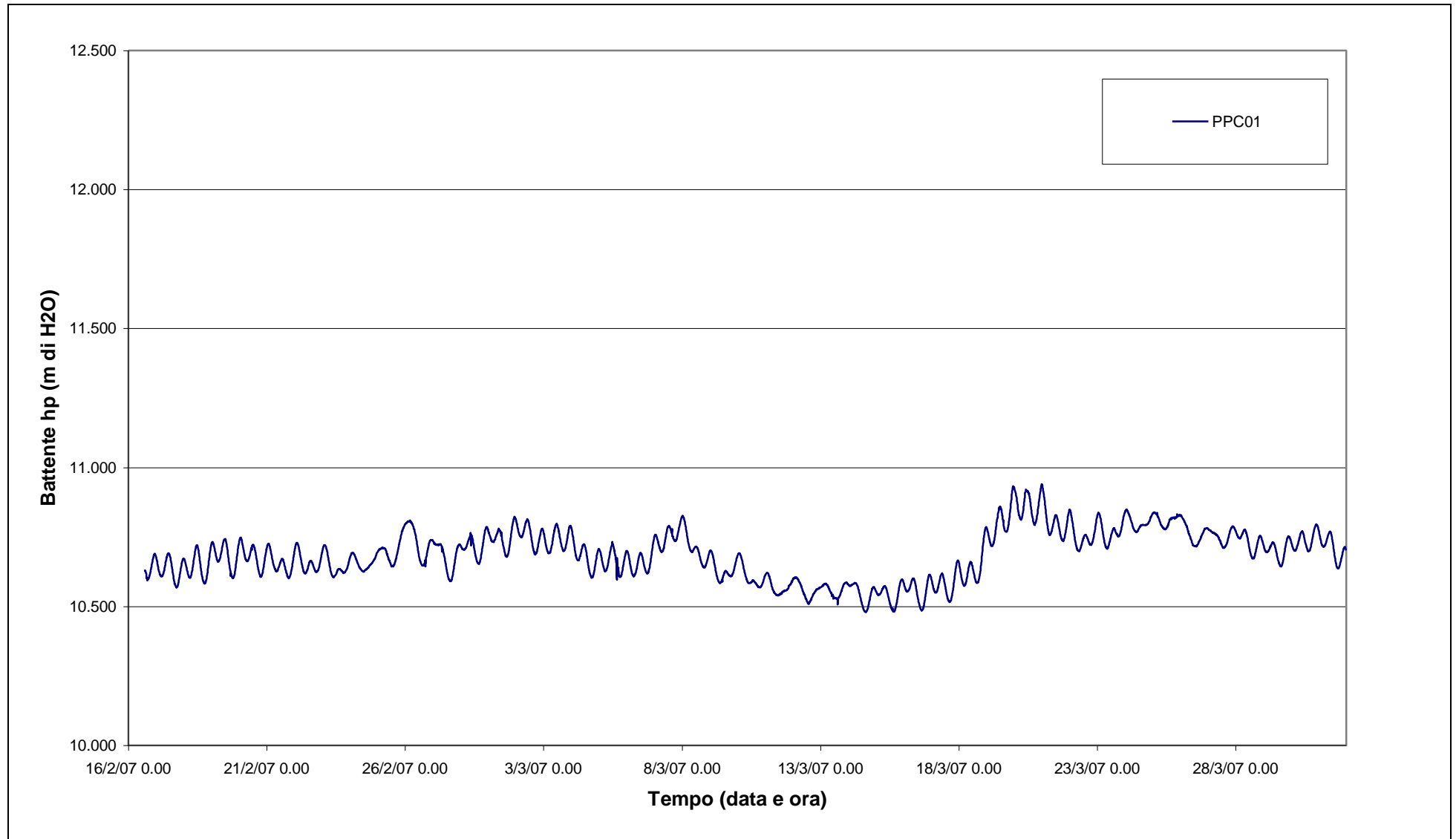
Il battente idrico compensato con la pressione atmosferica, espressa in metri di colonna d'acqua registrata dal Barologger BC01, è riportato in Allegato 7 e rappresentato in Fig.3.10. È possibile notare una regolarizzazione dei tracciati imputabile alla depurazione dalla pressione atmosferica.

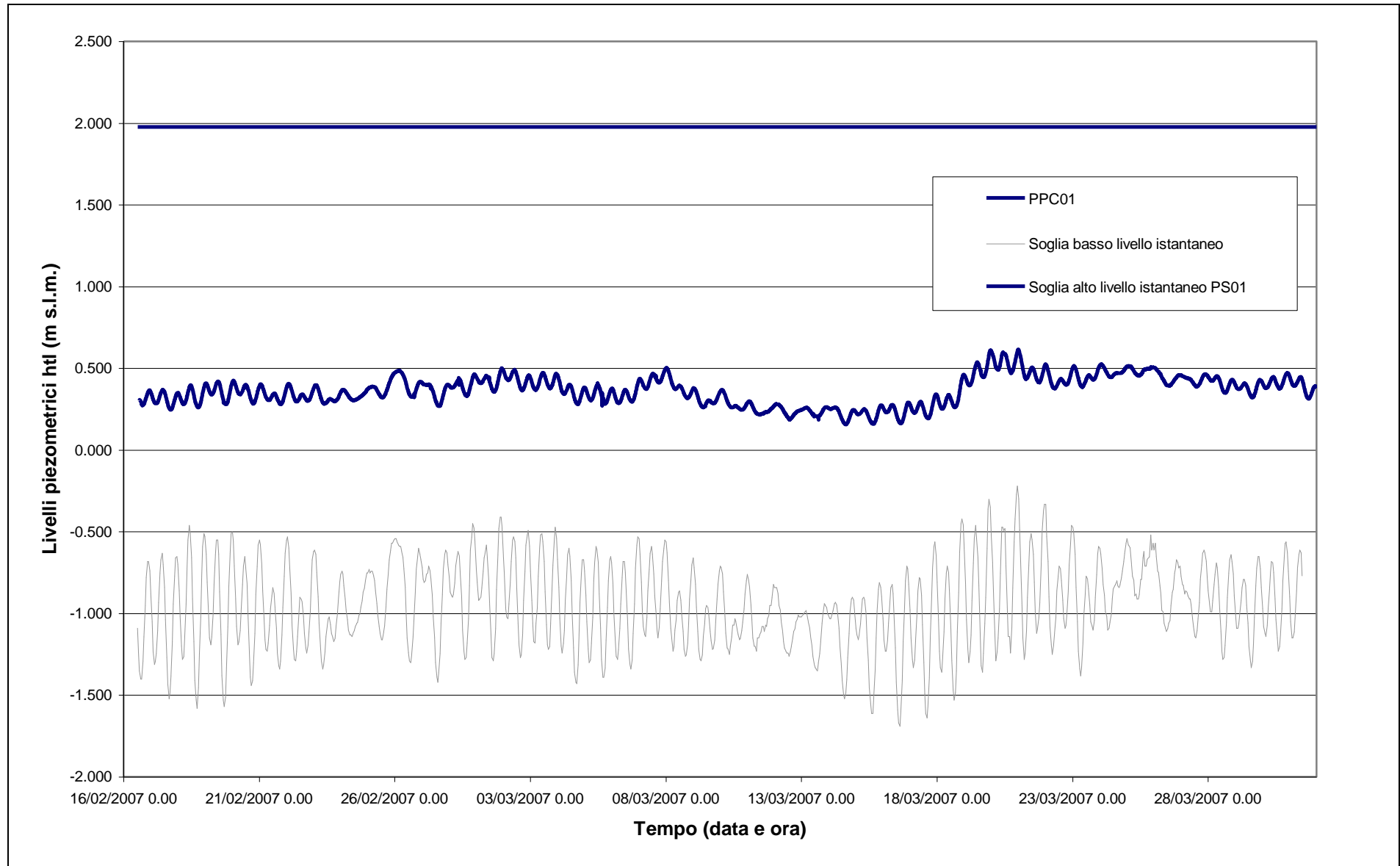
3.3.3 Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_H

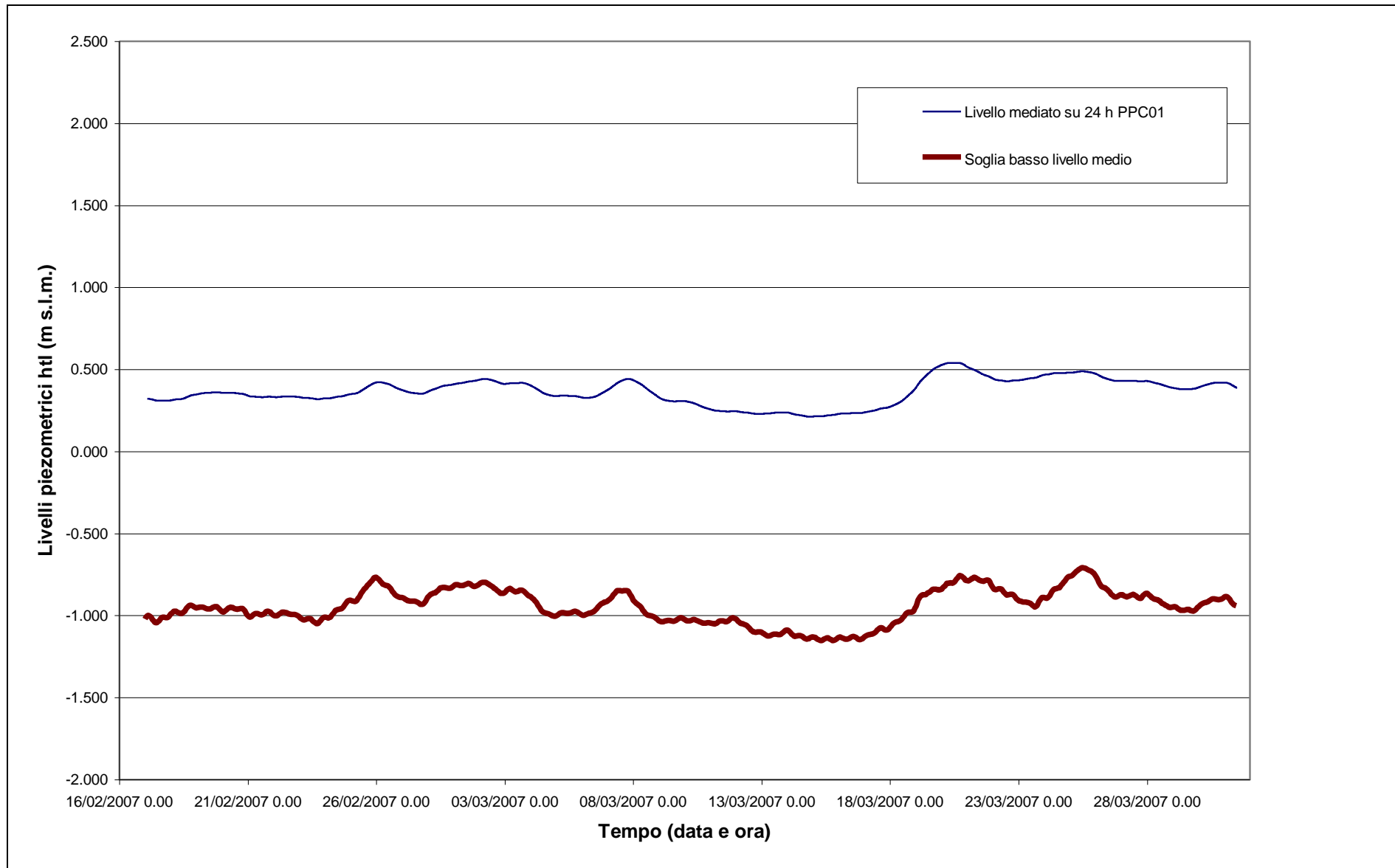
Il livello piezometrico assoluto all'interno del piezometro profondo PPC01 è contenuto in Allegato 8 e rappresentato in Fig.3.11, con le relative Soglie di Alto Livello Istantaneo e Basso Livello Istantaneo, così come definite nel capitolo 5. In Fig. 3.12 è rappresentato il livello piezometrico assoluto mediato su 24 ore insieme alla soglia di Basso Livello Medio.

Il livello piezometrico è influenzato in maniera modesta dalle oscillazioni mareali. Limitato sembra essere, invece, l'effetto imputabile alle precipitazioni piovose (Fig. 3.13).

Fig.3. 9 - Battente non compensato (h_{p-nc}) acquisito dal piezometro profondo durante la Fase A

Fig.3. 10- Battente compensato (h_{pc}) acquisito dal piezometro profondo durante la Fase A

Fig.3. 11- Livello piezometrico (h_{tl}) relativo al piezometro profondo PPC01 e relative soglie di alto e basso livello istantaneo

Fig.3. 12- Livello piezometrico (h_t) mediato sulle 24 h relativo al piezometro profondo PPC01 e relativa soglia di basso livello medio

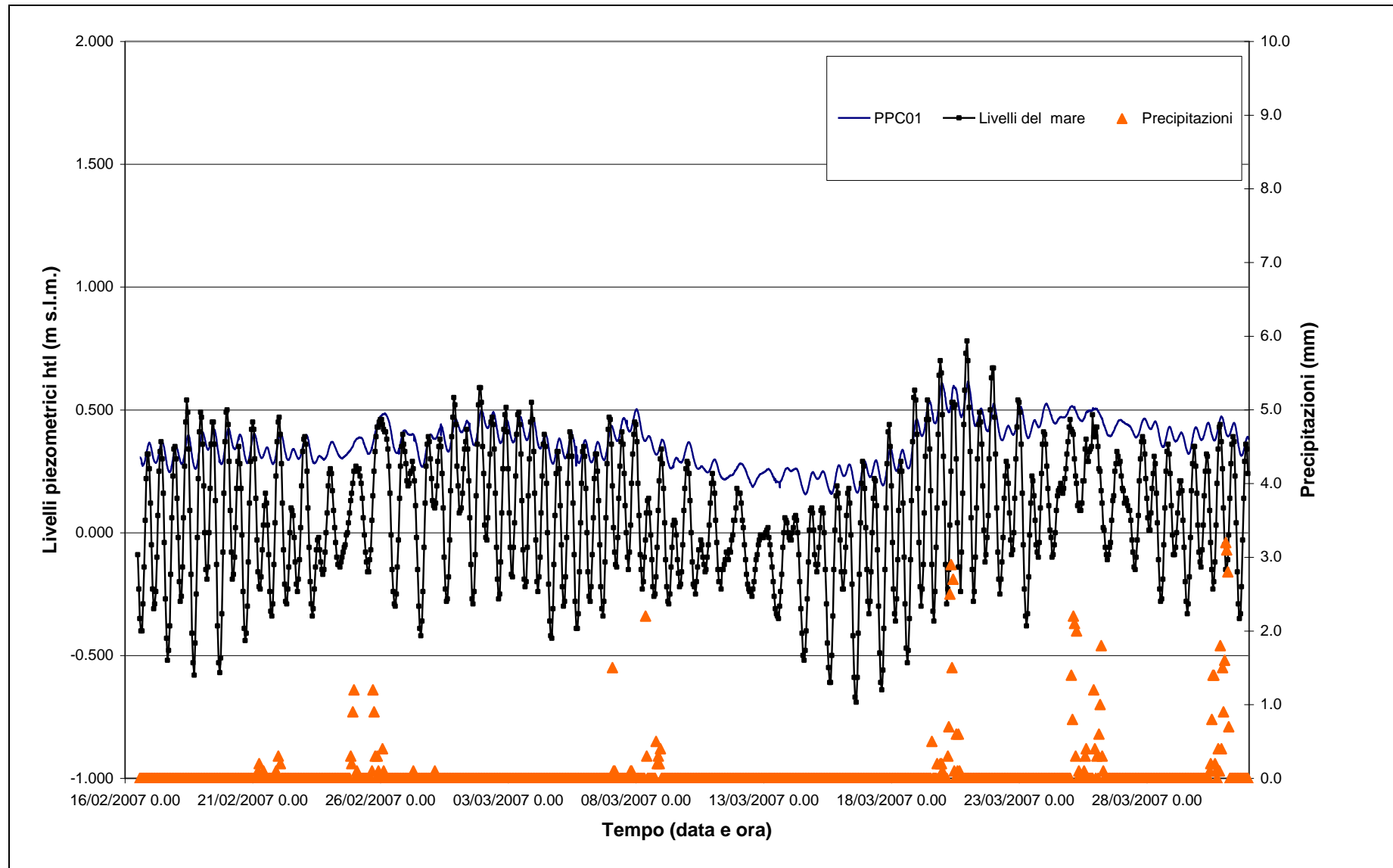


Fig.3. 13- Livello piezometrico (h_{tl}) e forzanti naturali relativi al piezometro profondo PPC01 (periodo 16/02/2007 - 31/03/2007)

4. ANALISI DI DENSITÀ DELL'ACQUA DI FALDA

4.1 Profili verticali di conduttanza specifica

In questo capitolo si riportano i profili di conduttanza specifica misurati all'interno dei piezometri. In entrambi i piezometri, dopo aver misurato la soggiacenza con sondino manuale (freatimetro) 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.

In Fig.4.1 sono rappresentati i profili verticali di conduttanza specifica relativi, rispettivamente, al piezometro superficiale PSC01 e a quello profondo PPC01 misurati durante due diversi sopralluoghi, avvenuti nei giorni 12/03/2007 e 04/04/2007. Si fa notare che in ascisse (per i dati di conduttanza) è stata utilizzata una scala logaritmica, in modo da apprezzare variazioni anche in corrispondenza dei valori più bassi.

4.2 Profili verticali di densità

Adottando lo stesso procedimento seguito per la determinazione della correlazione tra conduttanza specifica e densità dell'acqua negli acquiferi monitorati presso la bocca di porto di Lido (descritti nel I Rapporto di Valutazione quadrimestrale, Studio B.6.72 B/2, aprile 2007) è stato possibile risalire ai profili verticali di densità dei due livelli monitorati. In data 12/03/2007 sono stati prelevati 12 campioni di acqua di falda nei due piezometri, tramite l'utilizzo di una pompa peristaltica (Fig.4.2). I campioni sono stati prelevati a diverse profondità in modo da esplorare tutto il range di variazione della conduttanza specifica; per ognuno di essi sono quindi state misurate la temperatura, la conduttanza specifica e la densità (Tab.4.1). È stato quindi possibile determinare la correlazione tra conduttanza specifica a 20°C e densità dell'acqua (Fig.4.3), impostando per la retta di correlazione un'intercetta pari alla densità dell'acqua pura a 20°C:

$$\rho(C = 0, T = 20) = 998.200101772 \frac{kg}{m^3}$$

La correlazione tra la densità dell'acqua e la conduttanza specifica a 20°C risulta così espressa dalla seguente equazione:

$$\rho(C_{20}, T = 20) = 998.200101772 + 4.93511 \cdot 10^{-4} \cdot C_{20} \quad \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

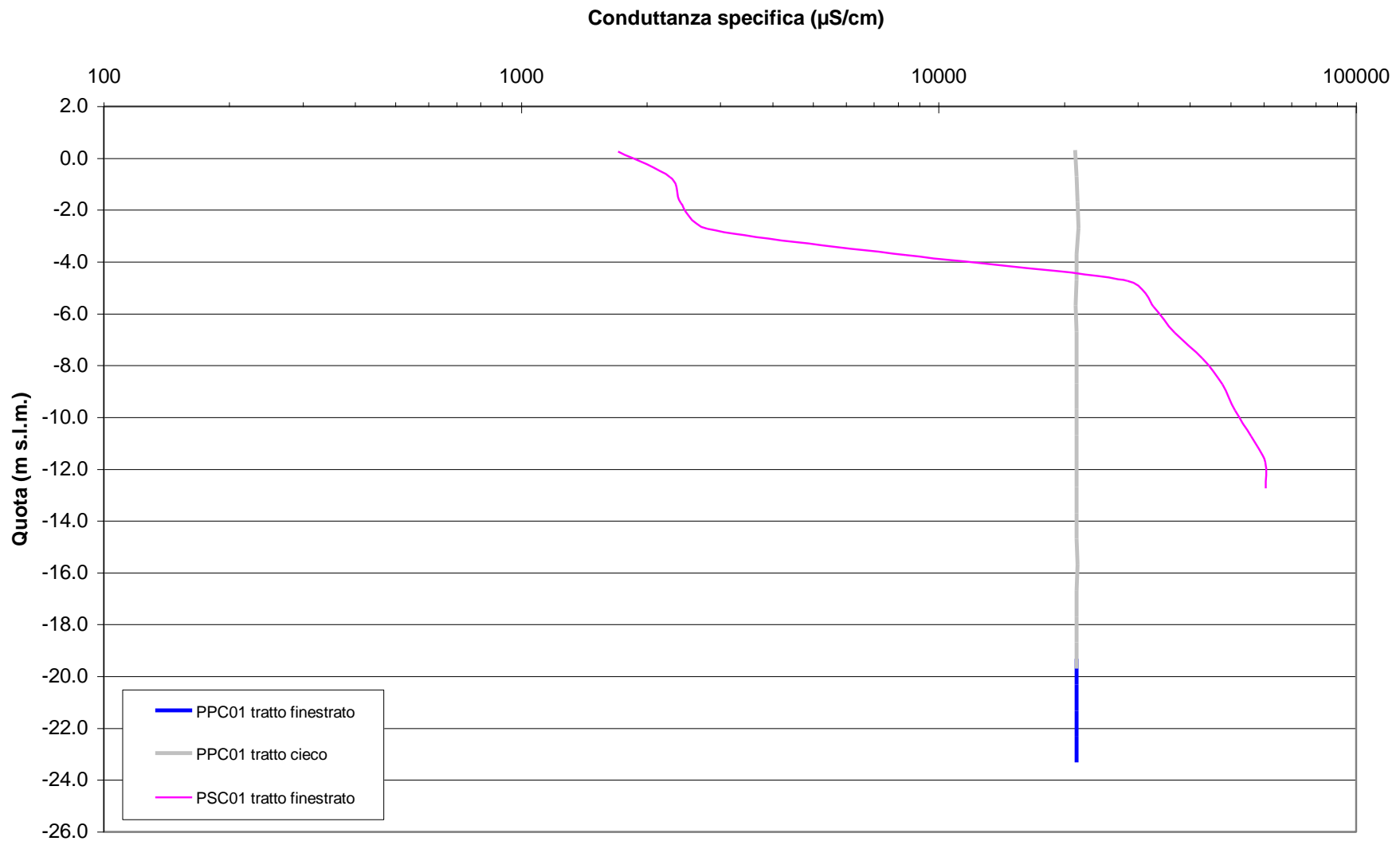


Fig. 4.1: Profili verticali di conduttanza specifica in corrispondenza dei 2 piezometri della postazione di monitoraggio.

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



Fig.4. 2: Prelievo di campioni di acqua per analisi di densità

Tab.4. 1 - Misure di conduttanza e densità dei campioni prelevati

Campione	Soggiacenza (m)	Conduttanza specifica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		Densità riferita a 20°C (kg/m^3)
		a 25 °C	a 20 °C	
1 (PSC01)	3.0	2640	1923	1001.5
2 (PSC01)	6.0	5697	4921	1002.5
3 (PSC01)	6.5	17000	14978	1006.0
4 (PSC01)	7.5	29600	26168	1010.5
5 (PSC01)	8.5	31900	28135	1011.5
6 (PSC01)	10.5	42300	37078	1015.2
7 (PSC01)	14.0	53300	39694	1018.0
8 (PPC01)	5.0	19900	16946	1007.5
9 (PPC01)	11.0	18900	16051	1007.0
10 (PPC01)	21.5	19500	17140	1007.0
11 (PPC01)	28.0	19600	17223	1007.0
12 (PPC01)	35.0	19600	16848	1007.2

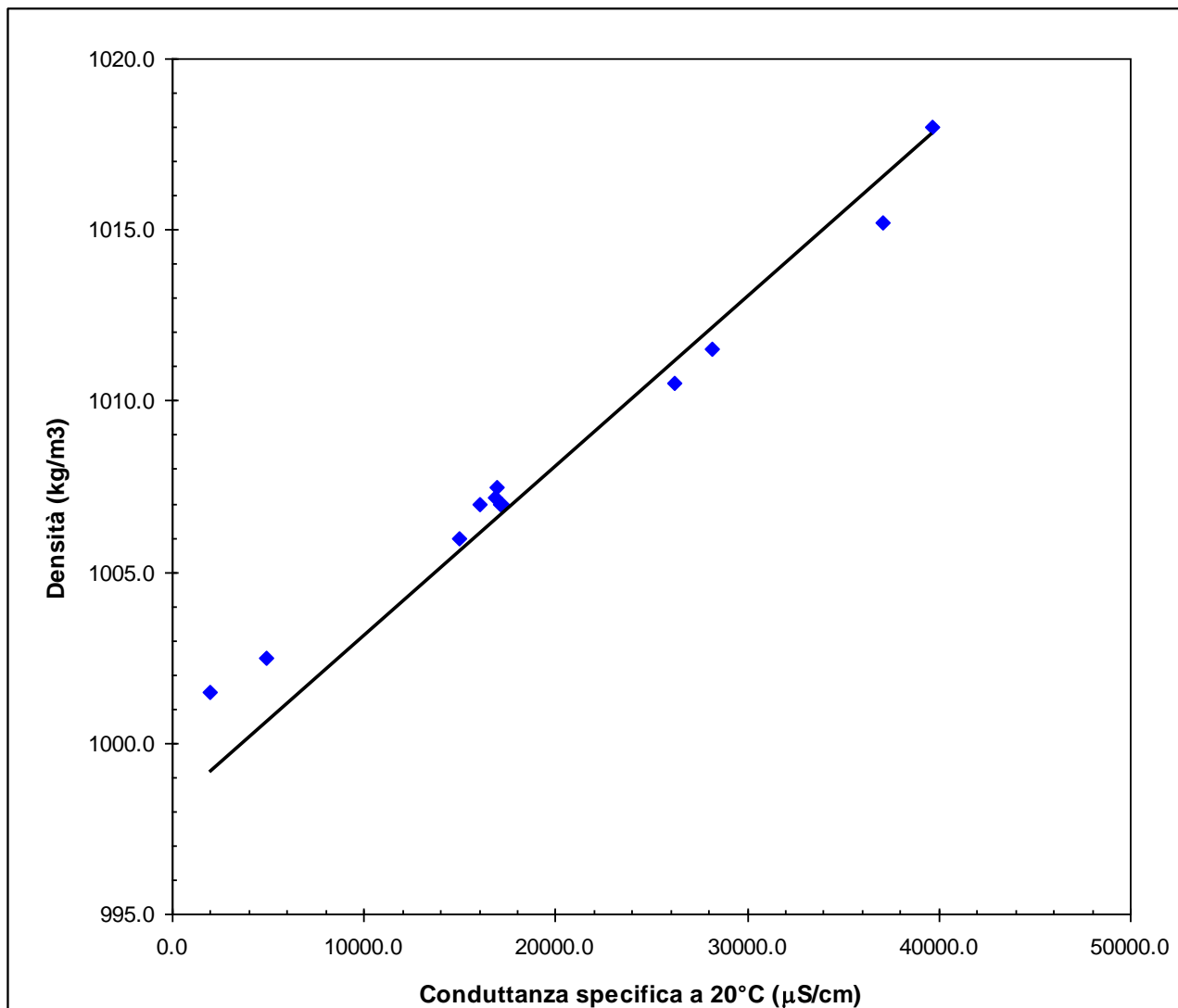


Fig.4. 3 - Correlazione densità conduttanza specifica dai campioni d'acqua prelevati a Ca' Roman

La relazione che permette di considerare anche la dipendenza dalla temperatura dell'acqua, ed esprime tale grandezza in funzione della conduttanza misurata con la sonda multiparametrica, è la seguente:

$$\begin{aligned} \rho(T, C) &= \rho(T, C_{20} = 0) + \rho(T = 20, C_{20}) - \rho_0 = \\ &= a + bT + cT^2 + dT^3 + eT^4 + fT^5 + gT^6 + 4.93511 \cdot 10^{-4} \cdot C_{25} \frac{1 + r \cdot (T - 25)}{1 + r \cdot (T - 20)} \end{aligned}$$

dove: $a = 9.998396 \cdot 10^2$, $b = 6.764771 \cdot 10^{-2}$, $c = -8.993699 \cdot 10^{-3}$, $d = 9.143518 \cdot 10^{-5}$,

$e = -8.907391 \cdot 10^{-7}$, $f = 5.291959 \cdot 10^{-9}$, $g = -1.359813 \cdot 10^{-11}$ (Perrochet, 1996).

5. DETERMINAZIONE DI SOGLIE DI AZIONE

In questo capitolo vengono definite, in via preliminare, alcune soglie di azione relative ai livelli piezometrici in corrispondenza della postazione di monitoraggio.

A questo proposito è necessario ricordare il significato o definire alcune grandezze che verranno utilizzate per la formulazione delle soglie:

- carico idraulico o livello piezometrico istantaneo misurato dai trasduttori di pressione: h_u (m s.l.m.);
- livello istantaneo del mare: h_M (m s.l.m.);
- carico idraulico o livello piezometrico istantaneo mediato su 24 ore di misura:
$$\bar{h}_{u,24} = \frac{1}{24} \int_{t-12}^{t+12} h_u dt \text{ (m s.l.m.)};$$
- livello del mare mediato su 24 h: $\bar{h}_M = \frac{1}{24} \int_{t-12}^{t+12} h_M dt \text{ (m s.l.m.)}.$

Le soglie prendono in considerazione eventi quali il basso o l'alto livello piezometrico valutati sui carichi idraulici istantanei o su una media di 24 ore, e sono definite dalle seguenti relazioni:

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

Le azioni correttive vengono distinte a seconda che la causa, ovvero la forzante, che determina l'anomalia di livello sia:

- naturale: imputabile ad esempio al livello del mare, alle precipitazioni, all'evapotraspirazione, al ruscellamento superficiale, ecc;
- antropica: in questo caso si distingue tra effetti del cantiere, quali pompaggio o sbarramento del deflusso idrico sotterraneo, oppure antropici di altra natura.

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

In Tab.5.1 sono riportate schematicamente le soglie individuate, le cause scatenanti oltre ad essere proposte alcune azioni correttive. Tale argomento potrà essere oggetto di future revisioni e modifiche.

Tab.5.1 - Identificazione preliminare delle soglie ed azioni correttive

Sigla	BLI			BLM		
Evento	Basso livello istantaneo			Basso livello medio (24 h)		
Espressione	$h_d < h_M - 1$			$\bar{h}_{d,24} < \bar{h}_{M,24} - 1$		
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	$h_d > z_t$			$\bar{h}_{d,24} > z_t$		
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

6. CONCLUSIONI

La Fase A di monitoraggio, che si è svolta nel periodo compreso tra il 16 febbraio 2007 e il 31 marzo 2007, ha permesso di valutare la situazione *ante operam* dei carichi idraulici in corrispondenza dei due livelli acquiferi individuati dal Disciplinare Tecnico.

Sono state valutate le influenze delle forzanti naturali agenti sul sistema dinamico considerando in particolare gli effetti prodotti dalla pressione atmosferica, dai livelli del mare e dalle precipitazioni. Si è proceduto, inoltre, alla determinazione dei profili lungo la verticale della conduttanza specifica all'interno dei piezometri ed alla derivazione di una correlazione empirica tra conduttanza specifica e densità dell'acqua.

Sono state, infine, definite alcune soglie e valutate azioni correttive, nel caso in cui i lavori di cantiere, ed in particolare il prosciugamento della tura o lo sbarramento del deflusso idrico sotterraneo (forzanti antropiche di cantiere), modificassero significativamente la piezometria dei due livelli acquiferi monitorati.

7. ALLEGATI

Allegato 1 - Stratigrafia e caratteristiche di completamento dei piezometri

Allegato 2 - Pressione atmosferica (h_b Barologger BC01)

Allegato 3 - Battenti idrici non compensati (h_{p-nc}), piezometro superficiale

Allegato 4 - Battenti idrici compensati (h_p), piezometro superficiale

Allegato 5 - Livelli piezometrici assoluti (h_{ti}), piezometro superficiale

Allegato 6 - Battenti idrici non compensati (h_{p-nc}), piezometro profondo

Allegato 7 - Battenti idrici compensati (h_p), piezometro profondo

Allegato 8 - Livelli piezometrici assoluti (h_{ti}), piezometro profondo

CO.RI.LA.

ESECUZIONE DI INDAGINI GEONOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DELLA POSTAZIONE
DI MONITORAGGIO NELL'AREA PELLESTRINA-CA' ROMAN, COMUNE DI CHIOGGIA, VENEZIA

SONDAGGIO: PCI

Data inizio: 12/02/2007

Profondità: -38.75 m p.c.

Falda superficiale: -1.43 m p.c. ore 9:10 del 15/02/2007

Falda profonda: -1.35 m p.c. ore 9:10 del 15/02/2007

Coordinata Est: 2308002.753

Coordinata Nord: 5012707.515

Carotiere semplice \varnothing 101 mm L 150 cm

Rivestimento \varnothing 152 mm L 150 cm

Profondità (m p.c.)	Profondità (m)	Profondità (m)	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	NOTE
0.00				Sabbia fine normale con rare conchiglie nella parte apicale	
1.00					
1.30					
-2.00		-1.95		Sabbia fine debolmente limosa maggiore con rari "lammenti" conchigliari	
-2.50					
-4.00					
-4.50					
-5.00				Sabbia fine debolmente limosa, griglia scatta con rari frammenti conchigliari. Presenza di fedi conchigliari da quota -4.00 a -4.40 m p.c.	
-5.50					
-6.00					
-6.50					
-7.00					
-7.50					
-8.00		8.00			
-8.50					
-9.00					
-9.50					
-10.00				Sabbia medio fine griglia con punte di torba a quota -8.75 m p.c.	
-10.50					
-11.00					
-11.50		11.50			
-12.00				Sabbia medio fine griglia debolmente limosa	
-12.50					
-13.00	0.30	13.30			
-13.00	1.10	13.35		Lim. Avul. base grigio debolmente sabbiosa	
-13.50					
-13.50				Sabbia grigia con limo con vermetti sparsi subcontinuetri di limo argilloso	
-14.00		14.30			
-14.50	2.00	14.40			
-15.00	3.35	14.45		Lim. sabbioso debolmente argilloso grigio	

pag. 1/3

scala quote 1 : 50

CO.RI.LA.

ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DELLA POSTAZIONE DI MONITORAGGIO NELL'AREA PELLESTRINA-CA' ROMAN, COMUNE DI CHIOGGIA, VENEZIA

SONDAGGIO: PCT

Data inizio: 12/02/2007	Profondità: -38.75 m p.c.
Falda superficiale: -1.43 m p.c. ore 9:10 del 15/02/2007	
Falda profonda: -1.35 m p.c. ore 9:10 del 15/02/2007	
Coordinata Est: 2308002.753	Coordinata Nord: 5012707.515
Carotiere semplice Ø 101 mm L 150 cm	Rivestimento Ø 152 mm L 150 cm

Profondità (m p.c.)	Cognome		STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	NOTE
	Profondità (m p.c.)	Intervallo (m)			
0.00	0.00	0.20			
-1.50	0.20	0.25		limo sabbioso debolmente argilloso grigio	
-16.00	0.25	0.40		limo argilloso sabbioso grigio con intercalazioni di limo sabbioso	
-17.00	0.40	0.25		limo sabbioso debolmente argilloso grigio	
-17.40	0.25	0.20		limo sabbioso grigio	
-18.00	0.20	0.20			
-18.50	0.20	0.30			
-19.00	0.20	0.20		limo sabbioso debolmente argilloso grigio, localmente limo sabbioso argilloso	
-20.00	0.20	0.20			
-20.50	0.20	0.10			
-21.00					
-21.50					
-22.00					
-22.50					
-23.00					
-23.50					
-24.00					
-24.50					
-25.00				Sabbia fine grigia debolmente argillosa, localmente media fine. Presenza di punti di torba e quoti > 2.10-27.30 m p.c.	
-25.50					
-26.00					
-26.50					
-27.00					
-27.50					
-28.00	0.40	0.15		limo argilloso grigio scuro, argileo	
-28.50	0.10	0.10		torba marrone con livelli subcentimetrici di limo argilloso	
-29.00	0.90	0.40		limo argilloso sabbioso grigio con punti di torba sparsi. Livelli torbosi tra -29.35 e -29.45 m p.c.	
-29.50					
-30.00					

pag. 2/3

Scala grafica: 50

CO.RI.LA.

ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DELLA POSTAZIONE DI MONITORAGGIO NELL'AREA PELLESTRINA- CA' ROMAN, COMUNE DI CHIOGGIA, VENEZIA

SONDAGGIO: PCI

Data inizio: 12/02/2007

Profondità: -38.75 m p.c.

Falda superficiale: -1.43 m p.c. ore 9:10 del 15/02/2007

Falda profonda: -1.35 m p.c. ore 9:10 del 15/02/2007

Coordinata Est: 2308002.753

Coordinata Nord: 5012707.515

Carotiere semplice Ø 101 mm L 150 cm

Rivestimento Ø 152 mm L 150 cm

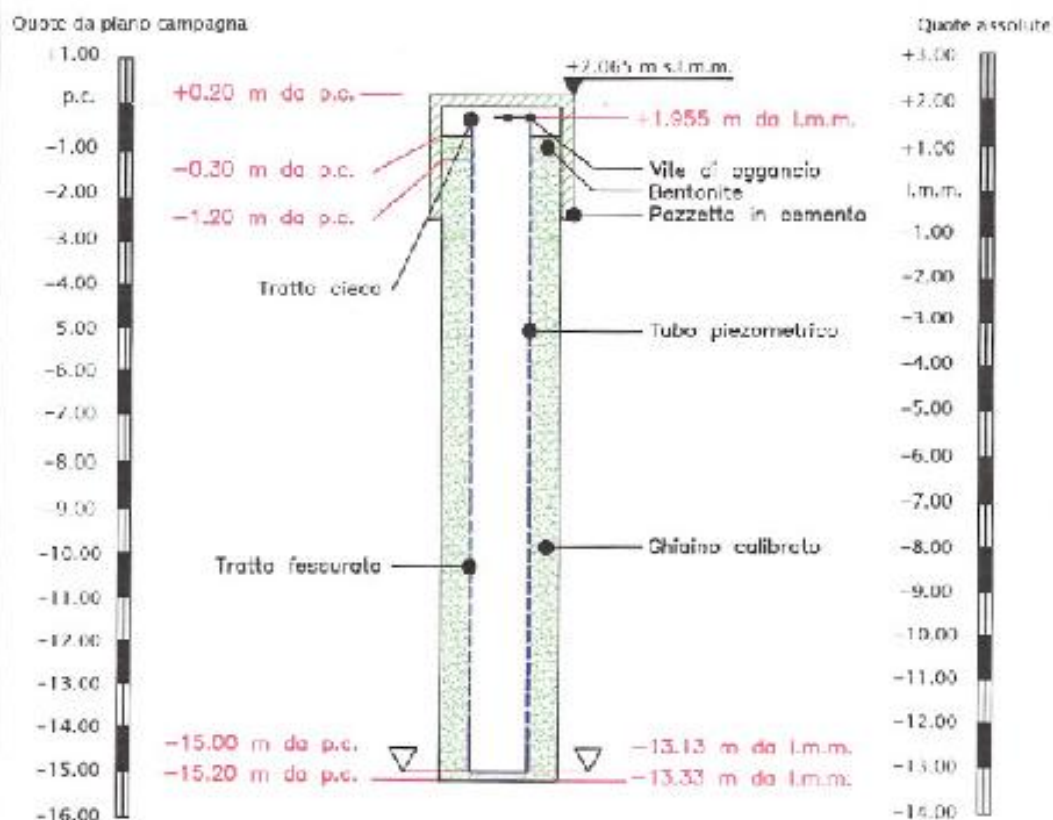
Profondità (m p.c.)	Liquori		SCHEDA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	NOTE
	F.A. (m)	Liquori (m)			
-30.00	1.53	0.50		Limo argilloso sabbioso grigio con parti di torba sparse. Lave limbose tra -30.00 e -30.60 m p.c.	
-30.60	0.60	0.20			
-31.00	0.70	0.20			
-31.40	0.70	0.15			
-32.00			32.00	Limo sabbioso grigio	
-32.50			32.50	Sabbia grigia con limo	
-33.00			33.00		
-33.50			33.50		
-34.00			34.00	Sabbia limosa grigia	
-34.50			34.50		
-35.00			35.00		
-35.25	1.30	0.40	-35.25	Limo argilloso sabbioso grigio; marone tra -35.25 e -35.50 m p.c.	
-35.50	1.30	0.30	-35.50	Limo sabbioso circolante argilla con grigio	
-36.00	1.20	0.20	-36.00	Limo sabbioso grigio	
-36.20	1.20	0.20	-36.20		
-36.40	1.00	0.45	-36.40		
-37.00	1.00	0.35	-37.00	Limo sabbioso debolmente argilloso grigio	
-37.50	0.95	0.30	-37.50		
-37.70	0.95	0.20	-37.70		
-38.00	1.20	0.30	-38.00	Limo argilloso grigio	
-38.30	1.00	0.40	-38.30		
-38.50			-38.50	Torba marrone inodore	
-38.75			-38.75		
-39.00				HINE SONDAGGIO	
-39.50					
-40.00					
-40.50					
-41.00					
-41.50					
-42.00					
-42.50					
-43.00					
-43.50					
-44.00					
-44.50					
-45.00					

CO.R.I.L.A.

ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DELLA POSTAZIONE DI MONITORAGGIO NELL'AREA PELLESTRINA-CA' ROMAN, COMUNE DI CHIOGGIA, VENEZIA

PIEZOMETRO: PSC

Data inizio: 15/02/2007	Profondità perforazione: -15.20 m p.c.
Falda superficiale: -1.43 m p.c. ore 9:10 del 15/02/2007	
Falda profonda: -1.35 m p.c. ore 9:10 del 15/02/2007	
Tratto fessurato: -1.00 / -15.00 m p.c.	Tratto fessurato: +0.87 / -13.33 m l.m.m.
Coordinata Est: 2308002.906	Coordinata Nord: 5012706.053
	Rivestimento \varnothing 152 mm L 150 cm



CO.R.I.L.A.

ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DELLA POSTAZIONE
DI MONITORAGGIO NELL'AREA PELLESTRINA CA' ROMAN, COMUNE DI CHIOGGIA, VENEZIA

PIEZOMETRO: PPC

Data inizio: 14/02/2007	Profondità perforazione: -38.75 m p.c.
Falda superficiale: -1.43 m p.c. ore 9:10 del 15/02/2007	
Falda profonda: -1.35 m p.c. ore 9:10 del 15/02/2007	
Tratto fessurato: -21.20 / -37.20 m p.c.	Tratto fessurato: -19.33 / -35.33 m l.m.m.
Coordinata Est: 2308002.753	Coordinata Nord: 5012707.515
Carotiere semplice Ø 101 mm L 150 cm	Rivestimento Ø 152 mm L 150 cm

