



**STUDIO B.6.72 B/I
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto prot.n. 31572 si/gce/fbe

II RAPPORTO DI VALUTAZIONE

**Periodo di riferimento:
da marzo 2006 a giugno 2006**

Area: Matrice suolo

15 Luglio 2006

**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**

Supervisore macroattività

Responsabile d'Area

Approvazione

Ing. Rajandrea Sethi

Prof. Ing. Antonio Di Molfetta

Ing. Pierpaolo Campostrini

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	3
2.	STATO DI AVANZAMENTO CANTIERI	4
3.	MANUTENZIONE DELLA STRUMENTAZIONE.....	7
3.1	Sostituzione dei trasduttori.....	7
4.	ANALISI DEI DATI.....	11
4.1	Misura del carico idraulico mediante trasduttori di livello	12
4.2	Descrizione delle forzanti naturali.....	12
4.2.1	Precipitazioni.....	12
4.2.2	Livello del mare.....	15
4.2.3	Pressione atmosferica - h_b	17
4.3	Piezometri superficiali - primo livello acquifero (Strato A)	19
4.3.1	Verifica della presenza di livelli saturi nel primo metro di suolo.....	19
4.3.2	Valutazione della funzionalità del piezometro PS06	20
4.3.2.1	Slug test: esecuzione ed interpretazione	21
4.3.2.2	Prova di assorbimento	24
4.3.3	Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_l	25
4.3.4	Effetti delle precipitazioni.....	27
4.3.5	Effetti mareali	32
4.4	Piezometri profondi - secondo livello acquifero (Strato C)	41
4.4.1	Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{fl}	41
4.4.2	Effetti delle precipitazioni.....	43
4.4.3	Effetti mareali	48
4.5	Studio piezometrico	58
4.5.1	Piezometria superficiale.....	59
4.5.2	Piezometria profonda.....	66
5.	VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE	72
6.	CONCLUSIONI.....	74

1. INTRODUZIONE

Il presente documento descrive l'attività di monitoraggio relativa alla matrice suolo nel quadrimestre compreso tra il 1 marzo 2006 ed il 30 giugno 2006 in corrispondenza della Bocca di Lido, come previsto dal Disciplinare Tecnico (Studio B.6.72 B/I "Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova, 2004) ed illustrato nel "Rapporto di Pianificazione Operativa" (dicembre 2005).

Nel presente rapporto vengono riportati ed analizzati i dati relativi ai livelli piezometrici in corrispondenza delle 11 postazioni di monitoraggio bilivello. A tal proposito, gli andamenti piezometri sono stati messi in relazione alle forzanti naturali (precipitazioni, oscillazioni mareali e pressione atmosferica) e raffrontati alla situazione *ante operam* di Fase A per evidenziare l'eventuale influenza di forzanti antropiche di cantiere. Vengono descritte alcune prove per la verifica dell'eventuale presenza di livelli saturi nel primo metro del sottosuolo ed una prova, denominata slug test, per la valutazione della funzionalità delle postazione piezometrica PS06.

In ultima analisi, le serie temporali dei carichi idraulici sono state confrontate con le soglie di alto e basso livello al fine di evidenziarne i superamenti.

2. STATO DI AVANZAMENTO CANTIERI

In questo paragrafo è riportata una descrizione sintetica dello stato attuale dei lavori in corrispondenza della Bocca di Lido, aggiornata al 30 giugno 2006.

In Fig.2.1 è possibile osservare alcune delle attività completate ed indicate nei rapporti mensili "Interventi alle Bocche di porto per la difesa dalle acque alte - Lido Treporti. OP/299. Porto Rifugio - 1^Fase - Tura" (Consorzio Venezia Nuova, giugno 2006):

- la realizzazione della scogliera di protezione del terrapieno lato mare e del bacino del futuro porto rifugio;
- l'infissione del palancoato di chiusura della conca lato mare e lato terra;
- la realizzazione delle piste in sabbia per l'esecuzione della barriera idraulica realizzata mediante palancoato e diaframmi plastici;
- la realizzazione del terrapieno lato mare con riempimento di materiale sabbioso dragato;
- la costruzione del masso di coronamento in calcestruzzo, in prossimità del terrapieno lato mare;
- l'infissione del palancoato (lato mare), iniziata l'8 marzo 2006 e terminata a fine maggio 2006.

Le lavorazioni che risultano in corso sono:

- la costruzione della mantellata della scogliera per il bacino lato laguna e posa in opera del corpo diga con materiale lapideo;
- completamento della scogliera del terrapieno lato laguna con posa in opera del materiale lapideo;
- realizzazione del diaframma plastico con tecnica Bauer lungo la pista parallela a Lungomare Dante Alighieri, iniziata il 4 maggio 2006.

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

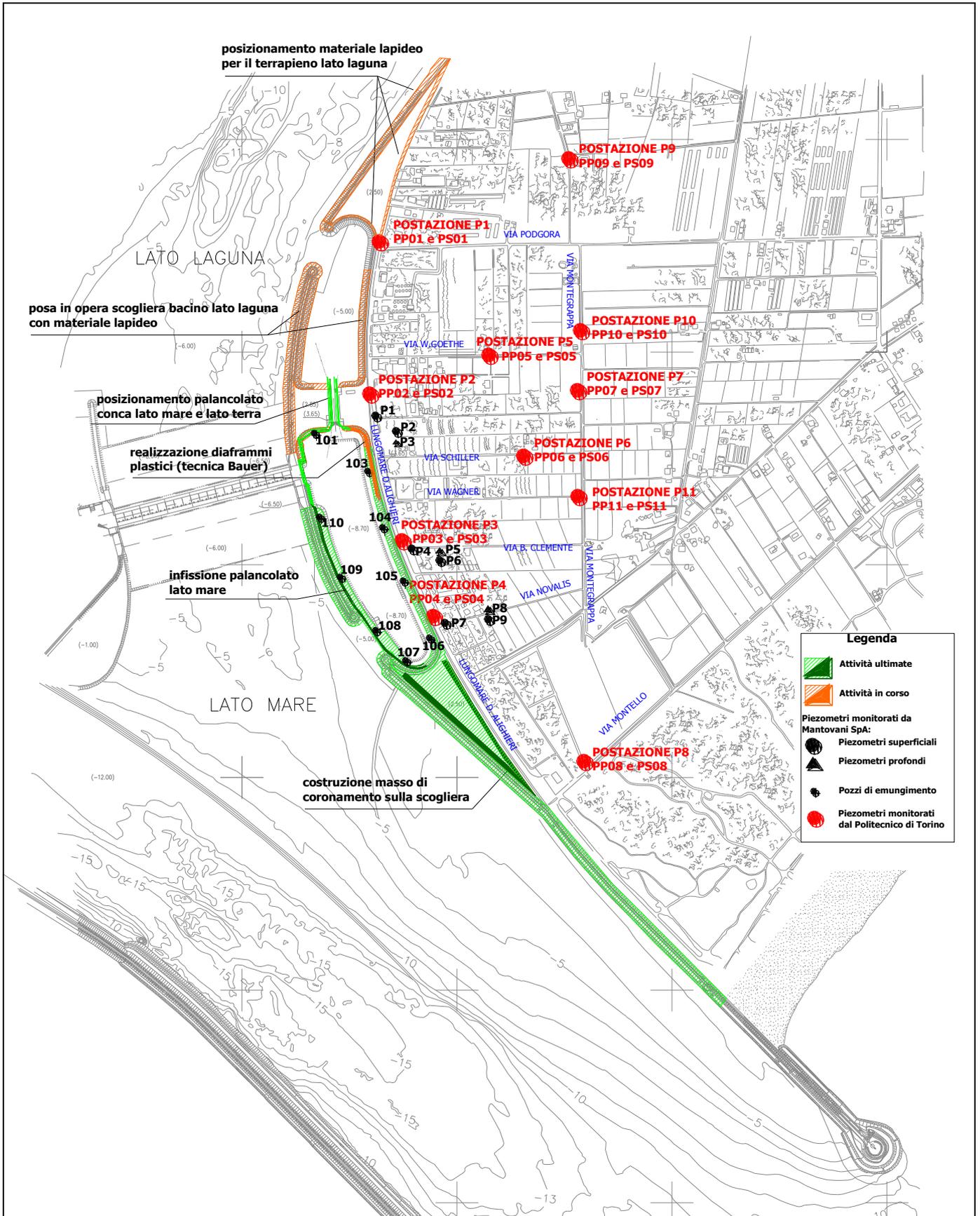


Fig. 2.1 – Stato avanzamento attività di cantiere.

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

Nel corso del mese di giugno sono stati terebrati 10 pozzi (Fig.2.2) che costituiscono il sistema di aggotamento della tura. Ciascun pozzo è stato sottoposto ad operazioni di spurgo protratte per circa 3-4 ore, fino all'ottenimento di acqua chiara. I pozzi sono profondi 25 m e sono ubicati all'interno dell'area di cantiere come indicato in Fig.2.1.



Fig.2.2 - Realizzazione dei pozzi di emungimento

3. MANUTENZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Nel corso dei quattro mesi di monitoraggio non sono state riscontrate irregolarità di funzionamento dei trasduttori. In occasione del sopralluogo avvenuto in data 6-7 marzo 2006 si è proceduto alla sostituzione dei due trasduttori mancanti (vedasi "Rapporto Mensile Marzo 2006"). Pertanto nel presente rapporto, i dati relativi ai piezometri superficiali PS02 e PS08 sono disponibili a partire da tale data.

3.1 Sostituzione dei trasduttori

In occasione del sopralluogo effettuato in data 6-7 marzo 2006 sono stati installati, in corrispondenza dei piezometri PS02 e PS08, due nuovi trasduttori Levelogger Gold (Fig.3.1) ed identificati con le sigle L04b e L16b.



Fig. 3.1 -Levelogger L04b e L16b

Tab. 3.1 - Ubicazione e identificazione dei Levelogger

Postazione	Piezometro	Levelogger	
		Serial Number	ID
P2	PS02	15501	L04b
P8	PS08	15484	L16b

I due trasduttori sono stati sottoposti a test per verificarne il corretto funzionamento, la linearità della risposta e calibrati al fine di determinare eventuali coefficienti di correzione sulle misurazioni (vedasi "Rapporto mensile Marzo 2006"). I tracciati di misura dei dati acquisiti durante la prima calibrazione (pressione e temperatura, in funzione del tempo) dai due trasduttori sono riportati in Fig.3.2 ed in Fig.3.3. L'analisi delle serie temporali, in fase di calibrazione, non ha messo in luce anomalie di funzionamento dei due trasduttori.

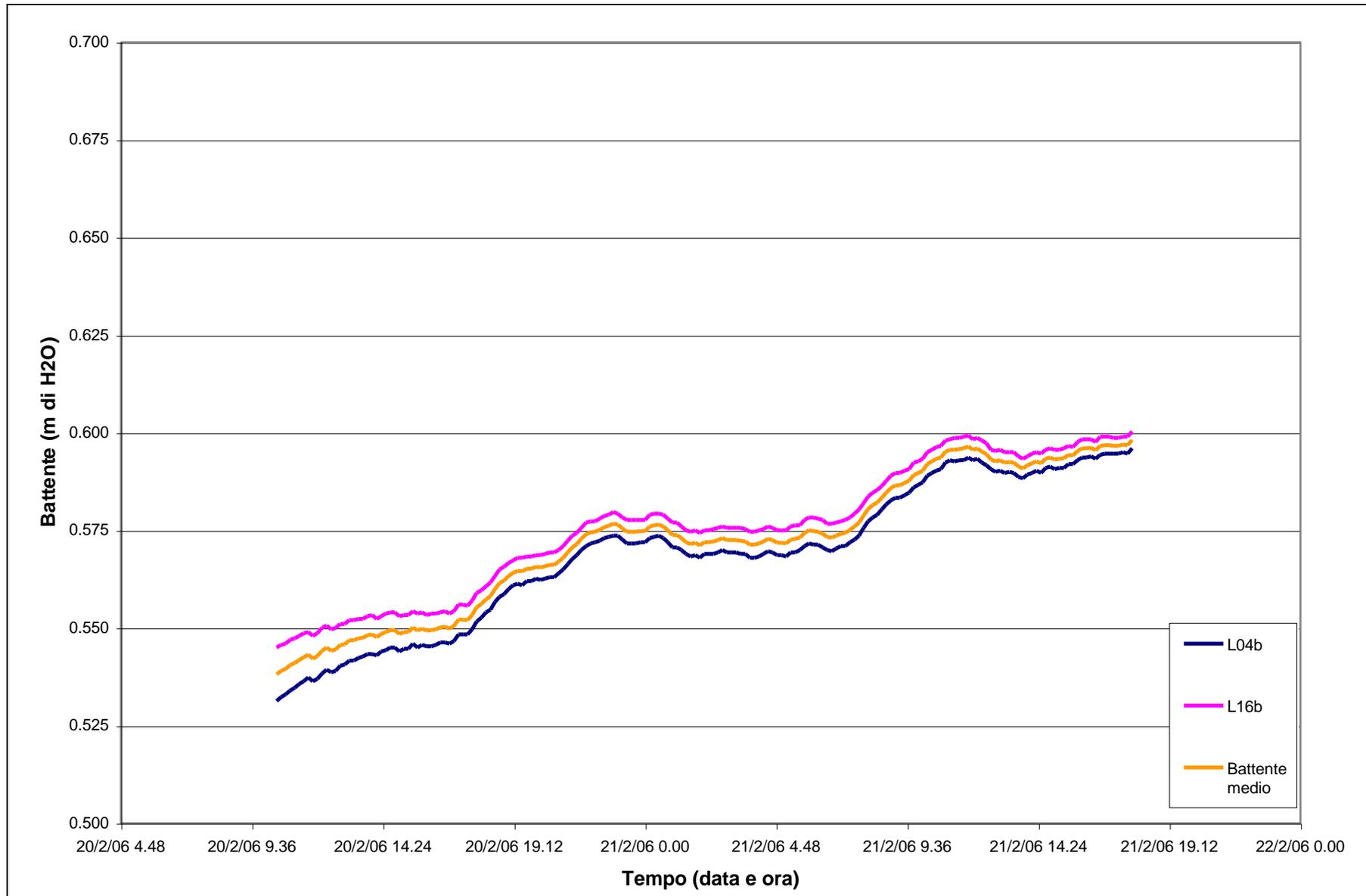


Fig.3.2 - Prima calibrazione. Tracciato di misura dei 2 trasduttori

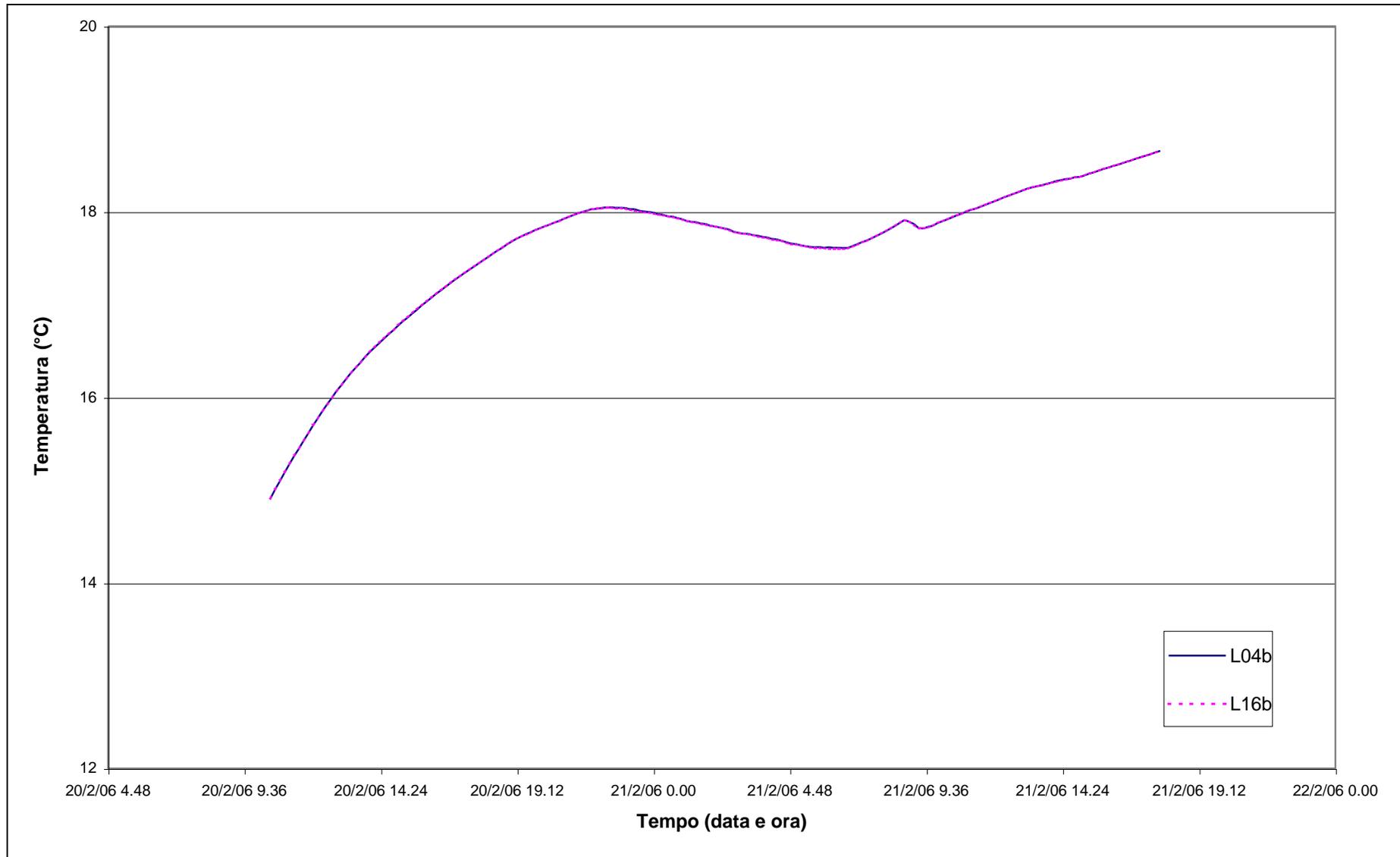


Fig.3.3 - Prima calibrazione. Tracciato di misura dei 2 trasduttori

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

I dati acquisiti da ciascun trasduttore durante la fase di calibrazione sono stati sottoposti ad una analisi statistica. Per ogni acquisizione è stato calcolato un valore medio della pressione e della temperatura secondo la formula:

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^2 x_{i,j}}{2}$$

È stato quindi calcolato lo scarto quadratico medio o deviazione standard esteso al numero N di acquisizioni effettuate nel tempo:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}{N}}$$

Tale grandezza ha permesso di stimare l'errore associato a ciascun trasduttore.

Tab. 3.2- Elaborazione statistica dei dati (battente idrico e temperatura) acquisiti durante la prima calibrazione.

Trasduttore		Battente idrico h _p (m di H ₂ O)		Temperatura (°C)	
ID	Serial Number	sqm	h _{cp} '=Δ x	sqm	Δ x
L04b	15501	0.00354	-0.0017	0.00281	0.00072
L16b	15484	0.00354	0.0017	0.00281	-0.00072

Al fine di valutare la linearità della risposta della strumentazione di misura, è stata effettuata una seconda calibrazione che è consistita in una serie di prove in laboratorio simulanti il comportamento del trasduttore installato all'interno di un piezometro.

Le prove sono state condotte in due fasi:

- inizialmente sono stati posti i due trasduttori ad una profondità nota e posto in acquisizione per un tempo di 25 h;
- successivamente i due Levellogger sono stati calati ad intervalli crescenti di 1 m all'interno della colonna e registrati i livelli in funzione del tempo.

In definitiva, assumendo anche per i due trasduttori Levellogger modello Gold una lunghezza del cavo corretta l_{cc}=7.627 m, i coefficienti correttivi da applicare alla strumentazione sono riportati in Tab. 3.3.

Tab. 3.3 - Coefficienti correttivi da applicare ai Levellogger L04b e L16b.

ID	Serial Number	h _{cp} = h _{cp} ' + Δl _{cc}
L04b	15501	0.013 - 0.0017 = 0.0113 m
L16b	15484	0.013 + 0.0017 = 0.0147 m

4. ANALISI DEI DATI

In questo capitolo vengono analizzate le risposte del sistema dinamico, registrate dai trasduttori di livello disposti nelle 11 postazioni doppie di monitoraggio (Fig.4.1), nel periodo compreso tra il 01/03/2006 - 30/06/2006.

I sopralluoghi sono avvenuti i giorni 6 marzo, 5 aprile, 4 maggio, 16 giugno 2006.

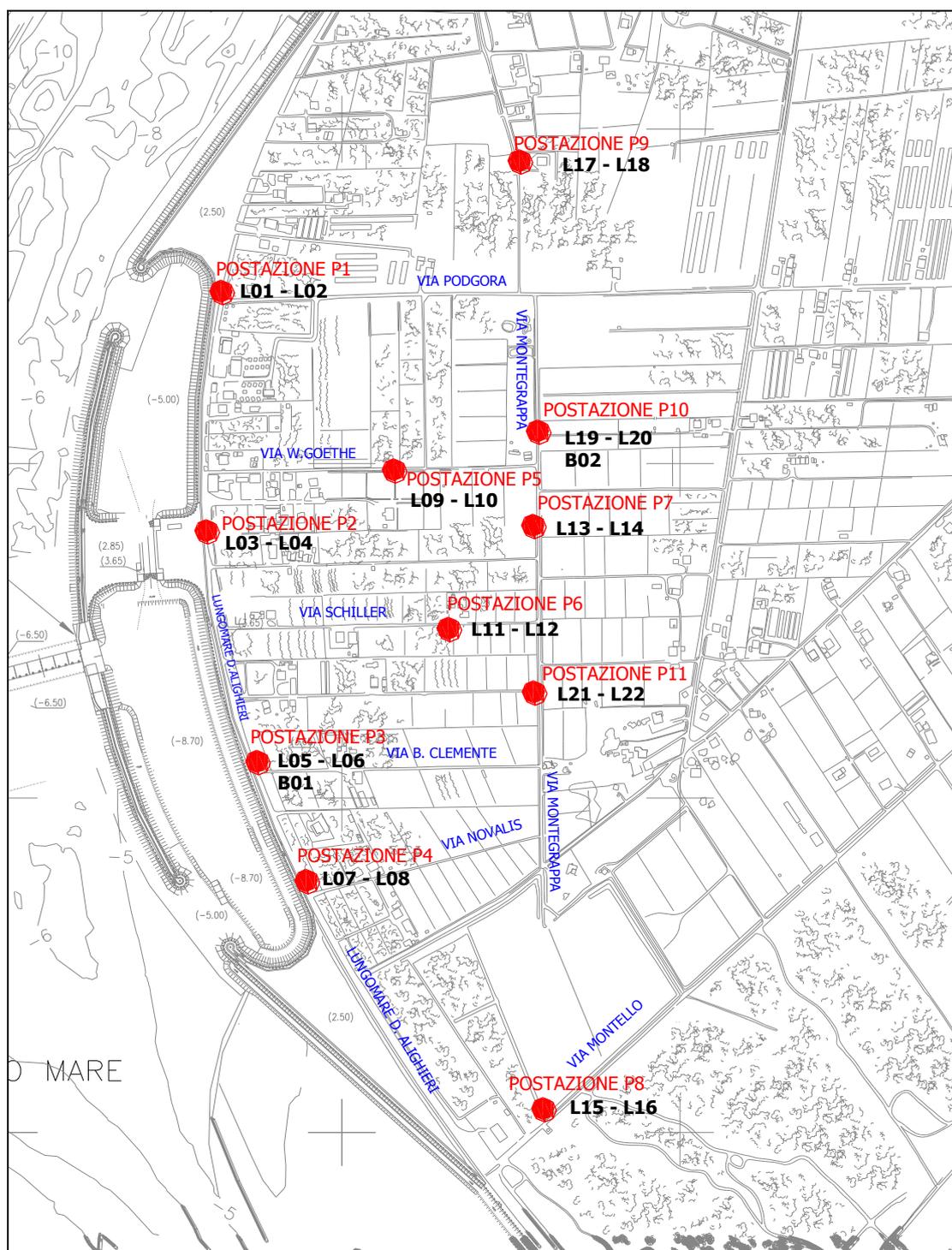


Fig.4.1 - Ubicazione delle postazioni di monitoraggio, dei Levellogger e dei Barologger.

4.1 Misura del carico idraulico mediante trasduttori di livello

La risposta del sistema è misurata dal carico idraulico h_{tl} , registrato dai 22 trasduttori di livello e calcolabile mediante l'espressione (si veda "Rapporto di Pianificazione Operativa", dicembre 2005):

$$h_{tl} = z_t - l_{cc} + h_p = z_t - l_{cc} + (h_{p-nc} - h_{cp}) - (h_b - h_{cb})$$

dove:

z_t quota ortometrica assoluta del punto di riferimento;

l_{cc} lunghezza cavo corretta pari a 7.627 m;

h_p battente idrico insistente sul trasduttore, compensato dalla pressione atmosferica;

h_{p-nc} battente idrico non compensato dalla pressione atmosferica (lettura Levellogger);

h_b battente idrico corrispondente alla pressione atmosferica (lettura Barologger).

h_{cp}, h_{cb} coefficienti correttivi relativi al Levellogger ed al Barologger calcolati in fase di calibrazione.

4.2 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 gestita dalla "Matrice Aria e Agenti Chimici";
- oscillazioni mareali registrate dal mareografo Diga Sud Lido (stazione di monitoraggio meteorologico dell'Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree);
- pressione atmosferica registrata da 2 Barologger.

4.2.1 Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati acquisiti dalla centralina MET 3000R (ubicata presso il Circolo della Vela, Lungomare Dante Alighieri, Fig.4.2), gestita dal settore "Matrice Aria e Agenti Chimici".

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

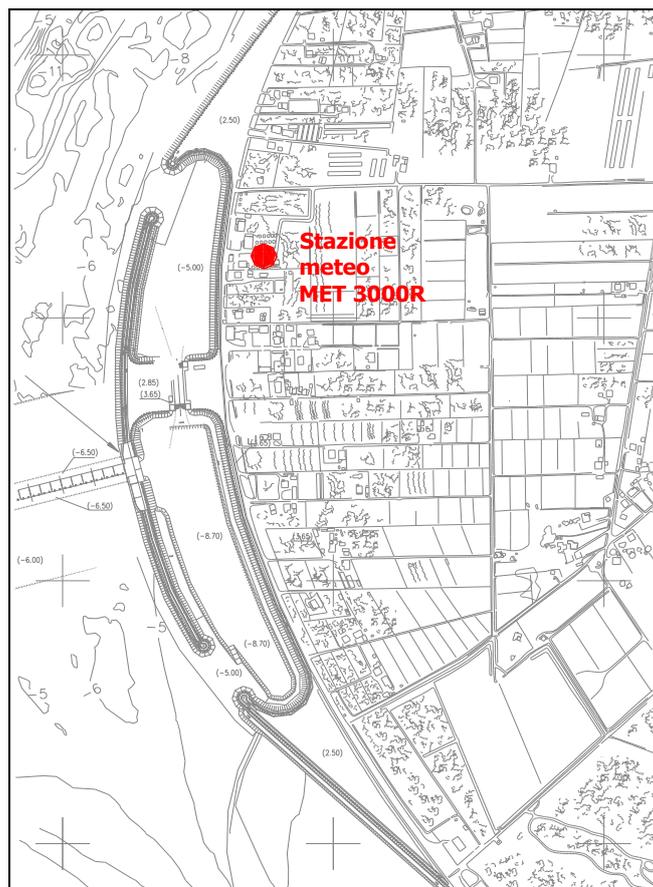


Fig.4.2 - Ubicazione stazione meteo

In Fig.4.3 è riportato l'andamento delle precipitazioni registrate durante i quattro mesi di monitoraggio. In Tab.4.1 vengono riportati gli eventi pluviometrici caratterizzati da una intensità tale da determinare evidenti variazioni sul trend dei livelli piezometrici superficiali e profondi. In totale si tratta di 8 eventi con altezza di precipitazione maggior e o uguale a 5 mm. Si precisa che nel corso dei mesi di maggio e giugno si sono verificati malfunzionamenti presso la centralina di acquisizione meteo (17-23/05/06, 26-30/05/06, 1-6/06/06), pertanto i dati di precipitazione risultano incompleti.

Tab. 4.1 - Eventi pluviometrici di intensità significativa verificatesi nel periodo di monitoraggio.

Data	Intensità precipitazione
5 marzo 2006	5.0 mm
10 marzo 2006	4.8 mm
21 marzo 2006	8.4 mm
3 aprile 2006	5.2 mm
6 aprile 2006	15.4 mm
30 aprile 2006	42.6 mm
9 maggio 2006	23.8 mm
24 maggio 2006	10.8 mm

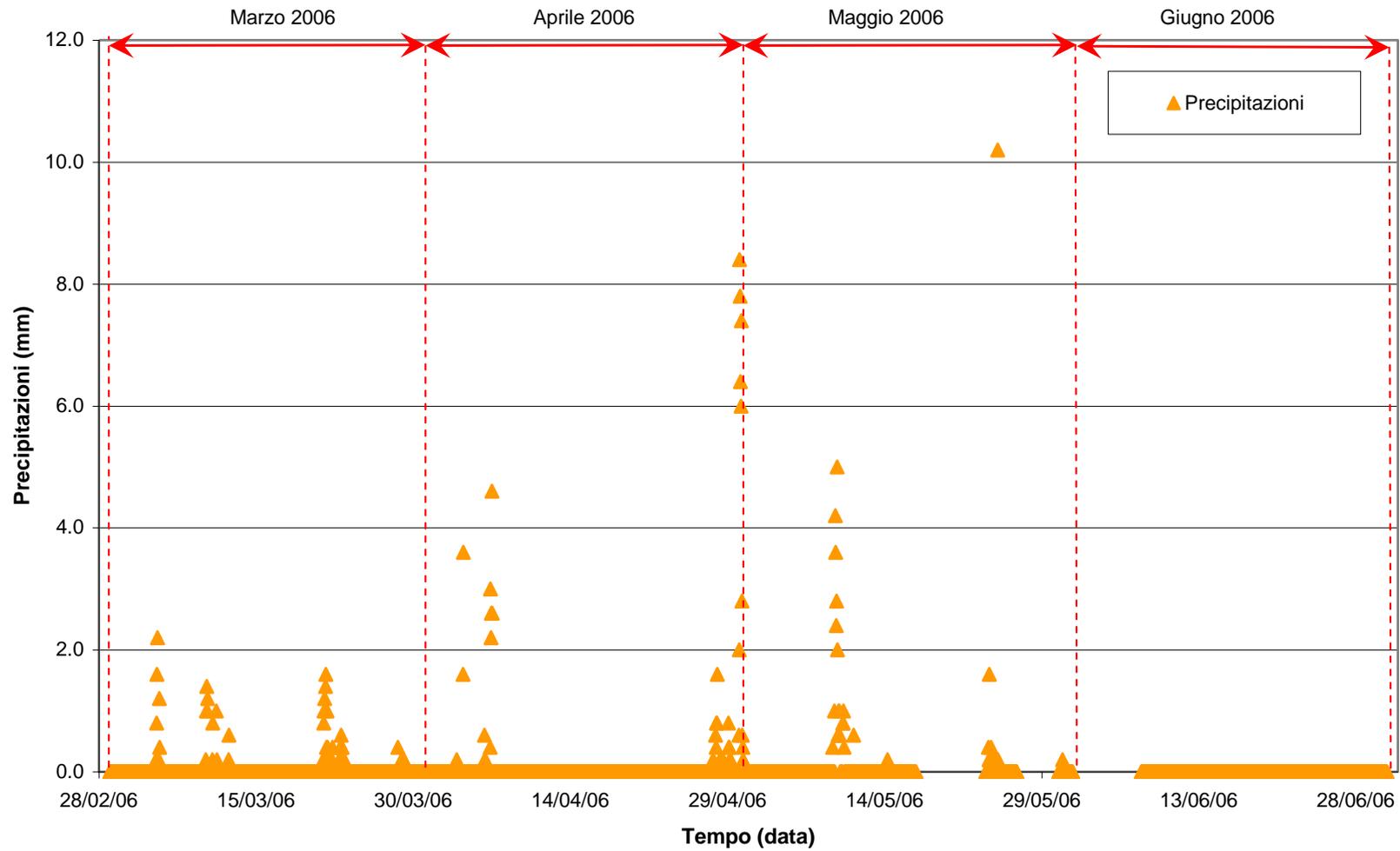


Fig.4.3 - Precipitazioni giornaliere registrate nel periodo di monitoraggio 01/03/2006 - 30/06/2006

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

4.2.2 Livello del mare

In Allegato 1 è riportata la serie temporale relativa ai livelli marini ed in Fig.4.4 è riportato l'andamento del livello del mare registrato dal mareografo Diga Sud Lido durante i quattro mesi di monitoraggio. 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.

Il tracciato di misura è caratterizzato da una ciclicità tipica dovuta alle influenze delle fasi lunari. Si verificano, infatti, incrementi di frequenza del fenomeno oscillatorio in corrispondenza del novilunio e del plenilunio di ciascun mese di osservazione (Tab.4.2): le ampiezze d'onda medie variano da un valore minimo pari a 0.817 m ad un valore massimo pari a 1.225 m, con un valore medio pari a 0.989. In corrispondenza, invece, dei quarti di luna (sia luna calante che crescente) le oscillazioni sono meno frequenti e più smorzate, contraddistinte da ampiezze medie variabili da un valore minimo pari a 0.546 m ad un valore massimo pari a 0.829 m, con un valore medio pari a 0.763 m.

Con riferimento alle ampiezze medie calcolate sull'intero periodo, è possibile osservare un assestamento ad un valore medio pari a 0.829 m.

Per quanto riguarda i livelli medi marini calcolati sull'intero periodo, è possibile osservare un assestamento ad un valore medio pari a 0.047 m l.m.m.

Tab. 4.2- Studio dei livelli marini e ampiezze d'onda

Periodo di osservazione	Livello marino medio (m s.l.m.)	Ampiezze medie (m)	Note
1-9marzo 2006	0.167	0.690	
10-18 marzo 2006	0.095	0.817	Plenilunio
19-25 marzo 2006	0.124	0.636	
26-31 marzo 2006	0.098	1.225	Novilunio
1-9 aprile 2006	0.063	0.679	
10-17 aprile 2006	0.112	0.935	Plenilunio
18-22 aprile 2006	0.036	0.624	
23-30 aprile 2006	-0.015	1.033	Novilunio
1-8 maggio 2006	-0.008	0.603	
9-16 maggio 2006	-0.015	0.960	Plenilunio
17-23 maggio 2006	0.065	0.749	
24-31 maggio 2006	0.031	1.009	Novilunio
1-7 giugno 2006	0.069	0.546	
8-14 giugno 2006	-0.066	0.984	Plenilunio
15-22 giugno 2006	-0.055	0.821	
23-30 giugno 2006	0.056	0.950	Novilunio
Intero periodo	0.047	0.829	

In Fig.4.4, è possibile osservare che l'andamento dei livelli marini subisce una brusca variazione soltanto in corrispondenza del giorno 28 marzo 2006 alle ore 8.00 ed alle ore 9.00, in cui il mareografo ha registrato due valori molto alti e pari a 1.77 m s.l.m. Tale variazione può essere stata causata da fattori naturali o da operazioni di manutenzione della strumentazione mareografica.

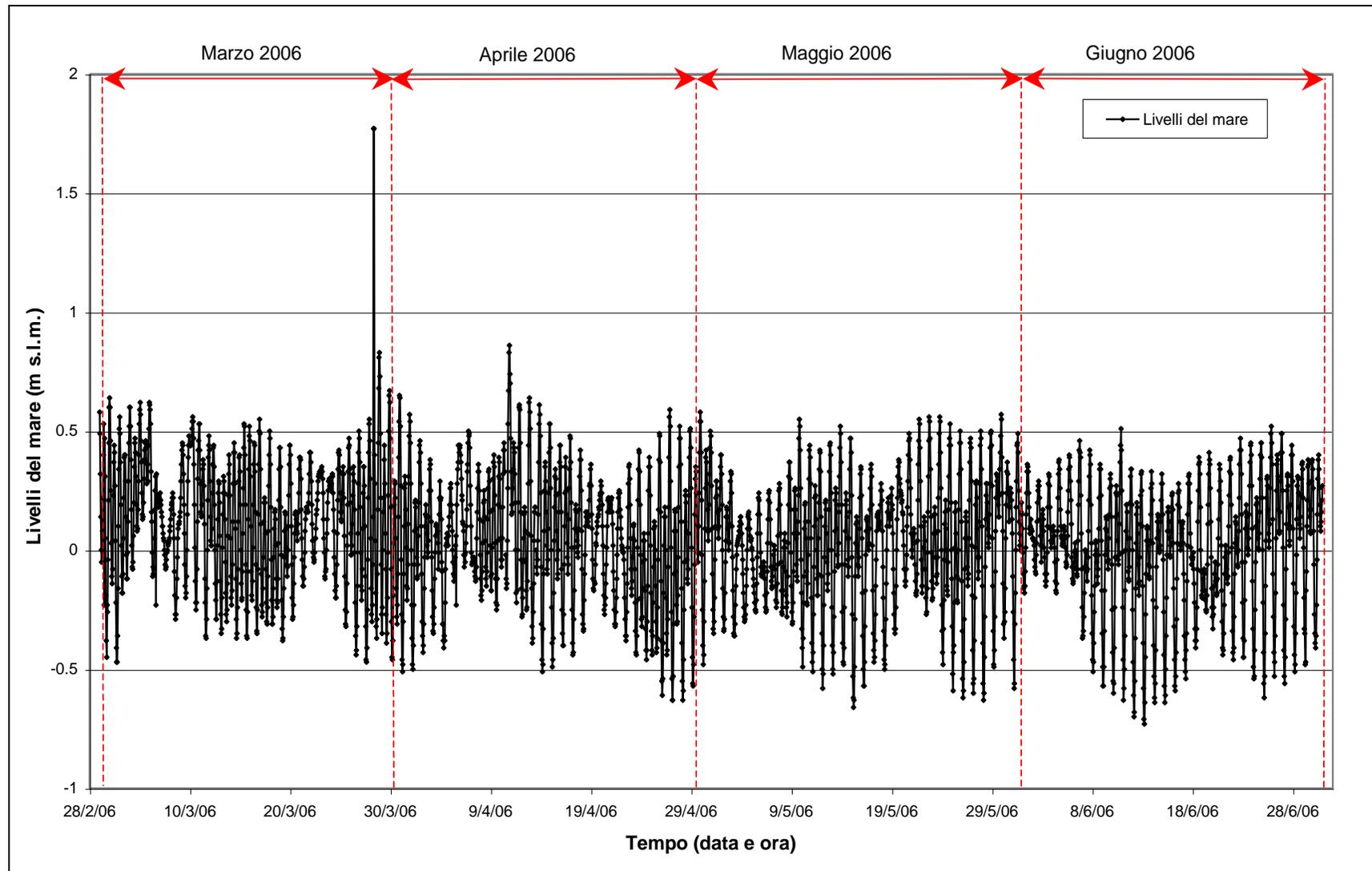


Fig. 4.4 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido. I livelli sono riferiti al sistema IGM - "Genova 1942".

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

4.2.3 *Pressione atmosferica - h_b*

Nell'area oggetto del monitoraggio sono presenti due Barologger B01 e B02, in corrispondenza dei piezometri profondi PP03 e PP10, che registrano la pressione atmosferica in prossimità di due subaree: una posta in prossimità del Lungomare Dante Alighieri e l'altra più interna (Fig.4.5).

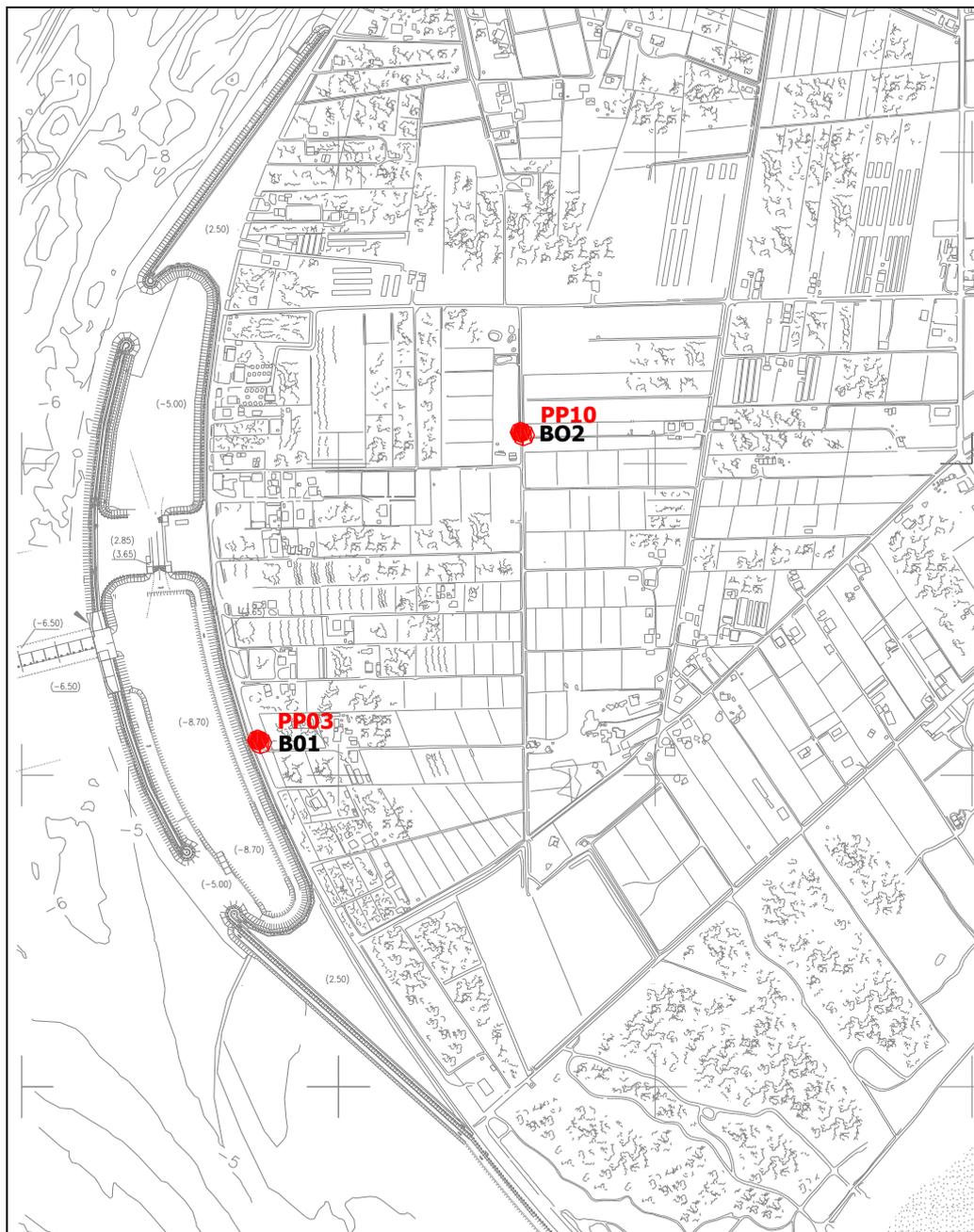


Fig.4.5- Ubicazione dei Barologger B01 e B02

In Fig.4.6 è riportato l'andamento dei tracciati di misura nel periodo di osservazione. È possibile osservare come i dati registrati dai due strumenti siano in buon accordo. Analogamente a quanto descritto nel "Rapporto di Variabilità Attesa" (dicembre 2005), per la compensazione dei dati è stato utilizzato il Barologger B02.

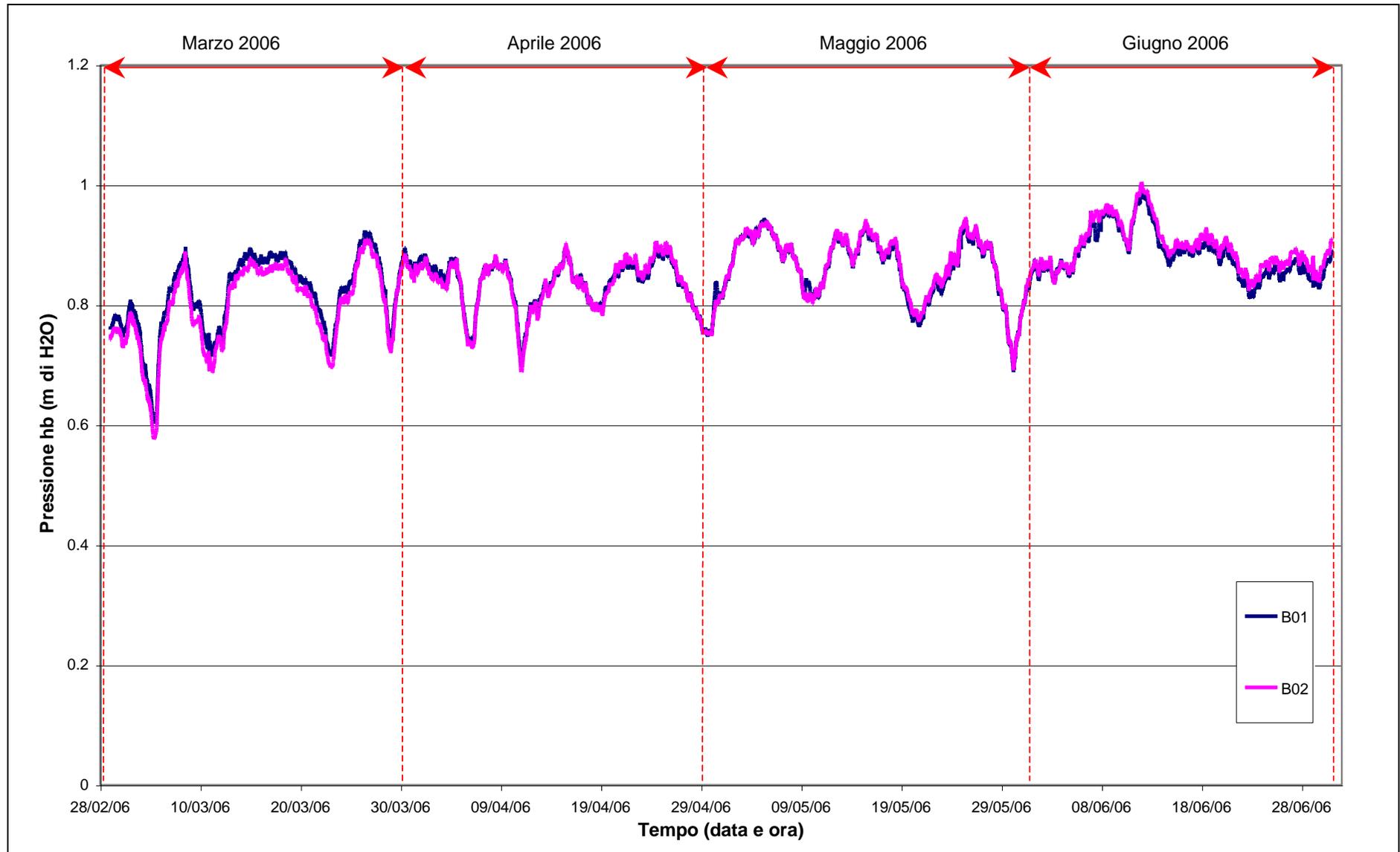


Fig.4.6 - Tracciati di misura dei Barologger B01 e B02 (hb)

4.3 Piezometri superficiali – primo livello acquifero (Strato A)

In questo paragrafo vengono presentati i risultati derivanti da alcune verifiche volte ad accertare la presenza di eventuali livelli saturi nel primo metro di suolo e da uno slug test realizzato per valutare la funzionalità del piezometro superficiale PS06.

Vengono, quindi, presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici in corrispondenza degli 11 piezometri superficiali finestrati nel primo livello acquifero (Strato A).

4.3.1 Verifica della presenza di livelli saturi nel primo metro di suolo

Nel corso del sopralluogo del 6 marzo 2006 è stato effettuato un controllo mirato alla verifica di eventuali livelli saturi nel primo metro di suolo in prossimità del Lungomare Alighieri Dante Alighieri.

A questo scopo, sono stati terebrati due sondaggi del diametro di circa 15 cm:

- PZ1 (Fig.4.7), caratterizzato da una profondità di circa 90 cm, è stato realizzato al piede del fosso (profondo circa 60 cm rispetto alla quota di riferimento di PS02) a 5 m dalla postazione P02. In corrispondenza del sondaggio è stata riscontrata la presenza di un paio di centimetri di acqua perfettamente in equilibrio con il livello dell'adiacente piezometro superficiale PS02;
- PZ2 (Fig.4.9), caratterizzato da una profondità di circa 70 cm, è stato realizzato a distanza di circa 2 m dal piezometro PS03. La perforazione ha portato alla luce depositi sabbiosi di colore ocra. Anche dopo 48 h dalla perforazione il sondaggio risultava essere secco, quando la soggiacenza del vicino PS03 era di circa 1 m da p.c.

L'esecuzione dei sondaggi ha permesso di escludere la presenza di livelli idrici sospesi in corrispondenza della zona prospiciente la bocca di Lido.



Fig.4.7 – Posizione del pozzetto PZ1



Fig. 4.8 – Presenza di acqua al fondo del pozzetto PZ1



Fig. 4.9 - Posizione del pozzetto PZ2



Fig. 4.10 - Fondo del pozzetto PZ2

4.3.2 *Valutazione della funzionalità del piezometro PS06*

Nel corso del sopralluogo effettuato il 16 giugno 2006, sono state seguite due prove volte alla valutazione della funzionalità del piezometro superficiale PS06, ubicato nella porzione interna dell'Area di Monitoraggio.

A questo scopo sono stati eseguiti realizzato uno *slug test* meccanico ed una prova di assorbimento tramite l'iniezione di un volume noto di acqua. I dati delle due prove sono riportati in Allegato 2.

Nei paragrafi che seguono sono descritte le prove ed in Fig.4.11 è riportato il tracciato di misura registrato da un trasduttore di pressione sommerso collocato in corrispondenza del piezometro.

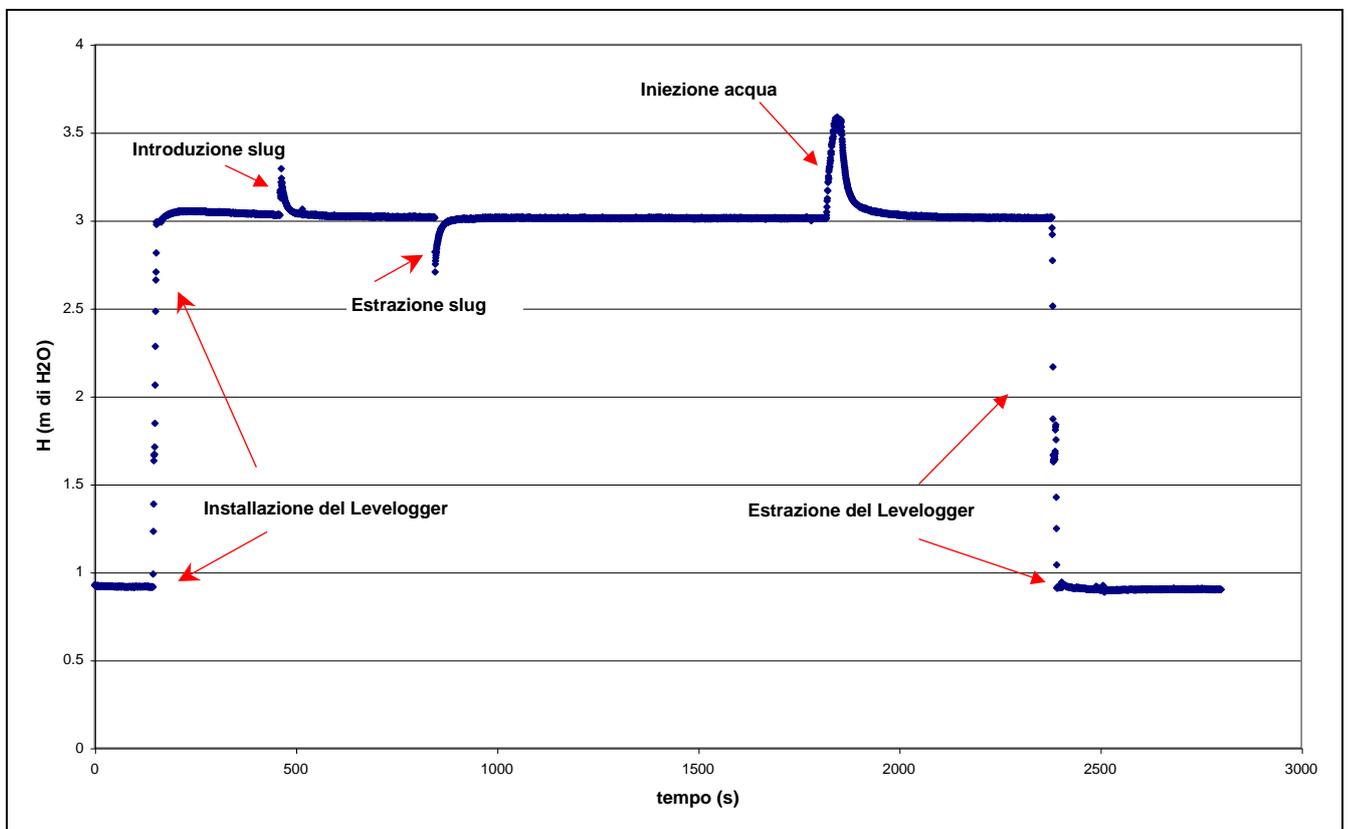


Fig.4.11 - Sequenza delle prove eseguite sul piezometro PS06

4.3.2.1 Slug test: esecuzione ed interpretazione

Lo slug test è una prova di falda a portata variabile realizzata a pozzo singolo (*single well*) che consiste nel valutare la risposta dell'acquifero in seguito ad una variazione istantanea del livello idrico; il suo scopo è, in particolare, la determinazione della conducibilità idraulica radiale dell'acquifero nelle immediate vicinanze del pozzo attivo.

La realizzazione pratica di uno slug test permette di distinguere due diverse linee operative:

- test in declino;
- test in risalita.

La prima tecnica consiste nell'indurre un repentino innalzamento del livello idrico nel pozzo e nel monitorare nel tempo il declino di livello conseguente, la seconda invece sfrutta l'effetto opposto, crea quindi una brusca diminuzione di livello idrico, attraverso la rimozione di un profilato cilindrico di metallo all'interno del piezometro in esame. Il ripristino del livello idrico iniziale è dovuto al flusso idraulico che si instaura tra il pozzo e l'acquifero, nei test in declino tale flusso è diretto verso la formazione acquifera, in quelli in risalita invece verso il pozzo attivo.

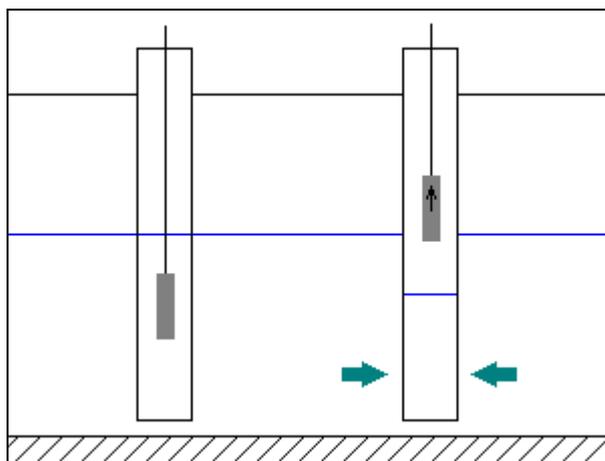


Fig.4.12 - Variazione di carico imposta durante uno slug test meccanico in risalita.

Lo slug test in corrispondenza del piezometro PS06 è stato condotto sia in declino a seguito dell'introduzione dello slug, sia in risalita seguito della sua estrazione. La variazione del livello è stata ottenuta mediante l'impiego di un profilato metallico della lunghezza di 1 m e del diametro di 0.04 m (Fig.4.13). Prima dell'esecuzione della prova è stata misurata, mediante un sondino piezometrico, una soggiacenza pari a 1.17 m da p.c. L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante l'installazione, ad una profondità di 3 m da p.c., di un trasduttore di livello automatico (Levelogger) sincronizzato al clock del computer ed impostato con frequenza di acquisizione pari a 2 Hz.

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



Fig.4.13- Attrezzatura utilizzata per l'esecuzione dello slug test

I dati relativi alla prova in risalita, considerati solitamente più affidabili, sono stati interpretati con il metodo KGS (Kansas Geological Survey - Hyder et al.,1994 - Fig.4.14). In Tab.4.3 sono riportati i dati utilizzati per l'interpretazione della prova.

Tab.4.3 - Specifiche esecutive dello slug test

soggiacenza iniziale	1.17 m (da p.c.)
profondità di installazione Levelogger	3.00 m (da p.c.)
profondità di installazione profilato metallico	1.50 m (da p.c.)
diametro interno del tubo in PVC del piezometro	84 mm
diametro di perforazione	127 mm
profondità piezometro	15 m
spessore saturo	13.43 m
spessore finestrato	14 m

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

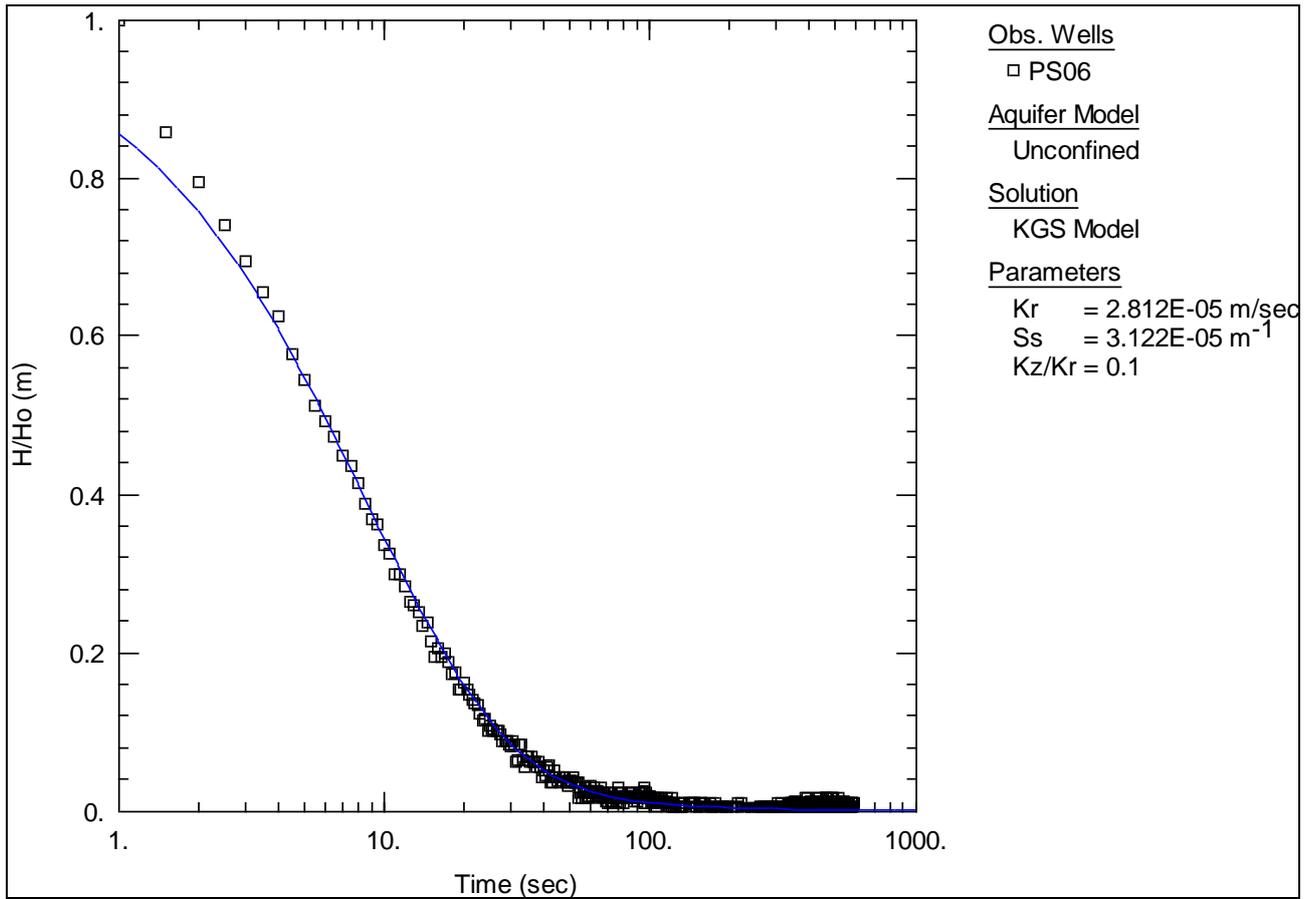


Fig.4.14 - Slug Test meccanico eseguito in corrispondenza del piezometro PS06

L'interpretazione della prova ha permesso di determinare la conducibilità idraulica dello strato acquifero A in prossimità del piezometro che risulta essere pari $2.812 \cdot 10^{-5}$ m/sec. Inoltre, dall'ottima sovrapposizione ottenuta tra curva teorica e dati sperimentali, ma anche dalla breve durata della prova (stabilizzazione del livello in circa 100 s), è possibile concludere l'assenza di danneggiamento di permeabilità nell'intorno del piezometro e la sua completa funzionalità.

4.3.2.2 Prova di assorbimento

A seguito dello slug test è stata condotta una prova di assorbimento attraverso l'iniezione (Fig.4.15) all'interno del piezometro di un volume noto acqua, pari a 25 l.



Fig.4.15 - Iniezione di un volume noto in piezometro

La prova non è stata interpretata in quanto l'iniezione non è stata istantanea ma si è protratta per circa 30 sec. Anche questa prova ha messo in evidenza la buona funzionalità del piezometro che ha dissipato quasi istantaneamente (circa 3 min) il volume di acqua introdotto (Fig4.16).

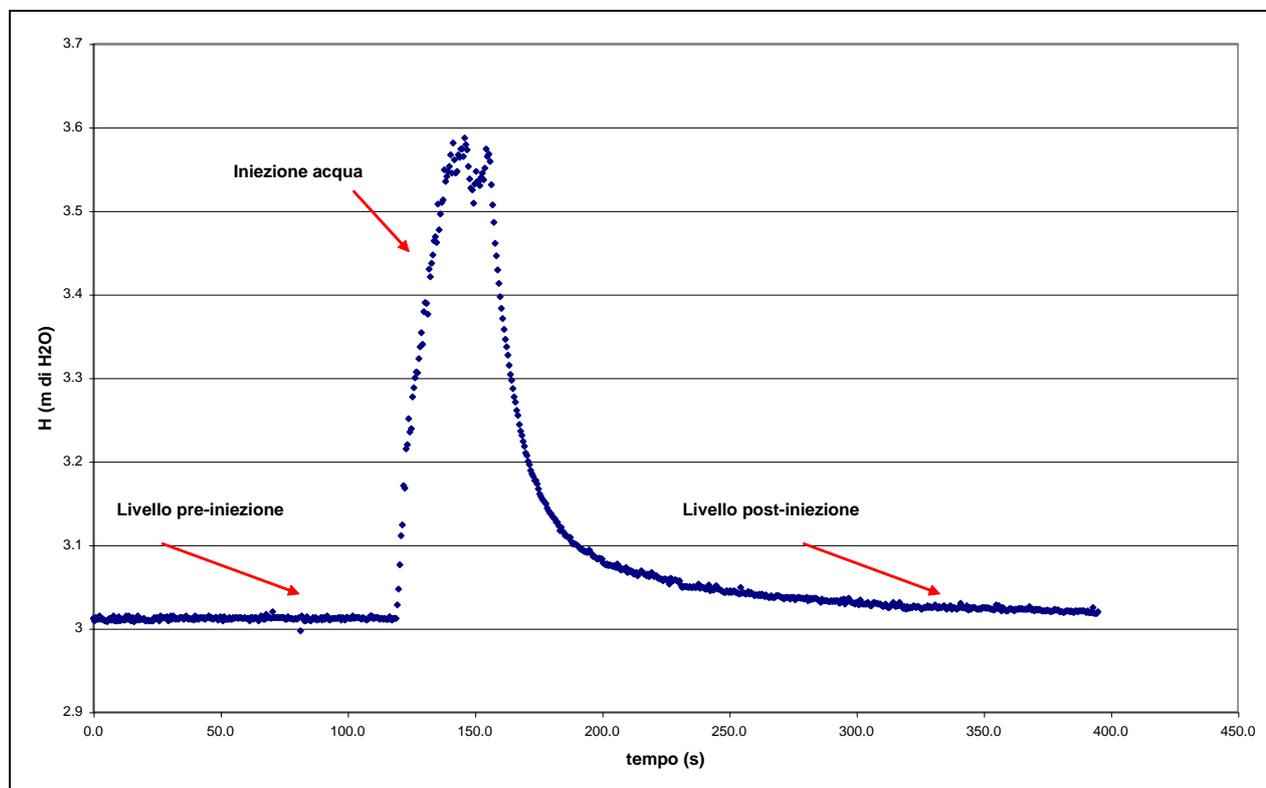


Fig.4.16 - Tracciato di misura del Levelogger durante la prova di assorbimento.

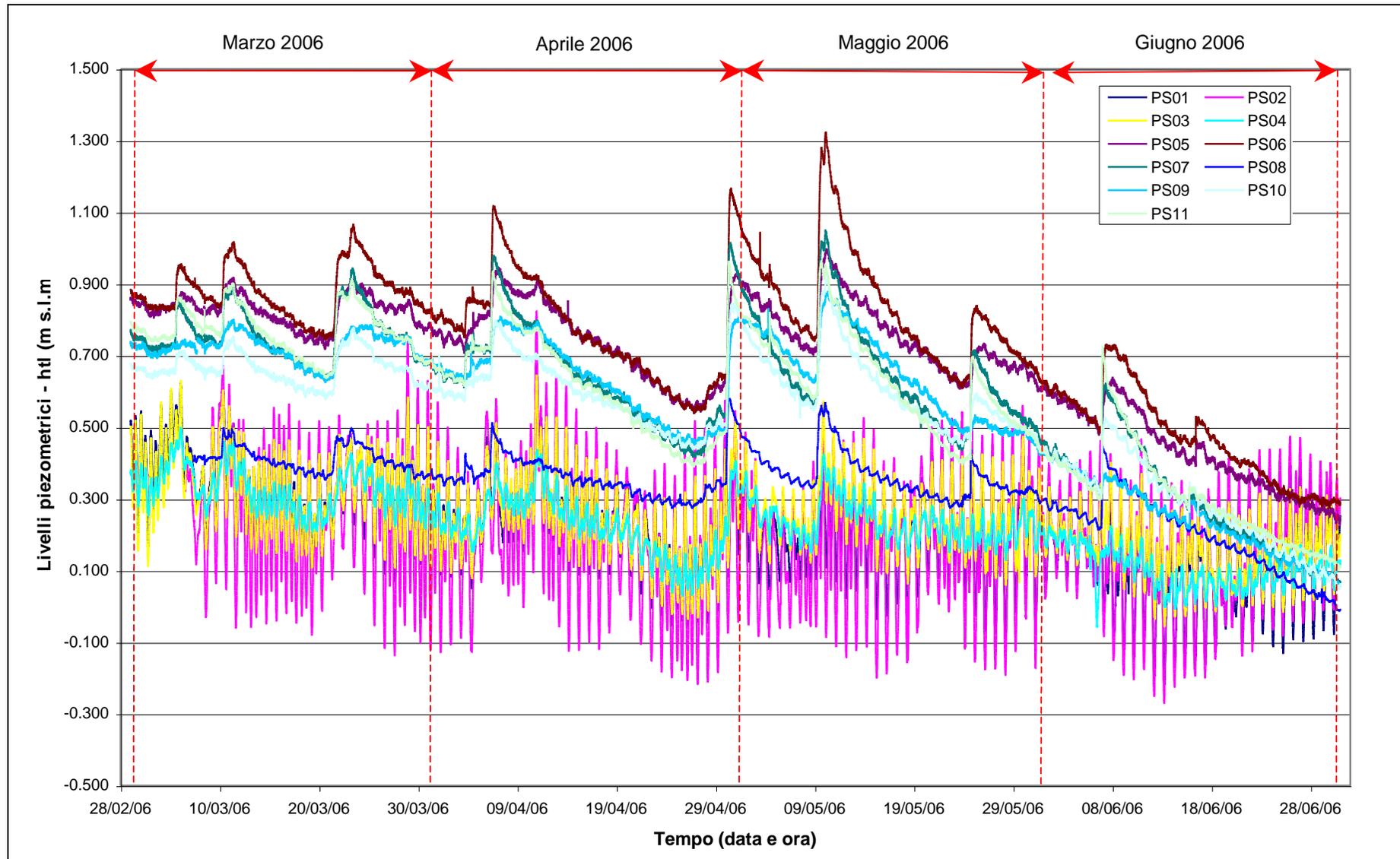
4.3.3 Livelli piezometrici (carichi idraulici) - htl

Si procede con l'analisi dei dati registrati in corrispondenza dei piezometri superficiali e riportati in Fig.4.17 nel secondo quadrimestre di monitoraggio di Fase B.

Dall'analisi dei tracciati riportati in Fig.4.17 è possibile osservare come i livelli piezometrici dei piezometri superficiali subiscano una progressiva diminuzione, particolarmente evidente a partire dal mese di giugno, e siano in misura diversa, sensibili alle forzanti naturali:

- i piezometri PS01, PS02, PS03 e PS04, posti in prossimità del Lungomare Dante Alighieri, sono caratterizzati da un andamento sinusoidale correlabile alle evoluzioni mareali;
- i piezometri PS05, PS06, PS07, PS08, PS09, PS10 e PS11, collocati nella porzione più interna della Area di Monitoraggio e quindi più distanti dal mare, presentano tracciati di misura che non sono caratterizzati da un andamento sinusoidale, ma da un trend regolare influenzato in modo rilevante dai fenomeni meteorologici.

L'influenza di questi fenomeni fisici verrà illustrata nei paragrafi che seguono.

Fig.4.17 - Livelli piezometrici (h_t) relativi ai piezometri superficiali

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

4.3.4 Effetti delle precipitazioni

In Fig.4.18 è stato confrontato l'andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza dei piezometri superficiali ubicati nella porzione interna dell'Area di Monitoraggio con le precipitazioni verificatesi nell'intero periodo di monitoraggio. Dai tracciati di misura è possibile notare come, in occasione di eventi pluviometrici particolarmente intensi si verificano, in corrispondenza dei piezometri superficiali, notevoli escursioni dal livello piezometrico. La risposta all'evento meteorico è simile per tutti i piezometri, ma è particolarmente accentuata in corrispondenza dei piezometri PS06 e PS07, mentre è il PS09 che mostra una risposta meno marcata, come già riscontrato nel "Rapporto di Variabilità Attesa".

I picchi che si ottengono a seguito della precipitazione meteorica si attenuano nel tempo con legge esponenziale. Tale diminuzione è particolarmente evidente nel mese di giugno a causa dell'assenza di precipitazioni e dell'elevata evapotraspirazione.

Nelle Tab 4.6, Tab.4.7 e Tab.4.8 sono stati esaminati i fenomeni meteorologici e la loro influenza sui livelli registrati nei piezometri superficiali ed interni all'Area di Monitoraggio. Per raffronto vengono indicati anche i fenomeni registrati durante la Fase A (Tab.4.5). Non sono riportate le statistiche riguardanti l'influenza delle precipitazioni nel mese di giugno, durante il quale nessuno fenomeno meteorologico è stato registrato. Tuttavia è osservabile, il 6 giugno, un'escursione (dell'ordine di 20-40 cm) di livello piezometrico, verosimilmente dovuta ad un breve fenomeno piovoso non registrato dalla stazione meteo, in quel periodo non funzionante.

Le escursioni di livello sono comprese tra un minimo di 0.035 m (in corrispondenza del PS09, mese di marzo) ed un massimo di 0.524 m (in corrispondenza del PS06, mese di maggio).

Tab.4.5 - Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri superficiali, interni all'Area di Monitoraggio. Fase A.

Piezometro Superficiale	Primo evento meteorico			Secondo evento meteorico		
	20 ottobre 2005		7.2 mm	5-6-7 novembre 2005		59.8 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PS05	0.920	0.124	n. d.	0.801	0.456	0.131
PS06	1.015	0.160	n. d.	0.855	0.793	0.075
PS07	0.746	0.146	n. d.	0.649	0.606	0.098
PS08	0.384	0.025	n. d.	0.346	0.344	0.174
PS09	0.783	0.087	n. d.	0.643	0.389	0.153
PS10	0.735	0.100	n. d.	0.639	0.507	0.118
PS11	0.766	0.140	n. d.	0.678	0.490	0.122

n.d.: durante la prima precipitazione si è verificato un malfunzionamento del pluviometro che rende impossibile un calcolo esatto dell'altezza di pioggia.

CORILA

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

Tab.4.6 – Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri superficiali, interni all' Area di Monitoraggio. Mese di Marzo 2006.

Piezometro Superficiale	evento meteorico			evento meteorico			evento meteorico		
	5 marzo 2006		5.0 mm	10 marzo 2006		4.8 mm	21 marzo 2006		8.4 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PS05	0.834	0.046	0.109	0.840	0.079	0.063	0.765	0.151	0.033
PS06	0.845	0.113	0.044	0.885	0.135	0.037	0.789	0.279	0.018
PS07	0.732	0.119	0.042	0.768	0.135	0.037	0.675	0.271	0.018
PS08	n.d.	n.d.	n.d.	0.413	0.086	0.058	0.381	0.118	0.043
PS09	0.716	0.035	0.144	0.730	0.073	0.069	0.672	0.116	0.043
PS10	0.656	0.059	0.084	0.672	0.084	0.059	0.613	0.168	0.030
PS11	0.758	0.107	0.047	0.796	0.108	0.046	0.689	0.227	0.022

CORILA

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

Tab.4.7 – Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri superficiali, interni all'Area di Monitoraggio. Mese di Aprile 2006.

Piezometro Superficiale	evento meteorico			evento meteorico			evento meteorico		
	3 aprile 2006		5.2 mm	6 aprile 2006		15.4 mm	30 aprile 2006		42.6 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PS05	0.746	0.081	0.064	0.791	0.156	0.099	0.692	0.234	0.182
PS06	0.788	0.105	0.049	0.849	0.270	0.057	0.696	0.472	0.090
PS07	0.640	0.125	0.042	0.720	0.261	0.059	0.573	0.444	0.096
PS08	0.355	0.082	0.063	0.375	0.139	0.111	0.334	0.248	0.172
PS09	0.649	0.090	0.058	0.672	0.139	0.111	0.584	0.217	0.196
PS10	0.592	0.079	0.066	0.633	0.167	0.092	0.549	0.297	0.143
PS11	0.641	0.119	0.044	0.718	0.218	0.071	0.549	0.416	0.102

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

Tab.4.8 – Statistiche relative all’influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri superficiali, interni all’ Area di Monitoraggio. Mese di Maggio 2006.

Piezometro Superficiale	evento meteorico			evento meteorico		
	9 maggio 2006		23.8 mm	24 maggio 2006		10.8 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PS05	0.749	0.250	0.095	0.655	0.070	0.155
PS06	0.801	0.524	0.045	0.660	0.182	0.059
PS07	0.618	0.434	0.055	0.489	0.228	0.047
PS08	0.354	0.216	0.110	0.299	0.139	0.078
PS09	0.678	0.197	0.121	0.533	0.002	5.477
PS10	0.595	0.320	0.074	0.489	0.109	0.099
PS11	0.646	0.320	0.074	0.448	0.251	0.043

Nel corso del mese di maggio si è verificato un malfunzionamento del pluviometro e per circa 10 giorni non sono stati registrati i dati di altezza di pioggia.

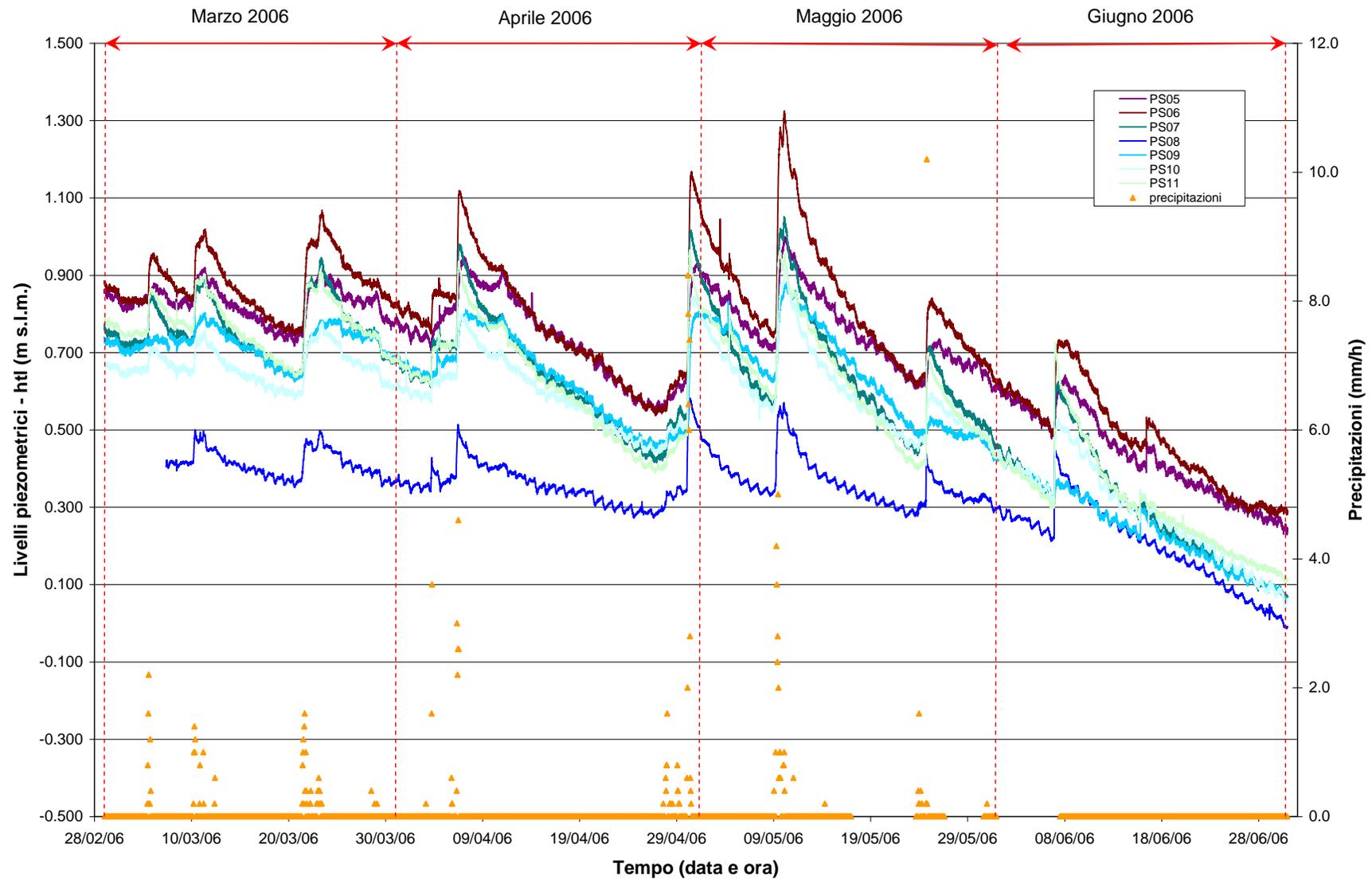


Fig.4.18 - Livelli piezometrici dei piezometri superficiali interni all'Area di Monitoraggio e precipitazioni.

4.3.5 *Effetti mareali*

In Fig.4.19 è possibile confrontare i tracciati di misura dei trasduttori posizionati in corrispondenza dei piezometri PS01, PS02, PS03 e PS04 disposti sul Lungomare Dante Alighieri e le escursioni mareali registrate in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido.

Le serie temporali seguono andamenti caratterizzati da una ciclicità che è tipica delle evoluzioni mareali. Si verificano, infatti, incrementi di frequenza del fenomeno oscillatorio in corrispondenza del plenilunio e del novilunio. In corrispondenza dei quarti di luna (sia luna calante che crescente) le oscillazioni sono meno frequenti e più smorzate. Il periodo di oscillazione dei livelli nei piezometri varia da 12 h (novilunio e plenilunio) a 24 h (luna calante e crescente). Da un'analisi dei dati è possibile riscontrare uno sfasamento di circa due ore tra le oscillazioni mareali e quelle piezometriche.

Le Tabb.4.9 - 4.11 - 4.13- 4.15 riportano le ampiezze d'onda medie calcolate sui singoli mesi di osservazione e le ampiezze calcolate in corrispondenza di periodi intermedi di osservazione, coincidenti con le fasi lunari.

Nelle Tabb.4.10 - 4.12 - 4.14 - 4.16 è riportato il confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri superficiali PS01, PS02, PS03 e PS04 ed i livelli marini medi.

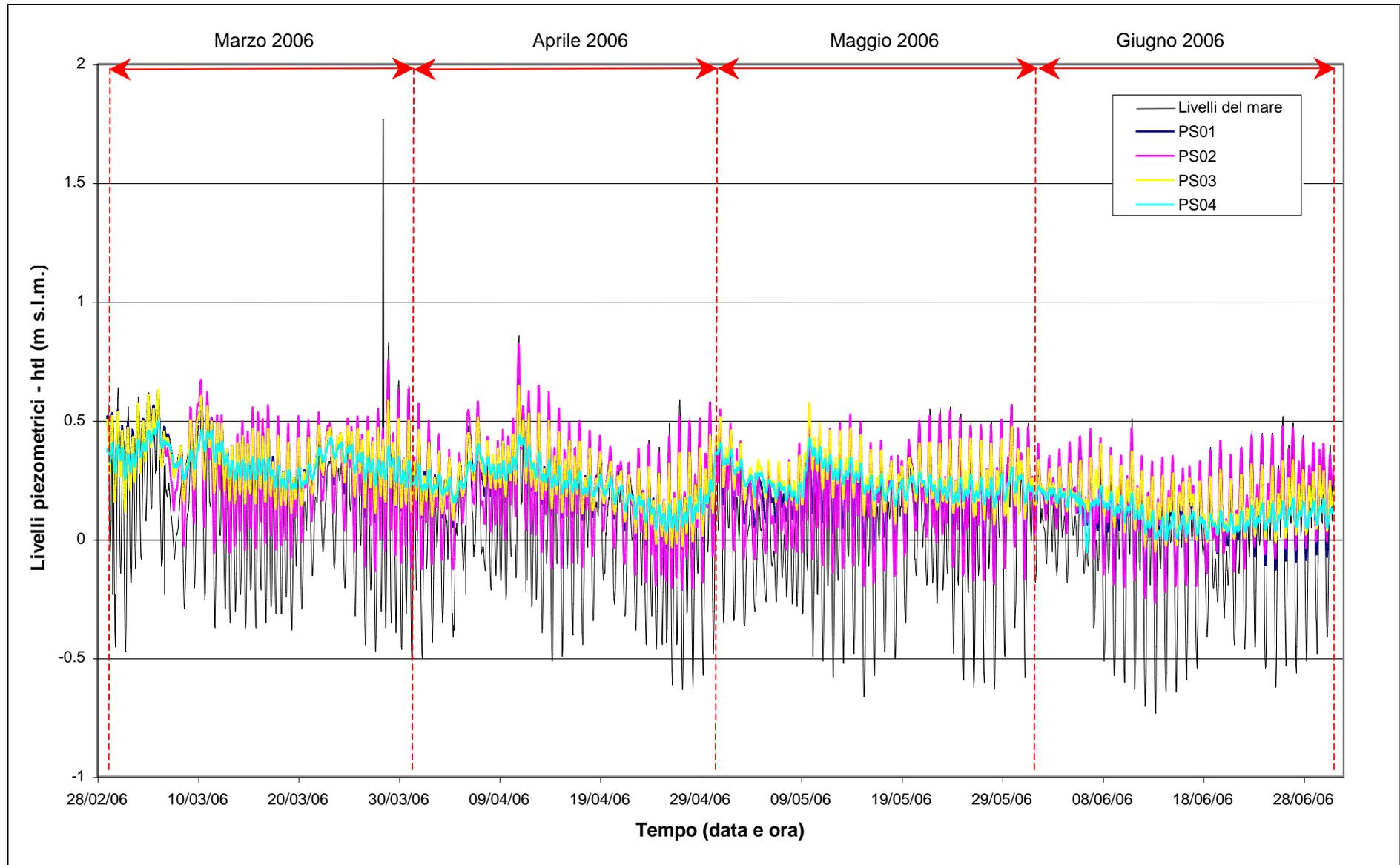


Fig.4.19 - Livelli piezometrici dei piezometri superficiali PS01, PS02, PS03 e PS04 e livelli del mare.

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

In Tab.4.9 le ampiezze d'onda sono riferite ai dati del mese di marzo 2006. L'ampiezza varia secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.4.2) e sono comprese tra il 13% (PS04) ed il 61% (PS02) delle ampiezze del livello marino. È possibile notare come in corrispondenza del piezometro PS04, l'ampiezza d'onda media sia molto ridotta se confrontata con quanto osservato durante la Fase A, a conferma del trend assunto dal piezometro a partire dal mese di dicembre 2005 (vedasi "I Rapporto di valutazione, marzo 2006").

Tab.4.9 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di marzo 2006.

Periodo	1-9marzo 2006		10-18 marzo 2006 (plenilunio)		19-25 marzo 2006		26-31 marzo 2006 (novilunio)		Intero periodo (marzo 2006)		Intero periodo (Fase A)	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PS01	0.252	36	0.270	33	0.273	43	0.414	34	0.302	36	0.298	37
PS02	0.328	48	0.525	64	0.480	76	0.727	59	0.515	61	n.d.	n.d.
PS03	0.296	43	0.284	35	0.260	41	0.389	32	0.307	36	0.352	44
PS04	0.108	16	0.096	12	0.097	15	0.131	11	0.108	13	0.398	49
livello mare	0.690	100	0.817	100	0.636	100	1.225	100	0.842	100	0.805	100

In Tab.4.10 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri superficiali PS01, PS02, PS03 e PS04 ed i livelli marini medi: è possibile notare come i livelli piezometrici siano superiori ai livelli marini medi. Tale differenza, durante il mese di marzo, è marcata in corrispondenza dei piezometri PS01, PS03 e PS04 mentre per il piezometro PS02 tale differenza rimane inferiore.

Tab.4.10- Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di marzo 2006.

Periodo	1-9marzo 2006		10-18 marzo 2006		19-25 marzo 2006		26-31 marzo 2006		Intero periodo (marzo 2006)		Intero periodo (Fase A)	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)						
PS01	0.401	0.234	0.334	0.239	0.323	0.199	0.295	0.197	0.343	0.222	0.289	0.234
PS02	0.283	0.116	0.259	0.164	0.284	0.160	0.232	0.134	0.263	0.142	n.d.	n.d.
PS03	0.371	0.204	0.315	0.220	0.324	0.200	0.290	0.192	0.328	0.207	0.424	0.369
PS04	0.360	0.193	0.319	0.224	0.321	0.197	0.290	0.192	0.326	0.205	0.248	0.193
livello mare	0.167	0	0.095	0	0.124	0	0.098	0	0.121	0	0.055	0

In Tab.4.11 le ampiezze d'onda sono riferite ai dati del mese di aprile 2006. L'ampiezza varia secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.4.2) e sono comprese tra il 14% (PS04) ed il 68% (PS02) delle ampiezze del livello marino. È

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

possibile notare come in corrispondenza del piezometro PS04, l'ampiezza d'onda media sia molto ridotta se confrontata con quanto osservato durante la Fase A, a conferma del trend assunto dal piezometro a partire dai mesi precedenti (vedasi "I Rapporto di Valutazione, marzo 2006").

Tab.4.11- Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di aprile 2006.

Periodo	1-9 aprile 2006		10-17 aprile 2006 (plenilunio)		18-22 aprile 2006		23-30 aprile 2006 (novilunio)		Intero periodo (aprile 2006)		Intero periodo (Fase A)	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PS01	0.288	42	0.339	36	0.281	45	0.396	38	0.326	40	0.298	37
PS02	0.497	73	0.601	64	0.468	75	0.664	64	0.557	68	n.d.	n.d.
PS03	0.264	39	0.308	33	0.242	39	0.373	36	0.297	36	0.352	44
PS04	0.104	15	0.108	12	0.106	17	0.140	14	0.114	14	0.398	49
livello mare	0.679	100	0.935	100	0.624	100	1.033	100	0.818	100	0.805	100

In Tab.4.12 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri superficiali PS01, PS02, PS03 e PS04 ed i livelli marini medi: anche in questo caso, è possibile notare che i livelli piezometrici sono superiori ai livelli marini medi e tale differenza, nel corso del mese di aprile, è soprattutto marcata in corrispondenza del piezometro PS01, mentre per i piezometri PS02, PS03 e PS04 tale differenza è inferiore.

Tab.4.12 - Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di aprile 2006

Periodo	1-9 aprile 2006		10-17 aprile 2006		18-22 aprile 2006		23-30 aprile 2006		Intero periodo (aprile 2006)		Intero periodo (Fase A)	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)						
PS01	0.267	0.204	0.306	0.194	0.211	0.175	0.163	0.178	0.239	0.189	0.289	0.234
PS02	0.213	0.150	0.259	0.147	0.174	0.138	0.123	0.138	0.194	0.144	n.d.	n.d.
PS03	0.267	0.204	0.298	0.186	0.205	0.169	0.160	0.175	0.236	0.162	0.424	0.369
PS04	0.263	0.200	0.281	0.169	0.191	0.155	0.140	0.155	0.222	0.172	0.248	0.193
livello mare	0.063	0	0.112	0	0.036	0	-0.015	0	0.050	0	0.055	0

In Tab.4.13 le ampiezze d'onda sono riferite ai dati del mese di maggio 2006. L'ampiezza varia secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.4.2) e sono comprese tra il 13% (PS04) ed il 66% (PS02) delle ampiezze del livello marino. È possibile notare come in corrispondenza del piezometro PS04, l'ampiezza d'onda media si mantenga molto ridotta se confrontata con quanto osservato durante la Fase A, a conferma del trend assunto dal piezometro a partire dai mesi precedenti (vedasi "I Rapporto di Valutazione,

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

marzo 2006”).

Tab.4.13 - Ampiezze d’onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di maggio 2006.

Periodo	1-8 maggio 2006		9-16 maggio 2006 (plenilunio)		17-23 maggio 2006		24-31 maggio 2006 (novilunio)		Intero periodo (maggio 2006)		Intero periodo (Fase A)	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PS01	0.262	43	0.339	35	0.351	47	0.450	45	0.350	42	0.298	37
PS02	0.447	74	0.564	59	0.516	69	0.648	64	0.544	66	n.d.	n.d.
PS03	0.224	37	0.270	28	0.262	35	0.339	34	0.274	33	0.352	44
PS04	0.096	16	0.114	12	0.105	14	0.123	12	0.109	13	0.398	49
livello mare	0.603	100	0.960	100	0.749	100	1.009	100	100	0	0.805	100

In Tab.4.14 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri superficiali PS01, PS02, PS03 e PS04 ed i livelli marini medi: anche in questo caso, è possibile notare che i livelli piezometrici sono superiori ai livelli marini medi e tale differenza, nel corso del mese di maggio, rimane soprattutto marcata in corrispondenza dei piezometri PS03 e PS04, mentre per i piezometri PS01e PS02 tale differenza è inferiore.

Tab.4.14- Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di maggio 2006.

Periodo	1-8 maggio 2006		9-16 maggio 2006		17-23 maggio 2006		24-31 maggio 2006		Intero periodo (maggio 2006)		Intero periodo (Fase A)	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)						
PS01	0.203	0.211	0.216	0.231	0.210	0.145	0.187	0.156	0.203	0.183	0.289	0.234
PS02	0.144	0.152	0.169	0.184	0.194	0.129	0.184	0.153	0.172	0.152	n.d.	n.d.
PS03	0.260	0.268	0.295	0.310	0.238	0.173	0.236	0.205	0.257	0.237	0.424	0.369
PS04	0.250	0.258	0.281	0.296	0.217	0.152	0.209	0.178	0.239	0.219	0.248	0.193
livello mare	-0.0080	0	-0.0146	0	0.0646	0	0.0312	0	0.020	0	0.055	0

In Tab.4.15 le ampiezze d’onda sono riferite ai dati del mese di giugno 2006. L’ampiezza varia secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.4.2) e sono comprese tra il 13% (PS04) ed il 57% (PS02) delle ampiezze del livello marino. È possibile notare come in corrispondenza del piezometro PS04, l’ampiezza d’onda media si mantenga molto ridotta se confrontata con quanto osservato durante la Fase A, a conferma del trend assunto dal piezometro a partire dai mesi precedenti (vedasi “I Rapporto di Valutazione, marzo 2006”).

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

Tab.4.15 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di giugno 2006.

Periodo	1-7 giugno 2006		8-14 giugno 2006 (plenilunio)		15-22 giugno 2006		23-30 giugno 2006 (novilunio)		Intero periodo (giugno 2006)		Intero periodo (Fase A)	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PS01	0.276	51	0.390	40	0.405	49	0.459	48	0.383	46	0.298	37
PS02	0.377	69	0.513	52	0.511	62	0.476	50	0.469	57	n.d.	n.d.
PS03	0.201	37	0.260	26	0.276	34	0.298	31	0.259	31	0.352	44
PS04	0.096	18	0.097	10	0.104	13	0.119	13	0.104	13	0.398	49
livello mare	0.546	100	0.984	100	0.821	100	0.950	100	0.825	100	0.805	100

In Tab.4.16 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri superficiali PS01, PS02, PS03 e PS04 ed i livelli marini medi: è possibile notare che i livelli piezometrici sono superiori ai livelli marini medi e tale differenza, nel corso del mese di giugno, rimane soprattutto marcata in corrispondenza dei piezometri PS02 e PS03, mentre per i piezometri PS01 e PS04 tale differenza è inferiore.

Tab.4.16- Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di giugno 2006.

Periodo	1-7 giugno 2006		8-14 giugno 2006		15-22 giugno 2006		23-30 giugno 2006		Intero periodo (giugno 2006)		Intero periodo (Fase A)	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)						
PS01	0.184	0.115	0.067	0.133	0.074	0.129	0.147	0.091	0.117	0.112	0.289	0.234
PS02	0.197	0.128	0.087	0.153	0.105	0.160	0.206	0.149	0.149	0.144	n.d.	n.d.
PS03	0.216	0.147	0.147	0.213	0.115	0.170	0.149	0.093	0.155	0.150	0.424	0.369
PS04	0.168	0.099	0.096	0.162	0.063	0.118	0.100	0.044	0.105	0.100	0.248	0.193
livello mare	0.069	0	-0.066	0	-0.055	0	0.056	0	0.005	0	0.055	0

I risultati delle precedenti elaborazioni sono stati rappresentati in Fig.4.20, Fig 4.21, Fig.4.22, Fig.4.23. Il trend seguito dai quattro piezometri, a partire dal mese di marzo 2006, è caratterizzato da ciclicità tipica delle evoluzioni mareali.

I piezometri PS01, PS03 e PS04 sono caratterizzati, fino al mese di maggio, da livelli piezometrici medi simili prossimi ad un valore medio pari a 0.262 m s.l.m.; mentre a partire dal mese di giugno si assiste ad una progressiva diminuzione dei livelli piezometrici fino al raggiungimento di un valore medio pari a 0.126 m s.l.m. Diverso è il trend assunto dal piezometro PS02 che assume, durante l'intero quadrimestre monitorato, livelli piezometrici medi inferiori e che variano da 0.263 m s.l.m. (nel mese di marzo) a 0.144 m s.l.m. (nel mese di giugno).

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

In Fig.4.23 è possibile osservare, in corrispondenza del piezometro PS04, una anomalia dei livelli il giorno 6 giugno 2006 che si è protratta per circa 7 ore. In occasione dell'evento anomalo i livelli piezometrici diminuiscono repentinamente di 0.165 m (Tab.4.17). I dati anomali sono da imputarsi alle operazioni di spurgo condotte in corrispondenza del pozzo 106 interno all'area di cantiere (Tab.4.18).

Tab.4.17- Anomalie verificatesi in corrispondenza del piezometro PS04

Data	Ora	Livello piezometrico minimo (m s.l.m.)	Ora
06/06/06	7:00-14:50	-0.058	11:00

Tab.4.18 -Indicazione dei pozzi sottoposti ad operazioni di spurgo

Pozzo	Data dello spurgo	Portata emunta (l/min)
106	6 giugno	non misurata

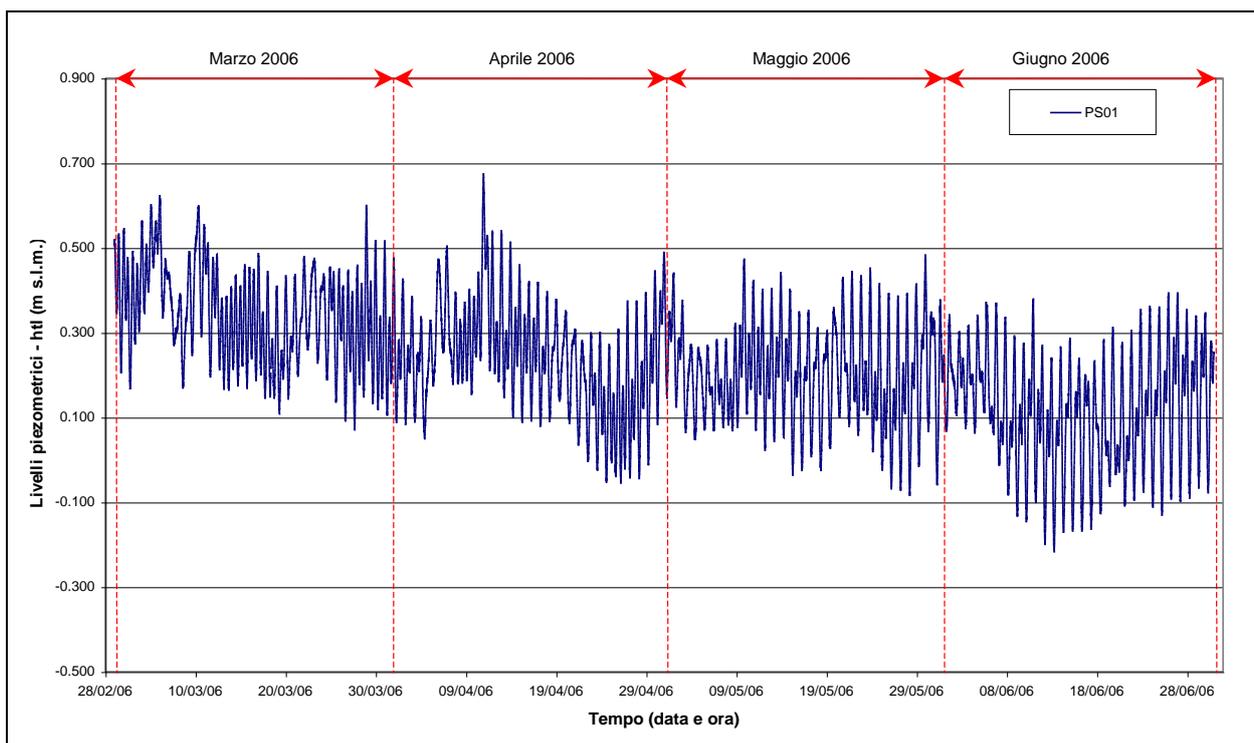


Fig. 4.20 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PS01.

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

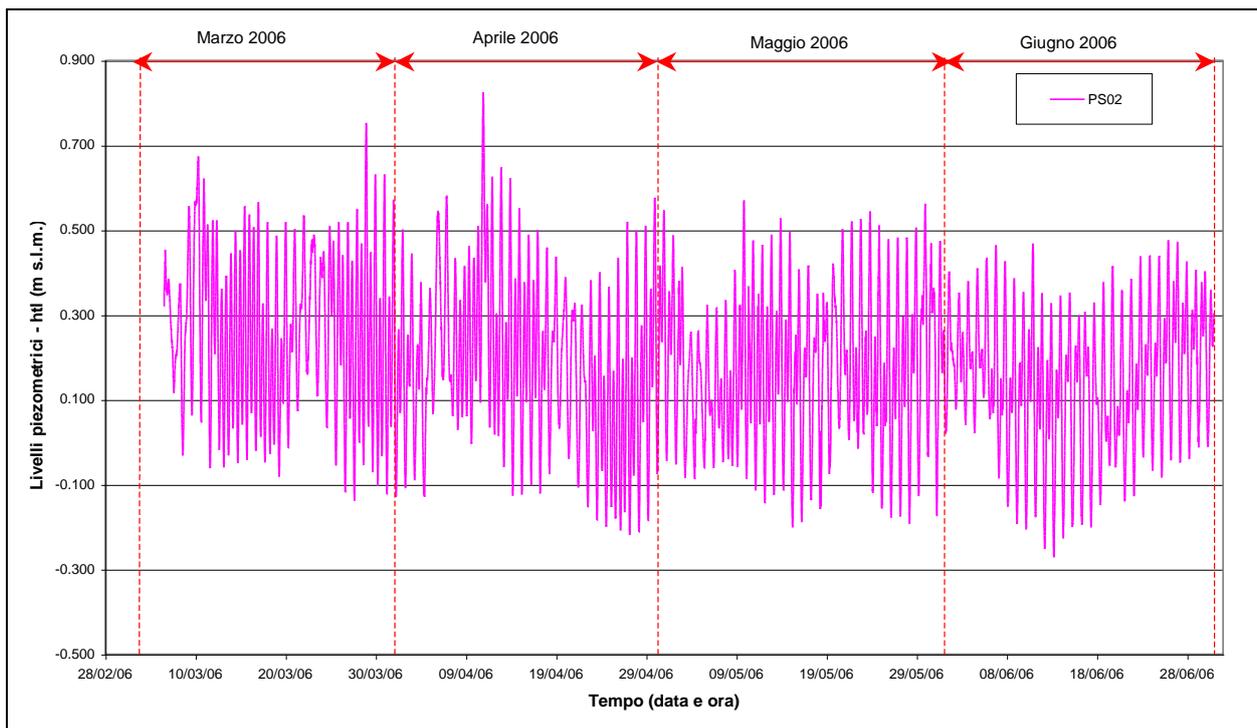


Fig. 4.21 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PS02.

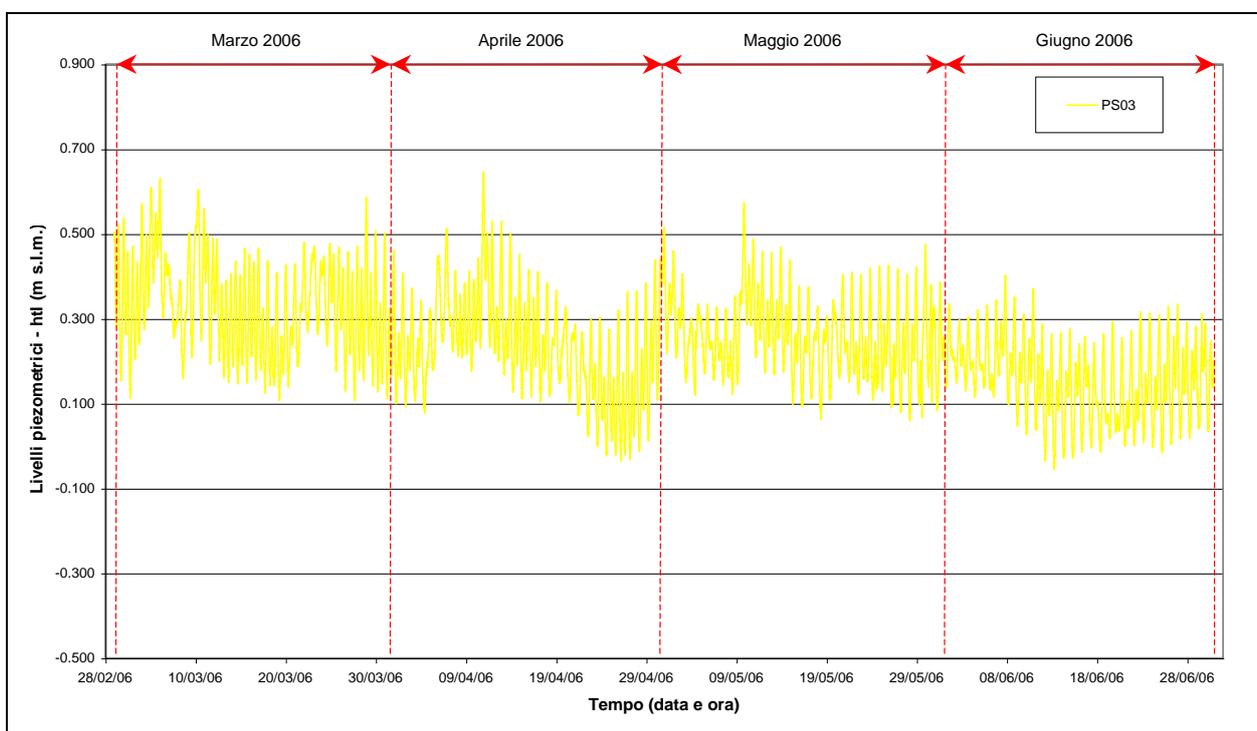


Fig. 4.22 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PS03.

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

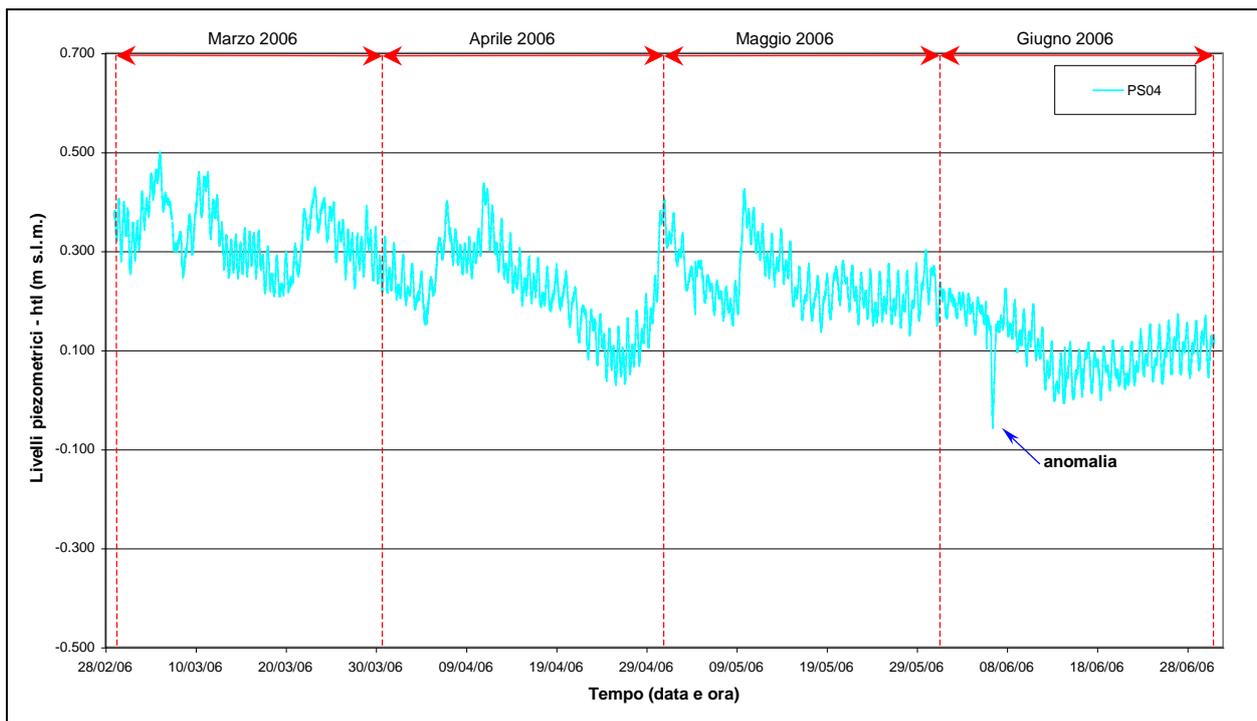


Fig. 4.23 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PS04.

Inoltre, come già riscontrato nel “I Rapporto di Valutazione” (marzo 2006) ed evidenziato in Fig.4.24, l’ampiezza relativa delle oscillazioni piezometriche in corrispondenza del piezometro PS04 è diminuita, probabilmente a causa delle opere di cantiere, passando dal 49% di Fase A al 13% nei mesi di maggio e giugno 2006. Tale valore è inferiore a quello che si registra mediamente negli altri piezometri ubicati sul Lungomare.

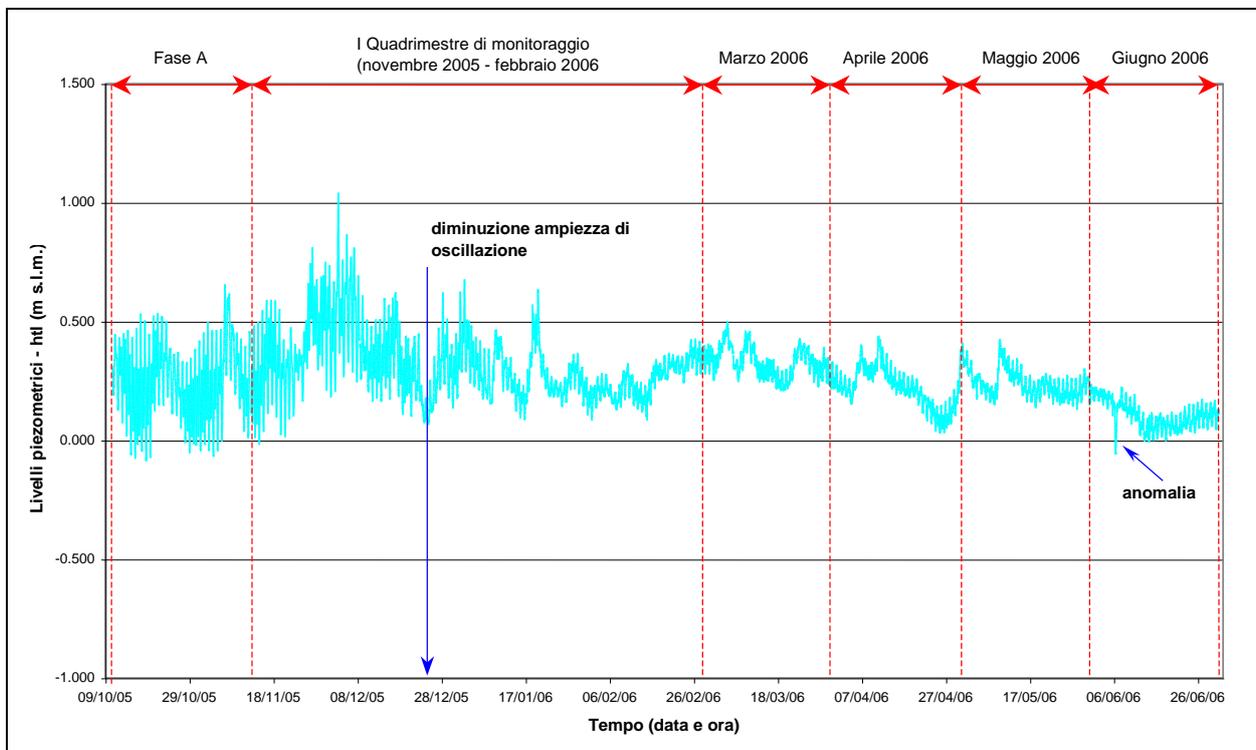


Fig. 4.24 – Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PS04.

4.4 Piezometri profondi - secondo livello acquifero (Strato C)

Di seguito verranno presentate ed analizzate le serie temporali relative ai livelli piezometrici registrate, secondo quanto descritto nel paragrafo 4.1, negli 11 piezometri profondi della rete di monitoraggio (Strato C).

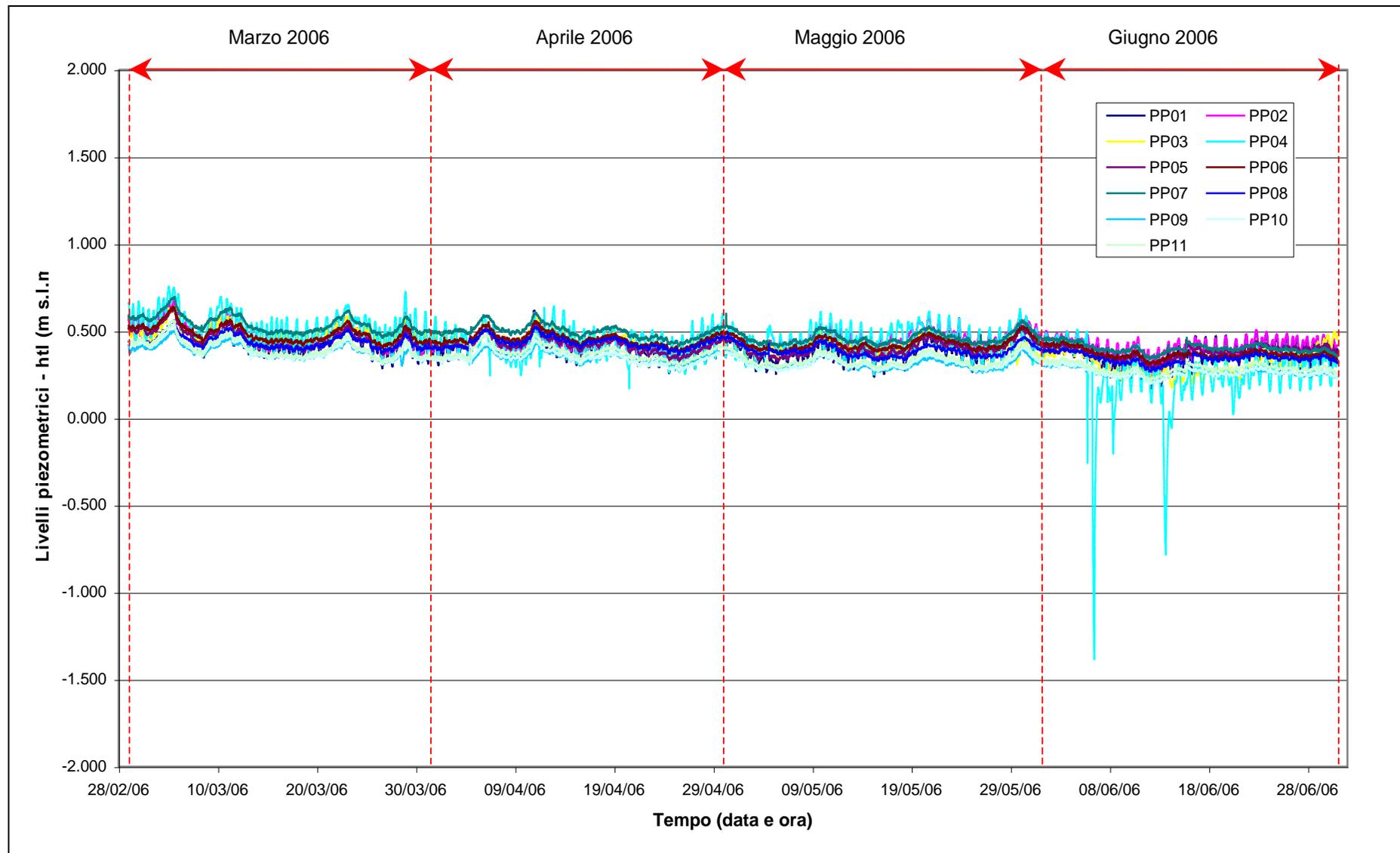
4.4.1 *Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{Hl}*

I dati riportati in Fig.4.25 sono riferiti al secondo quadrimestre di Fase B .

Dall’analisi dei tracciati riportati Fig.4.25 è possibile osservare come i piezometri profondi siano, in misura diversa, influenzati dai fenomeni fisici esterni (fenomeni meteorologici e mareali):

- i piezometri PP01, PP02, PP03 e PP04 posti in prossimità del Lungomare Dante Alighieri sono caratterizzati, al pari di quelli superficiali, da un andamento sinusoidale correlabile alle evoluzioni mareali ed influenzato dalle fasi lunari;
- i piezometri PP05, PP06, PP07, PP08, PP09, PP10 e PP11, collocati nella porzione più interna della Area di Monitoraggio e quindi più distanti dal mare, presentano tracciati di misura che sono influenzati in maniera ridotta sia dalle evoluzioni mareali, sia dai fenomeni meteorologici.

L’influenza di questi fenomeni fisici verrà illustrata separatamente nei paragrafi seguenti.

Fig.4.25 - Livelli piezometrici (h_t) relativi ai piezometri profondi

4.4.2 *Effetti delle precipitazioni*

In Fig.4.26 è stato confrontato l'andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza dei piezometri profondi ubicati nella porzione interna dell'Area di Monitoraggio con le precipitazioni verificatesi nell'intero periodo di monitoraggio. Dai tracciati di misura appaiono modeste le influenze delle precipitazioni sui livelli piezometrici.

Nelle Tab.4.20, Tab.4.21 e Tab.4.22 sono stati esaminati i fenomeni meteorologici e la loro influenza sui livelli registrati nei piezometri profondi ed interni all'Area di Monitoraggio. Per raffronto vengono indicati anche i fenomeni registrati durante la Fase A (Tab.4.19). Non sono riportate le statistiche riguardanti l'influenza delle precipitazioni nel mese di giugno, in quanto nessuno fenomeno meteorologico è stato registrato. Si precisa, però, che nel corso dei mesi di maggio e giugno si sono verificati malfunzionamenti della centralina di acquisizione meteo, pertanto i dati di precipitazione risultano incompleti.

Le escursioni sono comprese tra 0.042 m (in corrispondenza del PP11, mese di aprile) e 0.129 m (in corrispondenza del PP05, mese di marzo). Come è possibile osservare in Fig.4.26 ed in Tab.4.20, soltanto in occasione dell'evento meteorico del 21 marzo 2006, caratterizzato da altezza di pioggia pari a 8.4 mm, l'escursione massima raggiunge un valore di 0.129 m (in corrispondenza del PP05). In Tab.4.22 è possibile osservare che l'evento meteorologico verificatosi il 24 maggio 2006 non è stato così significativo da determinare escursioni rilevanti: i livelli piezometrici rimangono invariati (come nel caso del piezometro PP07) oppure subiscono lievi riduzioni dell'ordine di circa 2 cm.

Analogamente a quanto già riscontrato durante il "I Rapporto di Valutazione", è possibile osservare che l'effetto delle precipitazioni sul secondo livello produttivo risulta essere meno marcato rispetto a quanto riscontrato in corrispondenza del primo livello acquifero.

Il piezometro in corrispondenza del quale si riscontrano le maggiori variazioni di livello piezometrico risulta essere il PP05, come già riscontrato durante la Fase A.

Tab.4.19 - Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri profondi, interni all'Area di Monitoraggio. Fase A.

Piezometro Superficiale	Primo evento meteorico			Secondo evento meteorico		
	20 ottobre 2005	7.2 mm		5-6-7 novembre 2005	59.8 mm	
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PP05	0.467	0.065	0.111	0.440	0.119	0.502
PP06	0.411	0.044	0.164	0.371	0.041	1.459
PP07	0.426	0.049	0.147	0.390	0.092	0.650
PP08	0.298	0.013	0.554	0.255	0.043	1.391
PP09	0.379	0.043	0.167	0.339	0.082	0.729
PP10	0.338	0.029	0.248	0.289	0.054	1.107
PP11	0.328	0.045	0.160	0.279	0.036	1.661

Durante la prima precipitazione si è verificato un malfunzionamento del pluviometro che rende impossibile un calcolo esatto dell'altezza di pioggia.

CORILA

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

Tab.4.20 - Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri profondi, interni all'Area di Monitoraggio. Mese di marzo 2006.

Piezometro Superficiale	evento meteorico			evento meteorico			evento meteorico		
	5 marzo 2006		5.0 mm	10 marzo 2006		4.8 mm	21 marzo 2006		8.4 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PP05	0.526	0.051	0.098	0.476	0.075	0.064	0.409	0.129	0.065
PP06	0.543	0.057	0.087	0.499	0.072	0.066	0.446	0.113	0.074
PP07	0.597	0.060	0.083	0.558	0.079	0.061	0.498	0.126	0.067
PP08	0.461	0.067	0.075	0.447	0.076	0.063	0.408	0.106	0.079
PP09	0.420	0.067	0.074	0.401	0.062	0.077	0.354	0.100	0.084
PP10	0.444	0.053	0.094	0.408	0.077	0.062	0.354	0.110	0.076
PP11	0.462	0.045	0.111	0.421	0.079	0.061	0.367	0.112	0.075

CORILA

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

Tab.4.21 - Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri profondi, interni all' Area di Monitoraggio. Mese di aprile 2006.

Piezometro Superficiale	evento meteorico			evento meteorico			evento meteorico		
	3 aprile 2006		5.2 mm	6 aprile 2006		15.4 mm	30 aprile 2006		42.6 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PP05	0.413	0.111	0.047	0.443	0.065	0.236	0.414	0.055	0.778
PP06	0.439	0.103	0.051	0.481	0.075	0.205	0.450	0.052	0.815
PP07	0.495	0.101	0.052	0.532	0.060	0.255	0.490	0.114	0.374
PP08	0.407	0.105	0.050	0.455	0.052	0.295	0.434	0.061	0.694
PP09	0.342	0.079	0.066	0.366	0.050	0.306	0.343	0.048	0.884
PP10	0.340	0.092	0.057	0.373	0.060	0.256	0.343	0.044	0.974
PP11	0.356	0.125	0.042	0.416	0.057	0.268	0.373	0.044	0.971

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

Tab.4.22- Statistiche relative all'influenza delle precipitazioni sui livelli registrati nei piezometri profondi, interni all' Area di Monitoraggio. Mese di maggio 2006.

Piezometro profondo	Evento meteorico			Evento meteorico		
	9 maggio 2006		23.8 mm	24 maggio 2006		10.8 mm
	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione	Livello piezometrico medio prima della precipitazione (m s.l.m.)	Max escursione (m)	Rapporto altezza di pioggia/Max escursione
PP05	0.362	0.094	0.253	0.434	-0.027	-
PP06	0.399	0.083	0.287	0.453	-0.025	-
PP07	0.436	0.091	0.262	0.481	0.000	-
PP08	0.383	0.068	0.351	0.398	-0.009	-
PP09	0.298	0.070	0.342	0.322	-0.022	-
PP10	0.291	0.083	0.286	0.337	-0.020	-
PP11	0.316	0.080	0.298	0.354	-0.023	-

Nel corso del mese di maggio si è verificato un malfunzionamento del pluviometro e per circa 10 giorni non sono stati registrati i dati di altezza di pioggia.

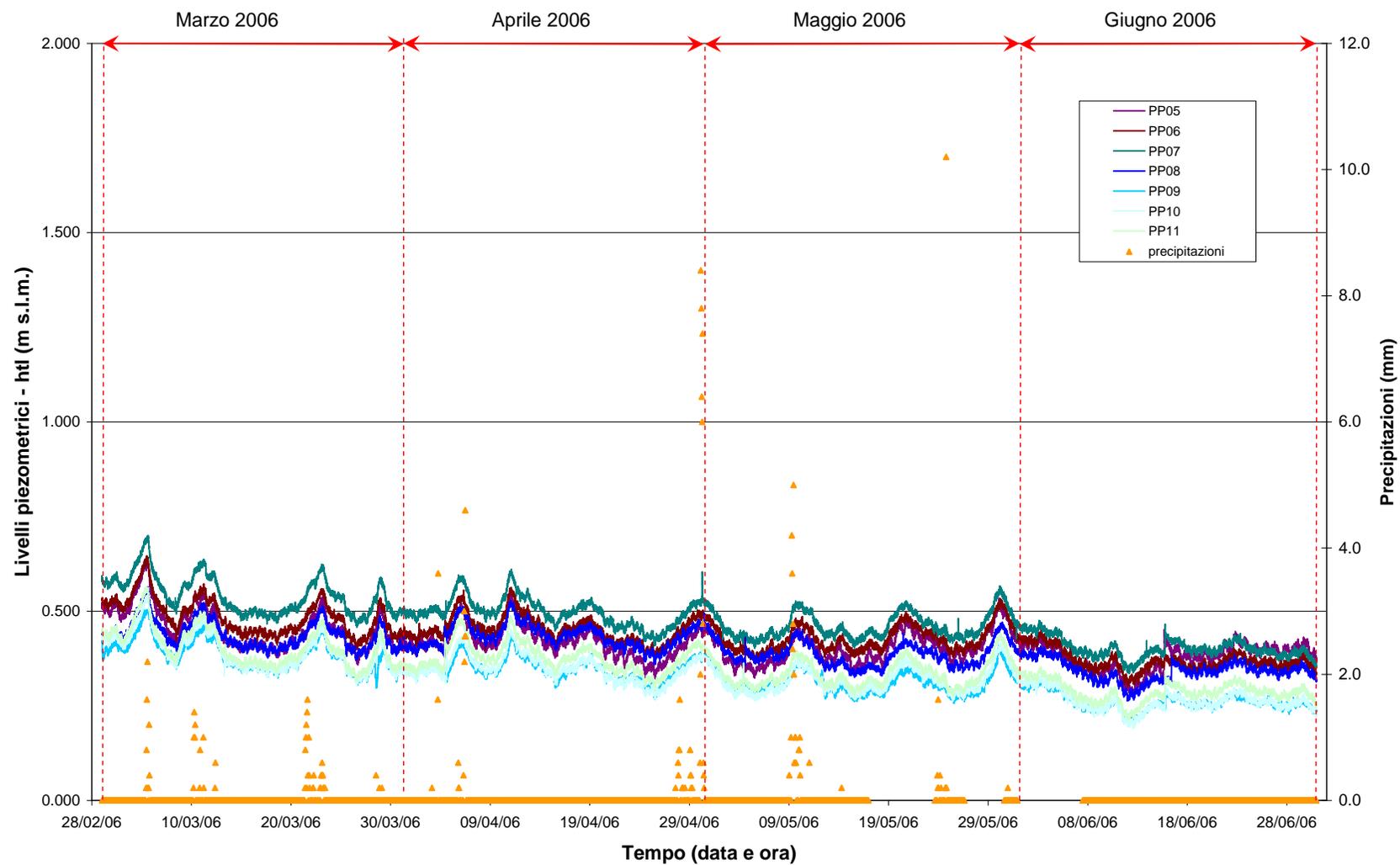


Fig. 4.26- Livelli piezometrici dei piezometri profondi interni all' Area di Monitoraggio e precipitazioni

4.4.3 *Effetti mareali*

In Fig.4.27 è possibile confrontare i tracciati di misura dei trasduttori posizionati in corrispondenza dei piezometri PP01, PP02, PP03 e PP04 disposti sul Lungomare Dante Alighieri e le escursioni mareali registrate in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido.

Le serie temporali seguono andamenti caratterizzati da una ciclicità che è tipica delle evoluzioni mareali. Si verificano, infatti, incrementi di frequenza del fenomeno oscillatorio in corrispondenza del plenilunio e del novilunio. In corrispondenza dei quarti di luna (sia luna calante che crescente) le oscillazioni sono meno frequenti e più smorzate. Il periodo di oscillazione dei livelli nei piezometri varia da 12 h (novilunio e plenilunio) a 24 h (luna calante e crescente). Da un'analisi dei dati è possibile riscontrare uno sfasamento di circa due ore tra le oscillazioni mareali e quelle piezometriche.

Le Tabb.4.23- 4.25- 4.27 - 4.29 riportano le ampiezze d'onda medie calcolate sui singoli mesi di osservazione e le ampiezze calcolate in corrispondenza di periodi intermedi di osservazione, coincidenti con le fasi lunari.

Nelle Tabb.4.24- 4.26- 4.28 - 4.30 è riportato il confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri profondi PP01, PP02 PP03 e PP04 ed i livelli marini medi.

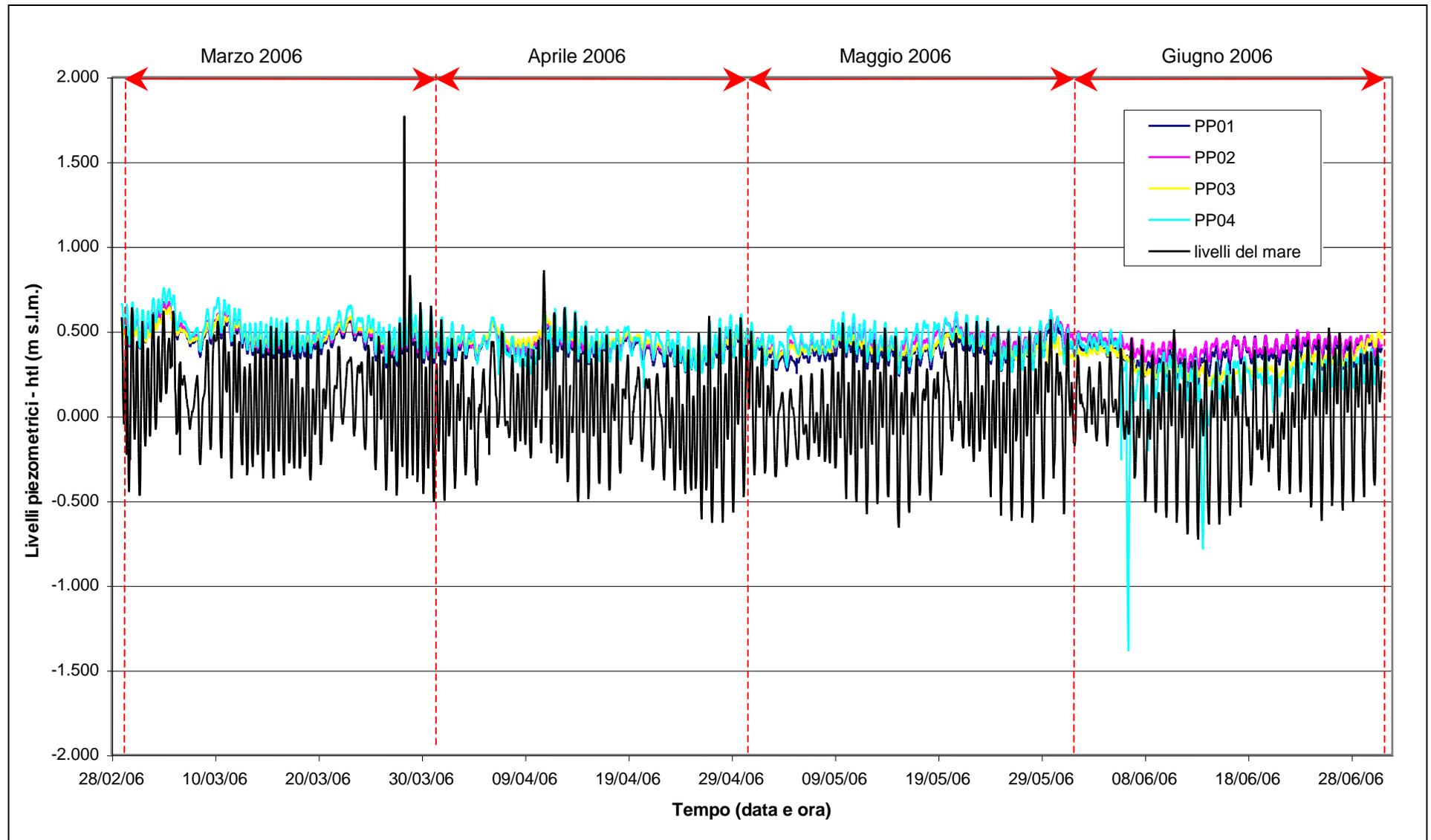


Fig.4.27 - Livelli piezometrici dei piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 e livelli del mare.

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

In Tab.4.23 le ampiezze d'onda sono riferite ai dati del mese di marzo 2006 e risultano comprese tra il 12% (PP03) ed il 25% (PP04) delle ampiezze del livello marino e variabili secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.4.2). Inoltre è possibile osservare che le ampiezze d'onda medie sono inferiori a quanto già riscontrato durante la Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005) e tale riduzione risulta evidente in corrispondenza del piezometro PP03.

Tab.4.23- Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di marzo 2006.

Periodo	1-9marzo 2006		10-18 marzo 2006 (plenilunio)		19-25 marzo 2006		26-31 marzo 2006 (novilunio)		Intero periodo (marzo 2006)		Intero periodo Fase A	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PP01	0.144	21	0.134	16	0.135	21	0.206	17	0.155	18	0.19	24
PP02	0.128	19	0.117	14	0.115	18	0.174	14	0.134	16	0.18	22
PP03	0.099	14	0.079	10	0.091	14	0.126	10	0.099	12	0.166	21
PP04	0.189	27	0.186	23	0.179	28	0.277	23	0.207	25	0.253	31
livello mare	0.690	100	0.817	100	0.636	100	1.225	100	0.842	100	0.805	100

In Tab.4.24 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 ed i livelli marini medi: è possibile notare come i livelli piezometrici siano più alti rispetto a quelli osservati durante la Fase A. I livelli piezometrici rimangono superiori ai livelli marini medi e tale differenza rimane marcata in corrispondenza del piezometro PP04.

Tab.4.24 - Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di marzo 2006.

Periodo	1-9marzo 2006		10-18 marzo 2006		19-25 marzo 2006		26-31 marzo 2006		Intero periodo (marzo 2006)		Intero periodo Fase A	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)						
PP01	0.510	0.343	0.443	0.348	0.456	0.332	0.409	0.311	0.458	0.337	0.365	0.310
PP02	0.521	0.354	0.467	0.372	0.480	0.356	0.431	0.333	0.479	0.358	0.325	0.270
PP03	0.505	0.338	0.473	0.378	0.488	0.364	0.453	0.355	0.481	0.360	0.352	0.297
PP04	0.567	0.400	0.503	0.408	0.521	0.397	0.478	0.380	0.521	0.400	0.435	0.380
livello mare	0.167	0	0.095	0	0.124	0	0.098	0	0.121	0	0.055	0

In Tab.4.25 le ampiezze d'onda sono riferite ai dati del mese di aprile 2006 e risultano comprese tra il 12% (PP03) ed il 28% (PP04) delle ampiezze del livello marino e variabili secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.4.2). Inoltre è possibile

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

osservare che le ampiezze d'onda medie rimangono inferiori a quanto già riscontrato durante la Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005) e tale riduzione risulta molto marcata in corrispondenza del piezometro PP03.

Tab.4.25 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di aprile 2006.

Periodo	1-9 aprile 2006		10-17 aprile 2006 (plenilunio)		18-22 aprile 2006		23-30 aprile 2006 (novilunio)		Intero periodo (aprile 2006)		Intero periodo Fase A	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PP01	0.130	19	0.163	17	0.127	20	0.187	18	0.152	19	0.19	24
PP02	0.111	16	0.135	14	0.108	17	0.147	14	0.125	15	0.18	22
PP03	0.085	13	0.103	11	0.084	14	0.104	10	0.094	12	0.166	21
PP04	0.202	30	0.229	24	0.218	35	0.256	25	0.226	28	0.253	31
livello mare	0.679	100	0.935	100	0.624	100	1.033	100	0.818	100	0.805	100

In Tab.4.26 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 ed i livelli marini medi: è possibile notare come i livelli piezometrici siano più alti rispetto a quelli osservati durante la Fase A. I livelli piezometrici rimangono superiori ai livelli marini medi e tale differenza è soprattutto marcata in corrispondenza del piezometro PP03.

Tab.4.26 - Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di aprile 2006.

Periodo	1-9 aprile 2006		10-17 aprile 2006		18-22 aprile 2006		23-30 aprile 2006		Intero periodo (aprile 2006)		Intero periodo Fase A	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)
PP01	0.414	0.351	0.429	0.317	0.395	0.359	0.384	0.399	0.407	0.357	0.365	0.310
PP02	0.429	0.366	0.446	0.334	0.416	0.380	0.409	0.424	0.426	0.376	0.325	0.270
PP03	0.448	0.385	0.471	0.359	0.435	0.399	0.410	0.425	0.442	0.392	0.352	0.297
PP04	0.420	0.357	0.449	0.337	0.430	0.394	0.419	0.434	0.429	0.379	0.435	0.380
livello mare	0.063	0	0.112	0	0.036	0	-0.015	0	0.050	0	0.055	0

In Tab.4.27 le ampiezze d'onda sono riferite ai dati del mese di maggio 2006 e risultano comprese tra l'11% (PP03) ed il 25% (PP04) delle ampiezze del livello marino e variabili secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.4.2). Inoltre è possibile osservare che le ampiezze d'onda medie rimangono inferiori a quanto già riscontrato durante la Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005) e tale riduzione risulta molto marcata in corrispondenza del piezometro PP03.

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

Tab.4.27 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di maggio 2006.

Periodo	1-8 maggio 2006		9-16 maggio 2006 (plenilunio)		17-23 maggio 2006		24-31 maggio 2006 (novilunio)		Intero periodo (maggio 2006)		Intero periodo Fase A	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PP01	0.130	22	0.153	16	0.143	19	0.179	18	0.151	18	0.19	24
PP02	0.105	17	0.118	12	0.125	17	0.134	13	0.120	14	0.18	22
PP03	0.087	15	0.077	8	0.085	11	0.114	11	0.091	11	0.166	21
PP04	0.183	30	0.214	22	0.199	27	0.241	24	0.209	25	0.253	31
livello mare	0.603	100	0.960	100	0.749	100	1.009	100	0.830	100	0.805	100

In Tab.4.28 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 ed i livelli marini medi: è possibile notare come i livelli piezometrici siano più alti rispetto a quelli osservati durante la Fase A. I livelli piezometrici rimangono superiori ai livelli marini medi e tale differenza è soprattutto marcata in corrispondenza dei piezometri PP04 e PP02.

Tab.4.28 - Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di maggio 2006.

Periodo	1-8 maggio 2006		9-16 maggio 2006		17-23 maggio 2006		24-31 maggio 2006		Intero periodo (maggio 2006)		Intero periodo Fase A	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)						
PP01	0.356	0.364	0.377	0.392	0.412	0.347	0.403	0.372	0.386	0.366	0.365	0.310
PP02	0.403	0.411	0.439	0.454	0.483	0.418	0.470	0.439	0.447	0.427	0.325	0.270
PP03	0.390	0.398	0.409	0.424	0.434	0.369	0.392	0.361	0.404	0.384	0.352	0.297
PP04	0.419	0.427	0.450	0.465	0.489	0.424	0.436	0.405	0.446	0.426	0.435	0.380
livello mare	-0.008	0	-0.015	0	0.065	0	0.031	0	0.020	0	0.055	0

In Tab.4.29 le ampiezze d'onda sono riferite ai dati del mese di giugno 2006 e risultano comprese tra il 10% (PP03) ed il 40% (PP04) delle ampiezze del livello marino e variabili secondo le fasi lunari (sigizie e quadrature), come già si verifica per i livelli del mare (vedasi Tab.4.2). Inoltre è possibile osservare che le ampiezze d'onda medie dei piezometri PP01, PP02 e PP03 rimangono inferiori a quanto già riscontrato durante la Fase A (vedasi "Rapporto di Variabilità Attesa", dicembre 2005). Tale riduzione risulta essere molto marcata in corrispondenza del piezometro PP03. In corrispondenza del piezometro PP04 è possibile riscontrare un vistoso aumento dell'ampiezza d'onda media nel periodo 1- 14 giugno 2006 durante il quale si verificano brusche diminuzioni del livello piezometrico; superato tale periodo l'ampiezza media torna ad assumere valori simili a quelli dei mesi precedenti.

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

Tab.4.29 - Ampiezze d'onda assolute e relative dei livelli piezometrici. Mese di giugno 2006.

Periodo	1-7 giugno 2006		8-14 giugno 2006 (plenilunio)		15-22 giugno 2006		23-30 giugno 2006 (novilunio)		Intero periodo (giugno 2006)		Intero periodo Fase A	
	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)	Ass. (m)	Rel. mare (%)
PP01	0.109	20	0.164	17	0.171	21	0.173	18	0.154	19	0.19	24
PP02	0.085	15	0.126	13	0.126	15	0.127	13	0.116	14	0.18	22
PP03	0.065	12	0.084	9	0.089	11	0.101	11	0.085	10	0.166	21
PP04	0.465	85	0.392	40	0.233	28	0.236	25	0.331	40	0.253	31
livello mare	0.546	100	0.984	100	0.821	100	0.950	100	0.825	100	0.805	100

In Tab.4.30 è riportato un confronto tra i livelli piezometrici medi riscontrati in corrispondenza dei piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 ed i livelli marini medi: è possibile notare come i livelli piezometrici dei piezometri PP01 e PP02 siano più alti rispetto a quelli osservati durante la Fase A. Mentre in corrispondenza dei piezometri PP03 e PP04 i livelli piezometrici sono decisamente inferiori rispetto a quanto riscontrato durante la Fase A e durante i mesi precedenti.

Tab.4.30- Confronto tra i livelli piezometrici e marini medi. Mese di giugno 2006.

Periodo	1-7 giugno 2006		8-14 giugno 2006		15-22 giugno 2006		23-30 giugno 2006		Intero periodo (giugno 2006)		Intero periodo Fase A	
	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)	\bar{h}_{tp} (m)	Diff. (m)						
PP01	0.380	0.311	0.309	0.375	0.383	0.438	0.397	0.341	0.369	0.364	0.365	0.310
PP02	0.440	0.371	0.372	0.438	0.408	0.463	0.426	0.370	0.412	0.407	0.325	0.270
PP03	0.356	0.287	0.266	0.332	0.270	0.325	0.376	0.320	0.318	0.313	0.352	0.297
PP04	0.304	0.235	0.159	0.225	0.237	0.292	0.295	0.239	0.250	0.245	0.435	0.380
livello mare	0.069	0	-0.066	0	-0.055	0	0.056	0	0.005	0	0.055	0

I risultati delle precedenti elaborazioni sono stati rappresentati in Figg.4.28 - 4.29 - 4.30 - 4.31. Il trend seguito dai quattro piezometri, a partire dal mese di marzo 2006, è analogo e caratterizzato da ciclicità tipica delle evoluzioni mareali.

I piezometri profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 sono caratterizzati, fino al mese di maggio, da livelli piezometrici medi simili prossimi ad un valore medio pari a 0.444 m s.l.m e superiore a quanto riscontrato durante la Fase A. A partire dal mese di giugno si assiste ad una progressiva diminuzione dei livelli piezometrici fino al raggiungimento di un valore medio pari a 0.338 m s.l.m. Tale diminuzione è particolarmente marcata in corrispondenza dei piezometri PP03 e PP04

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

che raggiungono rispettivamente valori medi pari a 0.318 m s.l.m e 0.250 m s.l.m.

Nel tracciato del piezometro PP04 sono riscontrabili andamenti anomali nei giorni 5, 6, 8 e 13 giugno 2006 (Tab.4.31). Si tratta di abbassamenti repentini a seguito dei quali i livelli recuperano il livello originario.

Tab.4.31 - Anomalie verificatesi in corrispondenza del piezometro PP04.

Data	Ora	Livello piezometrico minimo (m s.l.m.)	Ora
05/06/06	18:00-18:50	-0.261	18:20
06/06/06	6:40-16:40	-1.388	11:00
08/06/06	7:40-11:20	-0.207	8:40
13/06/06	10:20-23:00	-0.788	16:00

Analogamente a quanto è stato riscontrato in corrispondenza del piezometro superficiale PS04, le irregolarità si verificano in concomitanza alle operazioni di spurgo (vedasi Tab.4.32) effettuate su tre dei 10 pozzi terebrati all'interno dell'area di cantiere (la cui ubicazione è indicata in Fig.2.1).

Tab.4.32 -Indicazione dei pozzi sottoposti ad operazioni di spurgo.

Pozzo	Data dello spurgo	Portata emunta (l/min)
106	6 giugno	non misurata
107	8 giugno	non misurata
108	13 giugno	non misurata

Per quanto riguarda l'ampiezza delle oscillazioni piezometriche, sono comprese tra l'11% (PP03) ed il 30% (PP04). Si assiste a deboli riduzioni, rispetto a quanto osservato durante la Fase A, dell'ordine del 7% in corrispondenza dei piezometri PP01, PP02 e PP03, mentre la riduzione sul piezometro PP04 è inferiore e dell'ordine dell' 1%.

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

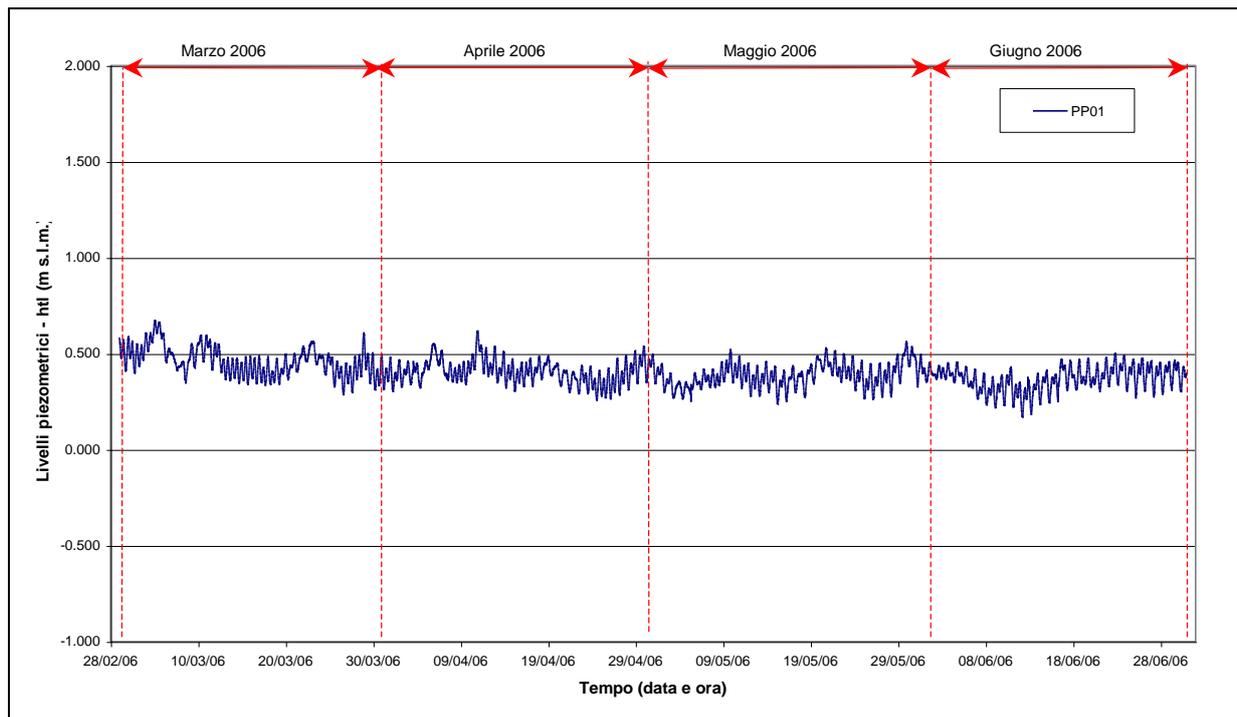


Fig.4.28 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PP01.

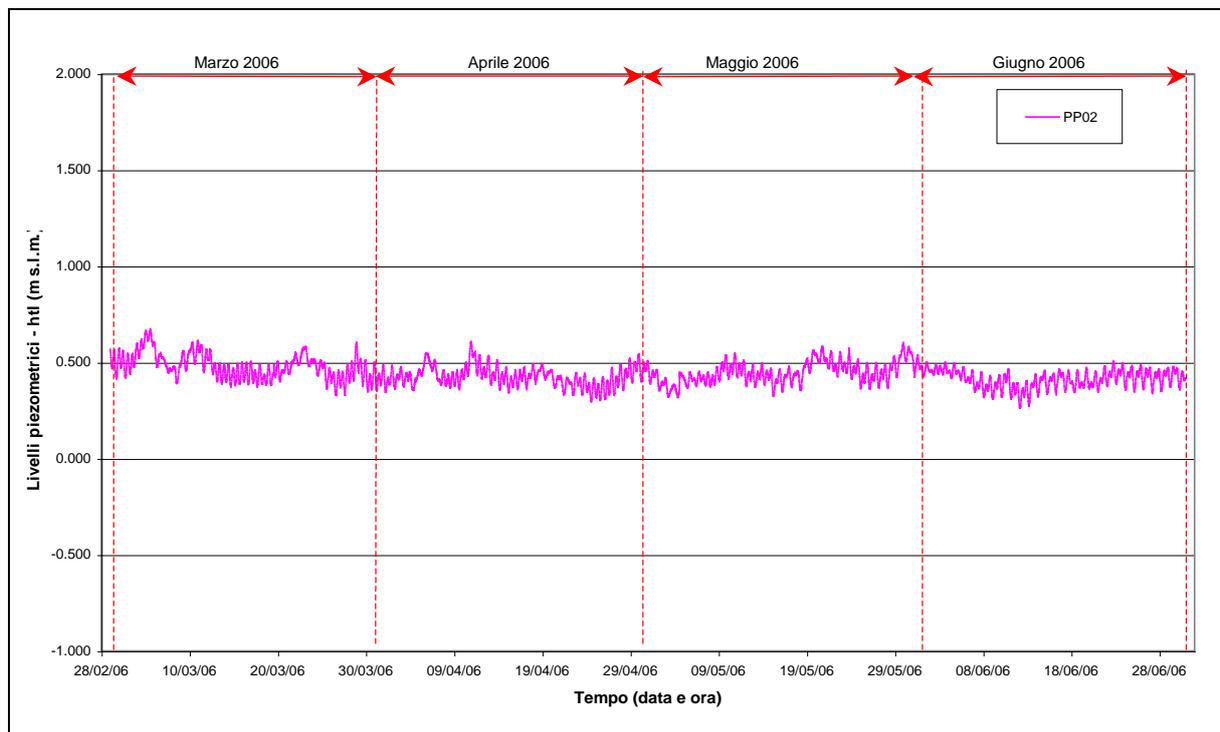


Fig.4.29 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PP02.

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

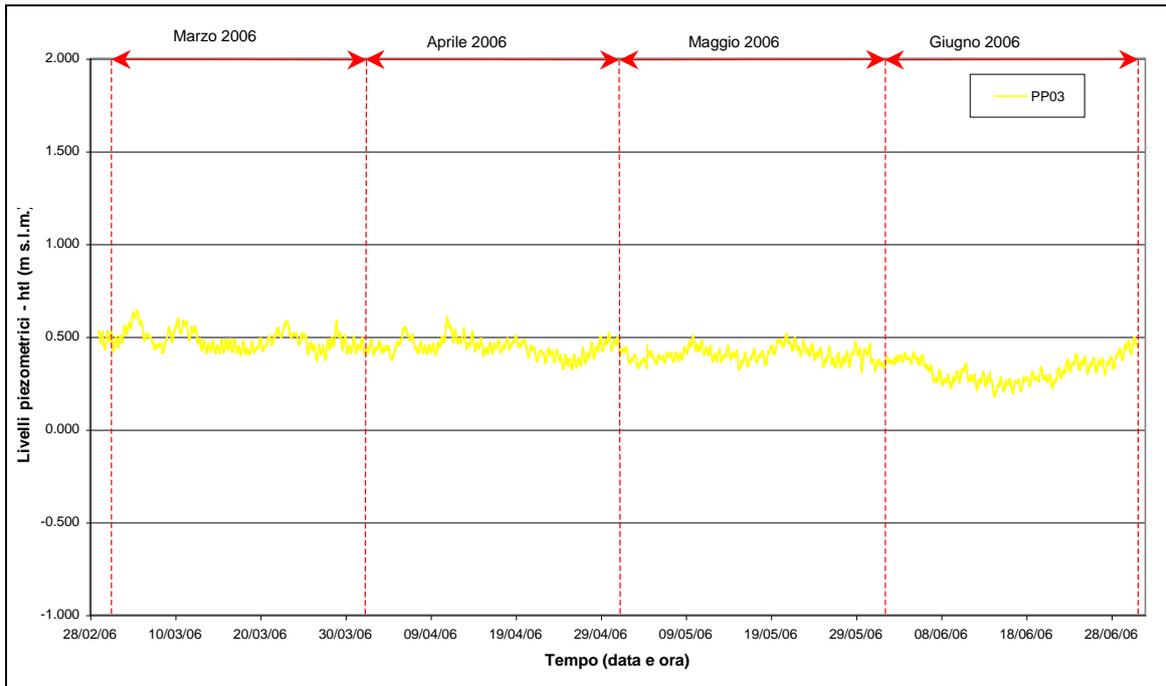


Fig.4.30 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PP03.

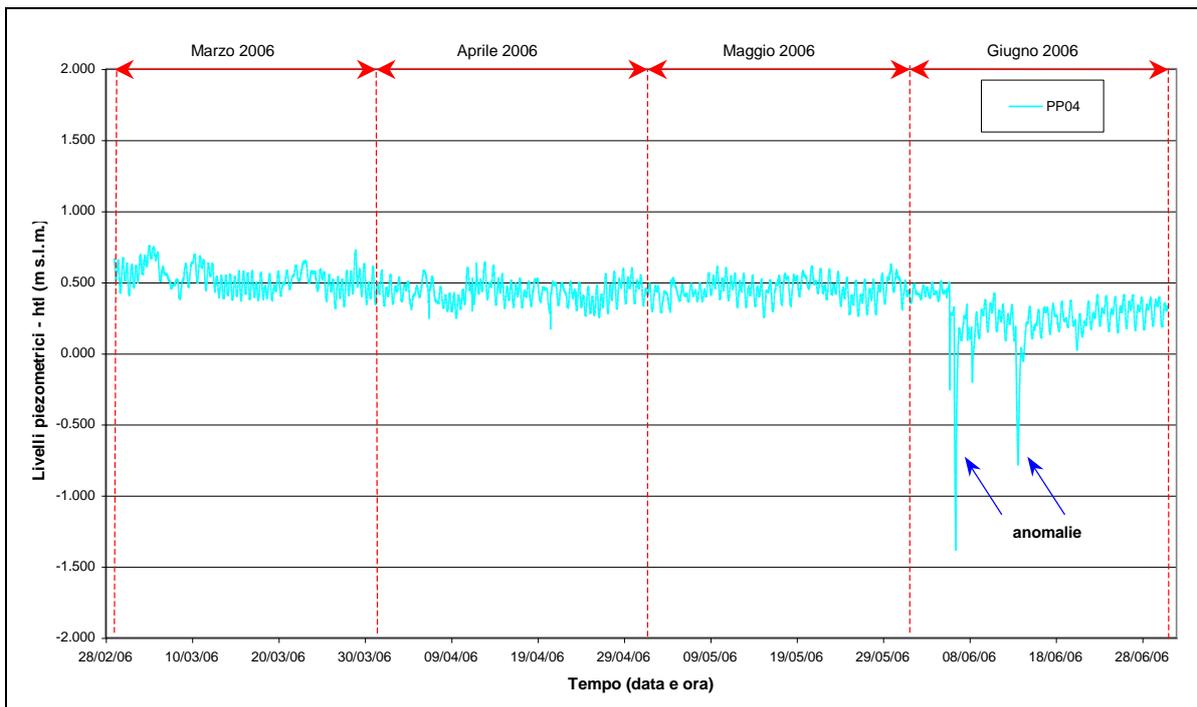


Fig.4.31 - Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza del piezometro PP04.

Come mostra la Fig.4.32, e come è già stato riscontrato in occasione del monitoraggio nei mesi precedenti, è possibile osservare l'effetto delle evoluzioni mareali anche sull'andamento dei livelli piezometrici relativi ai piezometri profondi ubicati nella porzione interna dell'Area di Monitoraggio. A differenza di quanto avviene in corrispondenza dei piezometri ubicati sul Lungomare, le serie temporali non ha una evoluzione sinusoidale, tuttavia, i massimi dei livelli piezometrici si verificano in corrispondenza di rispettivi massimi dei livelli del mare.

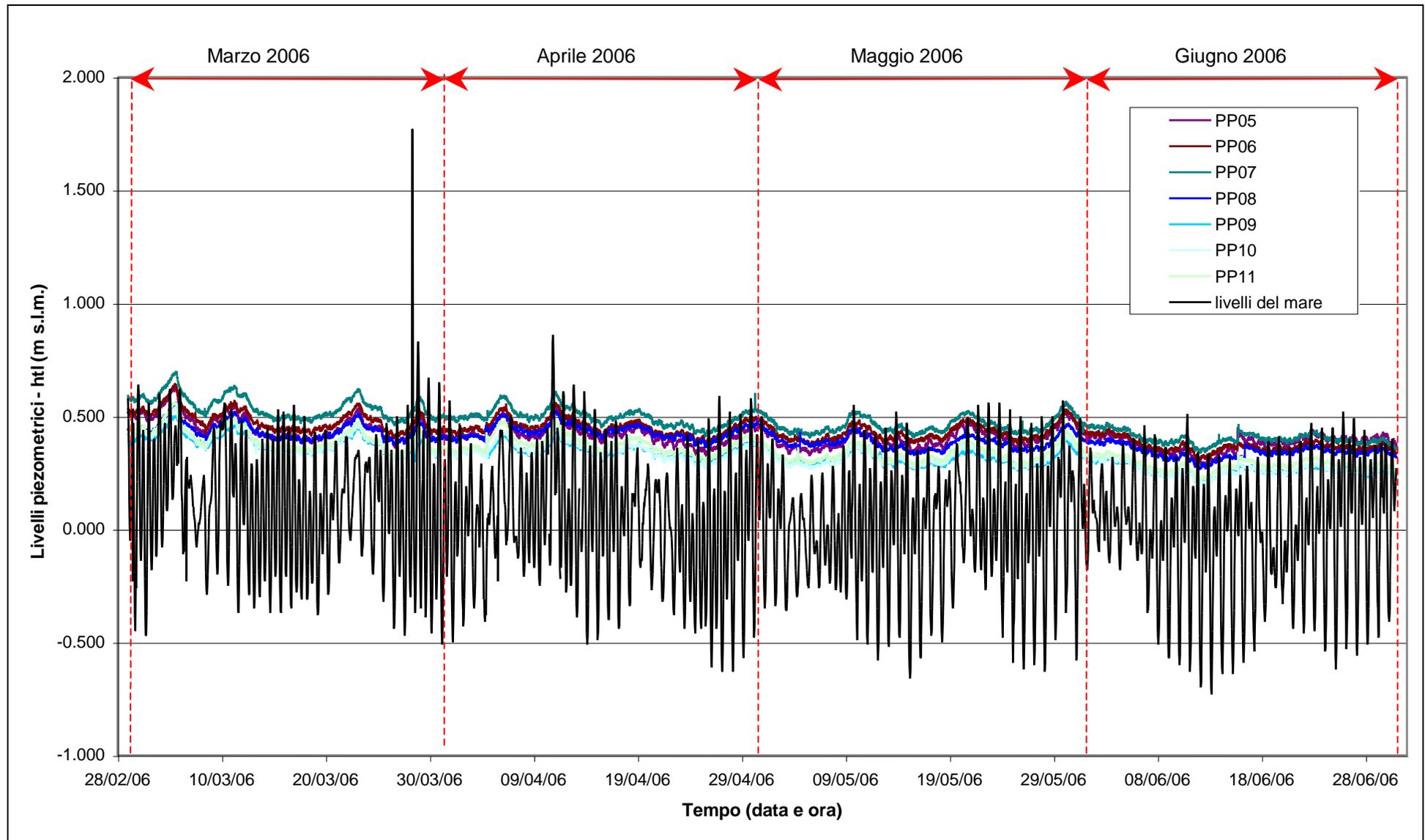


Fig.4.32- Andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza dei piezometri profondi interni all'area e livelli del mare.

4.5 Studio piezometrico

Vengono di seguito riportate le elaborazioni piezometriche relative al Primo livello acquifero (Strato A) ed al Secondo livello acquifero (Strato C), derivanti rispettivamente dai dati acquisiti in corrispondenza dei piezometri superficiali e dei piezometri profondi.

Sono state effettuate cinque ricostruzioni piezometriche relative ai due livelli acquiferi sulla base dei dati acquisiti dai trasduttori di livello, in date lontane da eventi piovosi intensi, ad un'ora distante da estremi mareali (Tab.4.33, Fig.4.33 e Fig.4.34). Per raffronto si riportano anche le piezometrie superficiali e profonde elaborate per la Fase A.

Tab.4.33 - Date in corrispondenza delle quale sono state elaborate le piezometrie.

Mese	Data e ora
Fase A	12 novembre 2005 - h.14:00
marzo	17 marzo 2006 - h.14:00
aprile	20 aprile 2006 - h.15:00
maggio	25 maggio 2006 - h.13:00
giugno	24 giugno 2006 - h.13:00

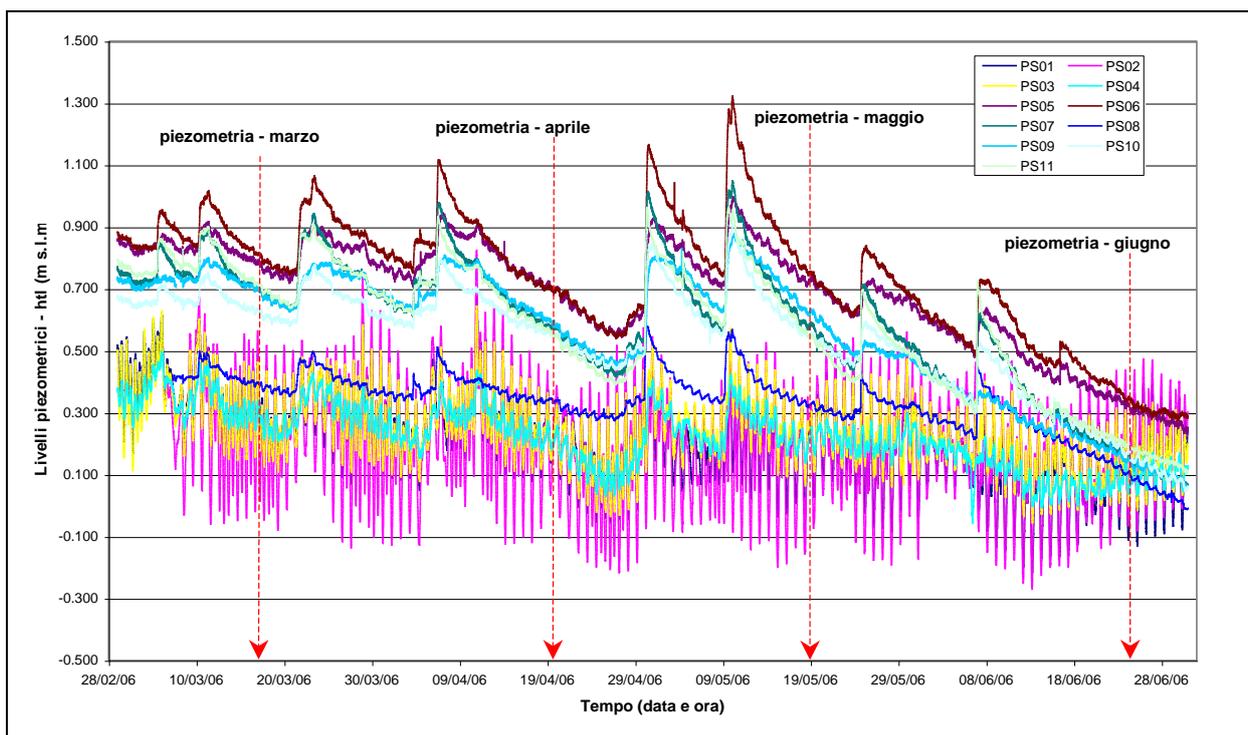


Fig.4.33 - Date in corrispondenza delle quale sono state elaborate le piezometrie superficiali.

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

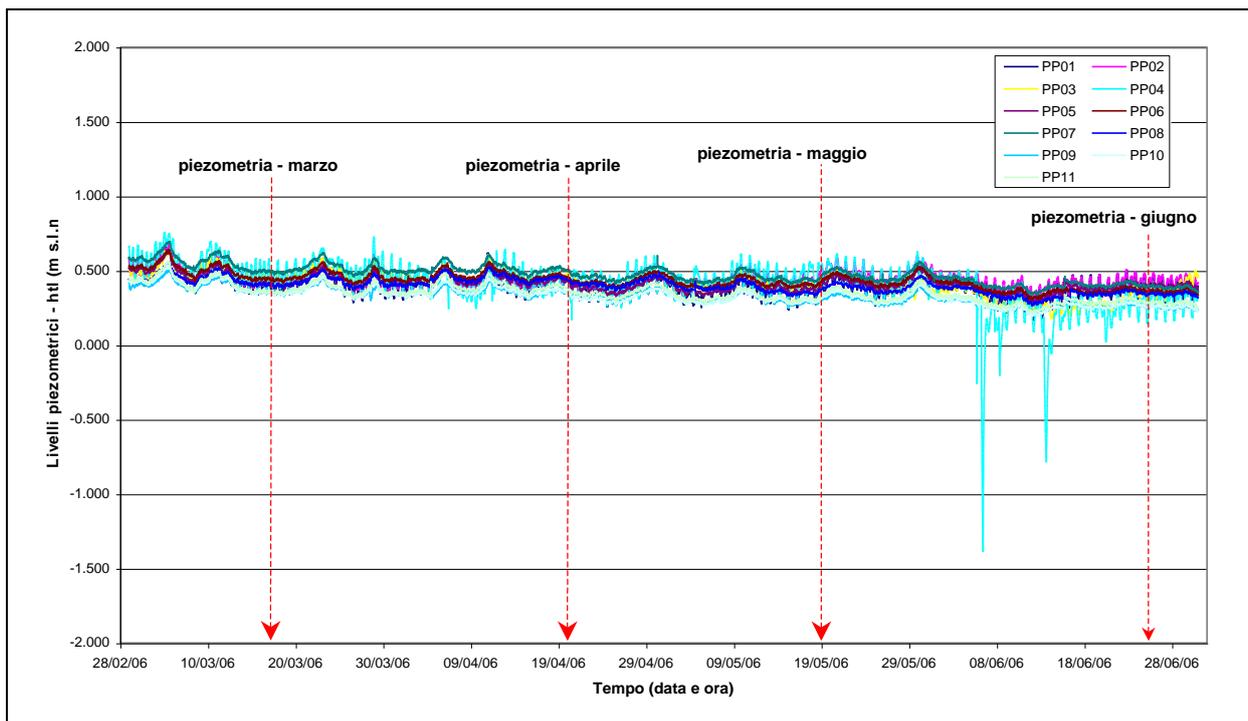


Fig. 4.34 - Date in corrispondenza delle quale sono state elaborate le piezometrie profonde.

4.5.1 *Piezometria superficiale*

La piezometria del Primo livello acquifero (Strato A) è stata desunta a partire dai valori di battente idrico misurati dai Levellogger posizionati in corrispondenza di piezometri superficiali. In Tab. 4.32 sono riportati i livelli piezometrici riferiti a 5 date diverse, durante i quattro mesi monitorati, di cui una appartenente alla Fase A. Nelle Figg.4.35 - 4.36 - 4.37 - 4.38 - 4.39 sono riportate le relative piezometrie, elaborate mediante il software Surfer.

Tab. 4.34- Livelli piezometrici h_{II} relativi al Primo livello acquifero (strato A), rilevati dai trasduttori nella Fase A e nelle quattro date di riferimento.

Piezometro	Levellogger	X	Y	z_t (m s.l.m.)	Fase A	mese marzo	mese aprile	mese maggio	mese giugno
					h_{II} (m s.l.m.)	h_{II} (m s.l.m.)	h_{II} (m s.l.m.)	h_{II} (m s.l.m.)	
PS01	L02	2318325.88	5035253.68	1.778	0.271	0.266	0.155	0.154	0.155
PS02	L04	2318303.30	5034900.48	1.713	n.d.	0.156	0.134	0.213	0.211
PS03	L06	2318377.62	5034552.61	1.545	0.331	0.255	0.158	0.209	0.133
PS04	L08	2318449.34	5034373.27	1.453	0.147	0.254	0.159	0.182	0.077
PS05	L10	2318582.01	5034989.80	1.816	0.799	0.775	0.664	0.710	0.301
PS06	L12	2318658.27	5034750.84	1.688	0.843	0.825	0.672	0.720	0.333
PS07	L14	2318785.95	5034898.62	1.403	0.654	0.674	0.544	0.548	0.145
PS08	L16	2318799.69	5034032.43	0.663	0.345	0.356	0.305	0.311	0.090
PS09	L18	2318764.67	5035448.00	2.259	0.638	0.681	0.548	0.600	0.137
PS10	L20	2318792.99	5035043.94	2.023	0.634	0.611	0.524	0.533	0.153
PS11	L22	2318787.28	5034652.23	1.169	0.673	0.685	0.509	0.526	0.187

Come già osservato nel corso dei mesi precedenti ("I Rapporto di Valutazione", marzo 2006), le superfici piezometriche (Figg.4.35 - 4.36 - 4.37 - 4.38 - 4.39) sono caratterizzate da un valore più

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

elevato in corrispondenza del piezometro PS06. Non sono state registrate, nel corso dei mesi di monitoraggio, condizioni difformi da quanto osservato nella Fase A. Il gradiente piezometrico medio calcolato relativo a ciascuna elaborazione è riportato in Tab.4.35 e mediamente sull'intero quadrimestre è possibile valutare un gradiente pari a 0.16%.

Tab.4.35- Gradienti idraulici medi caratterizzanti le superfici piezometriche

Data piezometria	Gradiente idraulico medio
Fase A: 12 novembre 2005 - h14.00	0.14%
mese marzo: 17 marzo 2006 - h.14:00	0.20%
mese aprile: 20 aprile 2006 - h.15:00	0.16 %
mese maggio: 19 maggio 2006 - h.14:00	0.14%
mese giugno: 24 giugno 2006 - h.13:00	0.14%

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

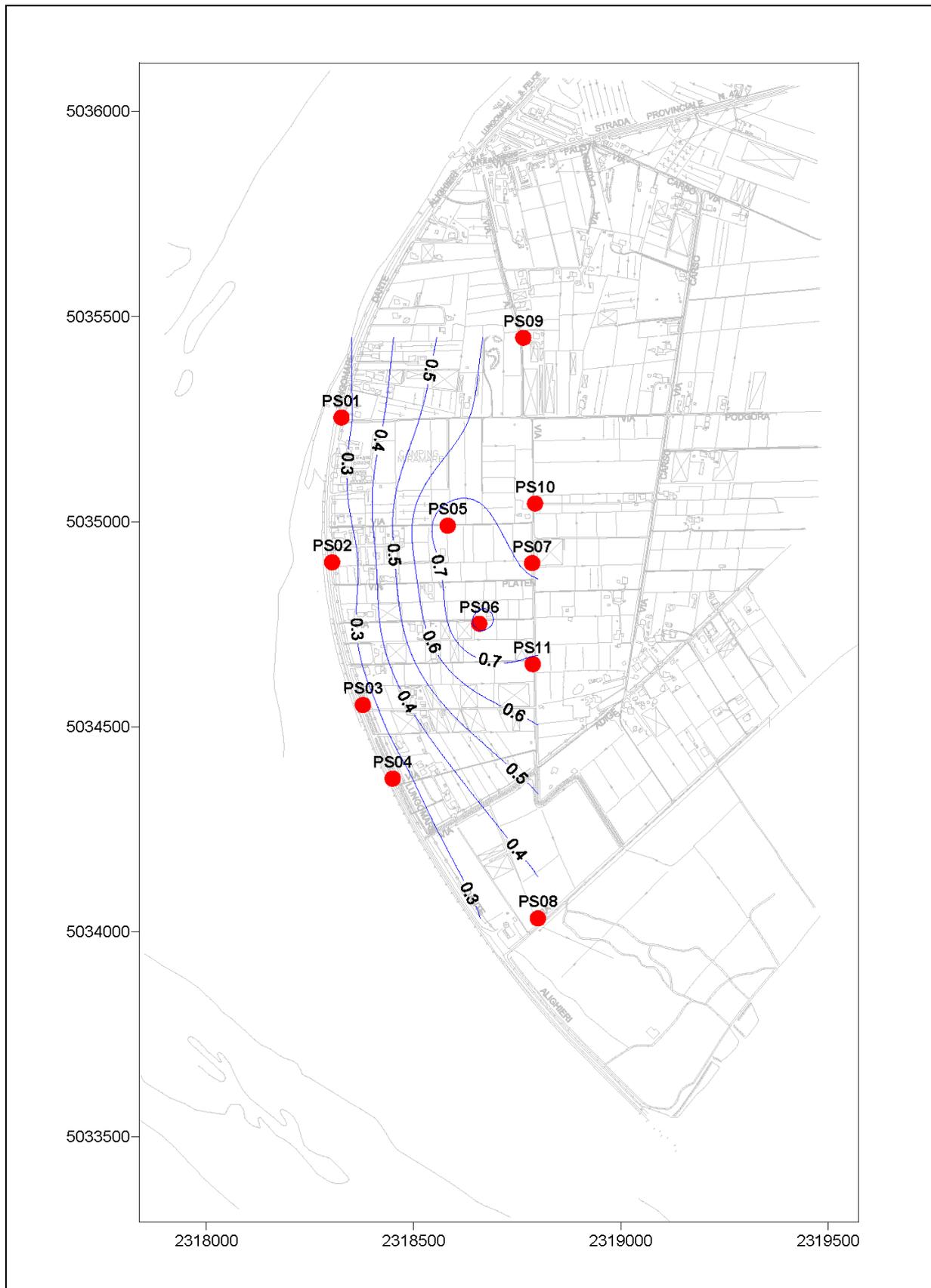


Fig.4.36 - Piezometria superficiale (h_{hl} - m s.l.m.), 17 marzo 2006 - h.14:00 (mese di marzo 2006).

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

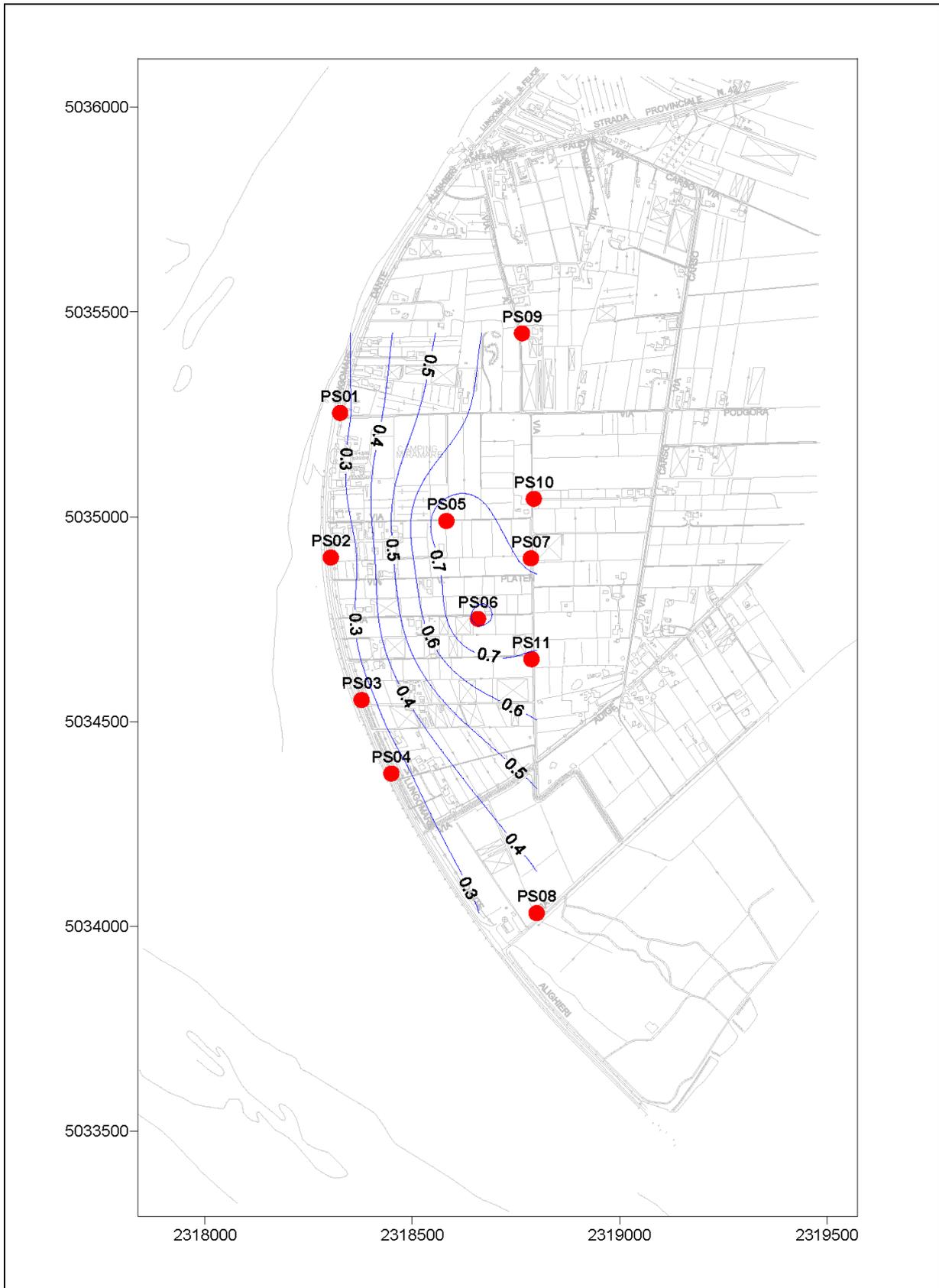


Fig.4.37 - Piezometria superficiale (h_d - m s.l.m.), 20 aprile 2006 - h.15:00 (mese di aprile 2006).

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

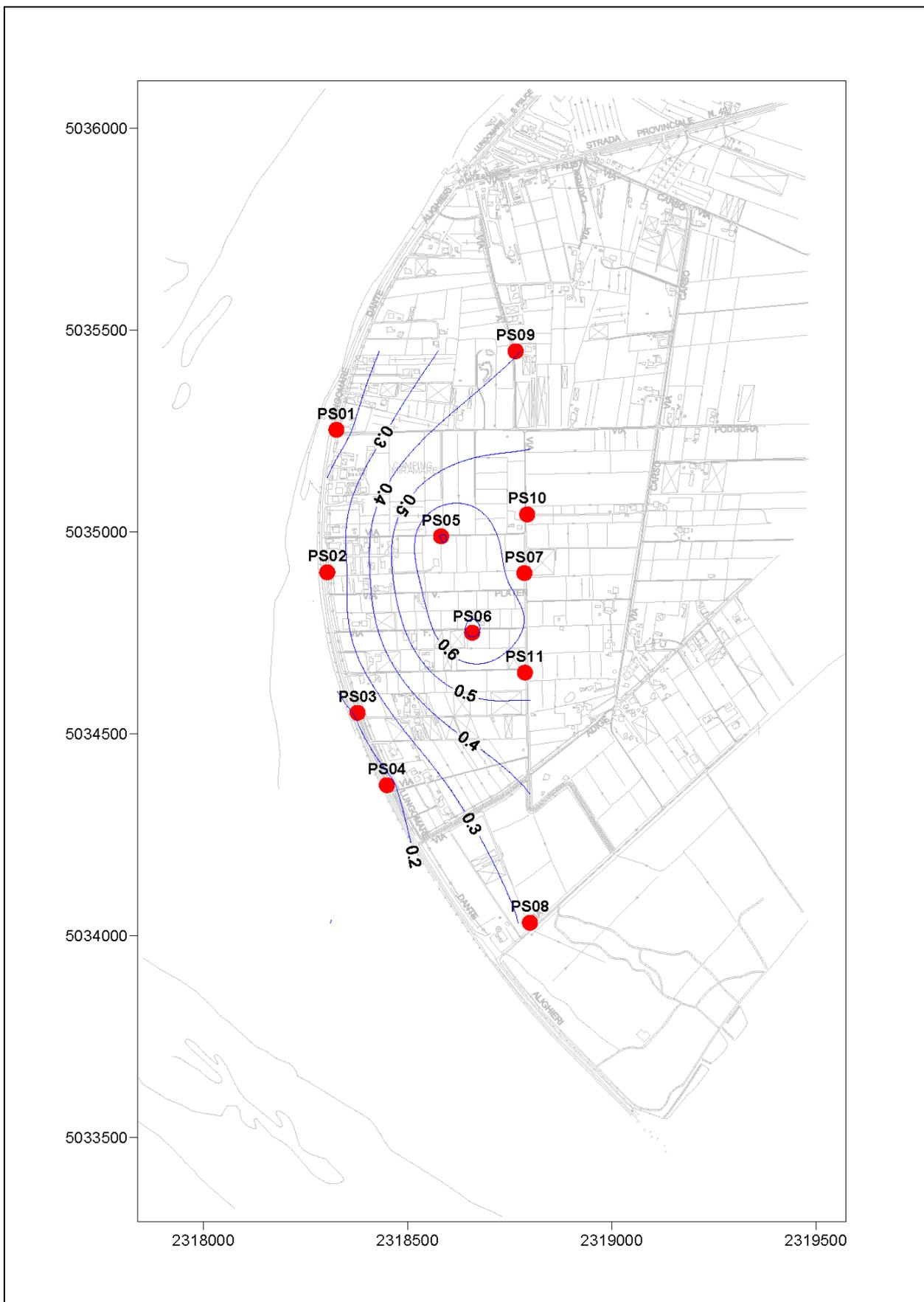


Fig.4.38 - Piezometria superficiale (h_{dl} - m s.l.m.), 19 maggio 2006 - h.14:00 (mese di maggio 2006).

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

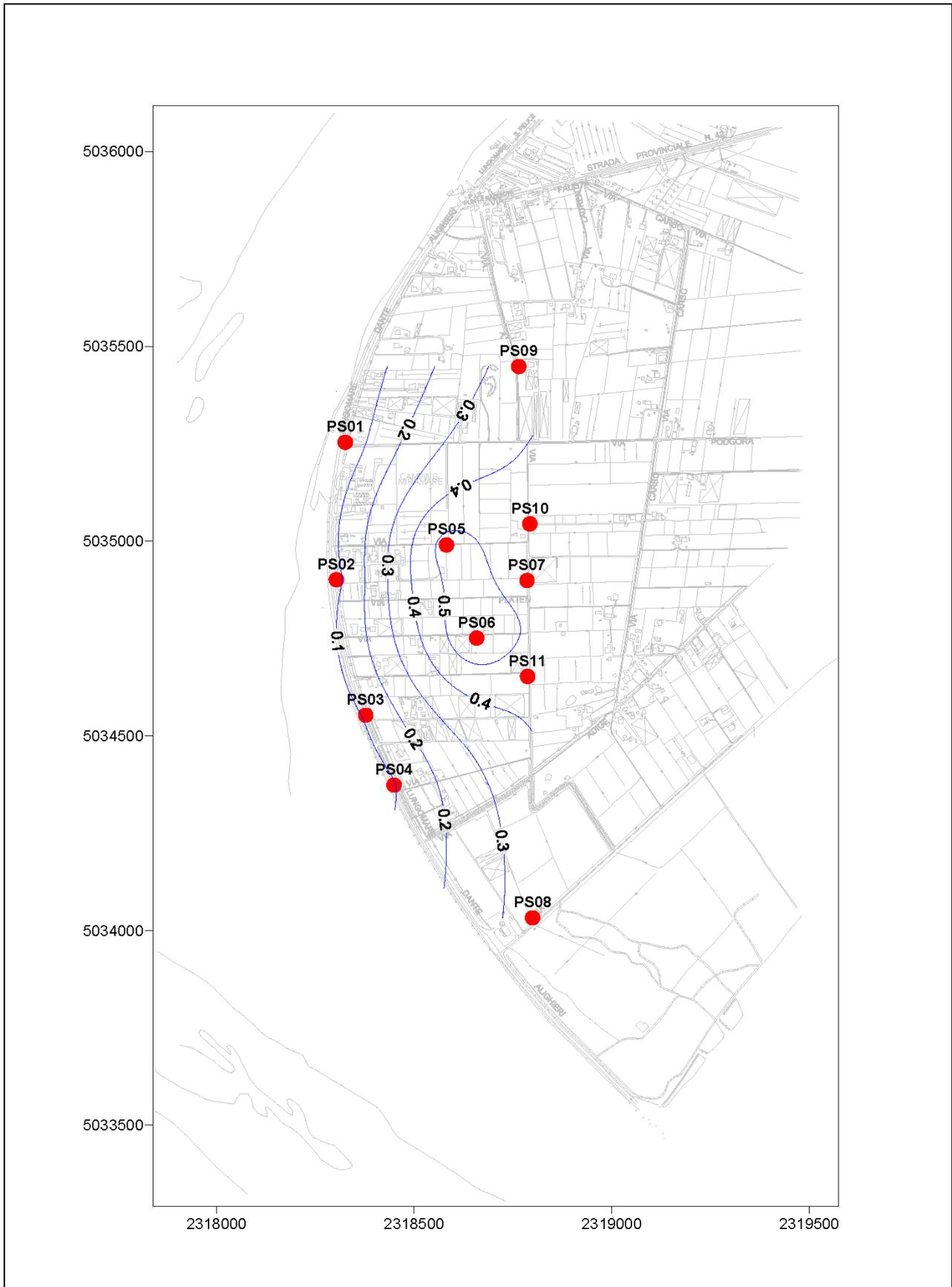


Fig.4.39- Piezometria superficiale (h_t - m s.l.m.), 24 giugno 2006 - h.13:00 (mese di giugno 2006).

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

4.5.2 *Piezometria profonda*

La piezometria del Secondo livello acquifero (Strato C) è stata desunta a partire dai valori di battente idrico misurati dai Levellogger posizionati in corrispondenza di piezometri profondi.

In Tab. 4.36 sono riportati i livelli piezometrici riferiti a 5 date diverse, durante i quattro mesi monitorati, di cui una appartenente alla Fase A. Nelle Figg.4.40 - 4.41 - 4.42 - 4.43 - 4.44 sono riportate le relative piezometrie, elaborate mediante il software Surfer.

Tab. 4.36- Livelli piezometrici h_{el} relativi al Secondo livello acquifero (Strato C), rilevati dai trasduttori nella Fase A e nelle quattro date di riferimento.

Piezometro	Levellogger	X	Y	z_t (m s.l.m.)	Fase A	mese marzo	mese aprile	mese maggio	mese giugno
					h_{el} (m s.l.m.)	h_{el} (m s.l.m.)	h_{el} (m s.l.m.)	h_{el} (m s.l. m.)	
PP01	L01	2318325.44	5035252.10	1.781	0.337	0.364	0.373	0.433	0.412
PP02	L03	2318303.40	5034898.36	1.706	0.298	0.387	0.395	0.514	0.442
PP03	L05	2318378.37	5034550.49	1.492	0.353	0.427	0.414	0.437	0.358
PP04	L07	2318448.54	5034374.67	1.515	0.394	0.428	0.442	0.514	0.289
PP05	L09	2318579.81	5034989.68	1.730	0.469	0.391	0.384	0.414	0.390
PP06	L11	2318658.29	5034748.80	1.652	0.375	0.429	0.428	0.455	0.372
PP07	L13	2318786.12	5034900.50	1.323	0.401	0.481	0.467	0.484	0.401
PP08	L15	2318800.26	5034031.14	0.675	0.260	0.394	0.414	0.382	0.345
PP09	L17	2318765.07	5035445.93	2.274	0.339	0.324	0.318	0.313	0.266
PP10	L19	2318793.08	5035045.83	2.098	0.302	0.333	0.317	0.322	0.263
PP11	L21	2318787.40	5034654.31	1.087	0.288	0.337	0.350	0.359	0.300

Le superfici piezometriche (Figg.4.40 - 4.41 - 4.42 - 4.43 - 4.44) sono caratterizzate da valori di carico leggermente più elevati in corrispondenza dei piezometri PP05, PP06 e PP07. Il gradiente piezometrico medio risulta essere estremamente basso come riportato in Tab. 4.37 e mediamente sull'intero quadrimestre è possibile valutare un gradiente pari a 0.05%.

Tab.4.37 - Gradienti idraulici medi caratterizzanti le superfici piezometriche profonde.

Data piezometria	Gradiente idraulico medio
Fase A: 12 novembre 2005 - h.14.00	0.02%
mese marzo: 17 marzo 2006 - h.14:00	0.07%
mese aprile: 20 aprile 2006 - h.15:00	0.09%
mese maggio: 19 maggio 2006 - h.14:00	0.03%
mese giugno: 24 giugno 2006 - h.13:00	0.03%

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

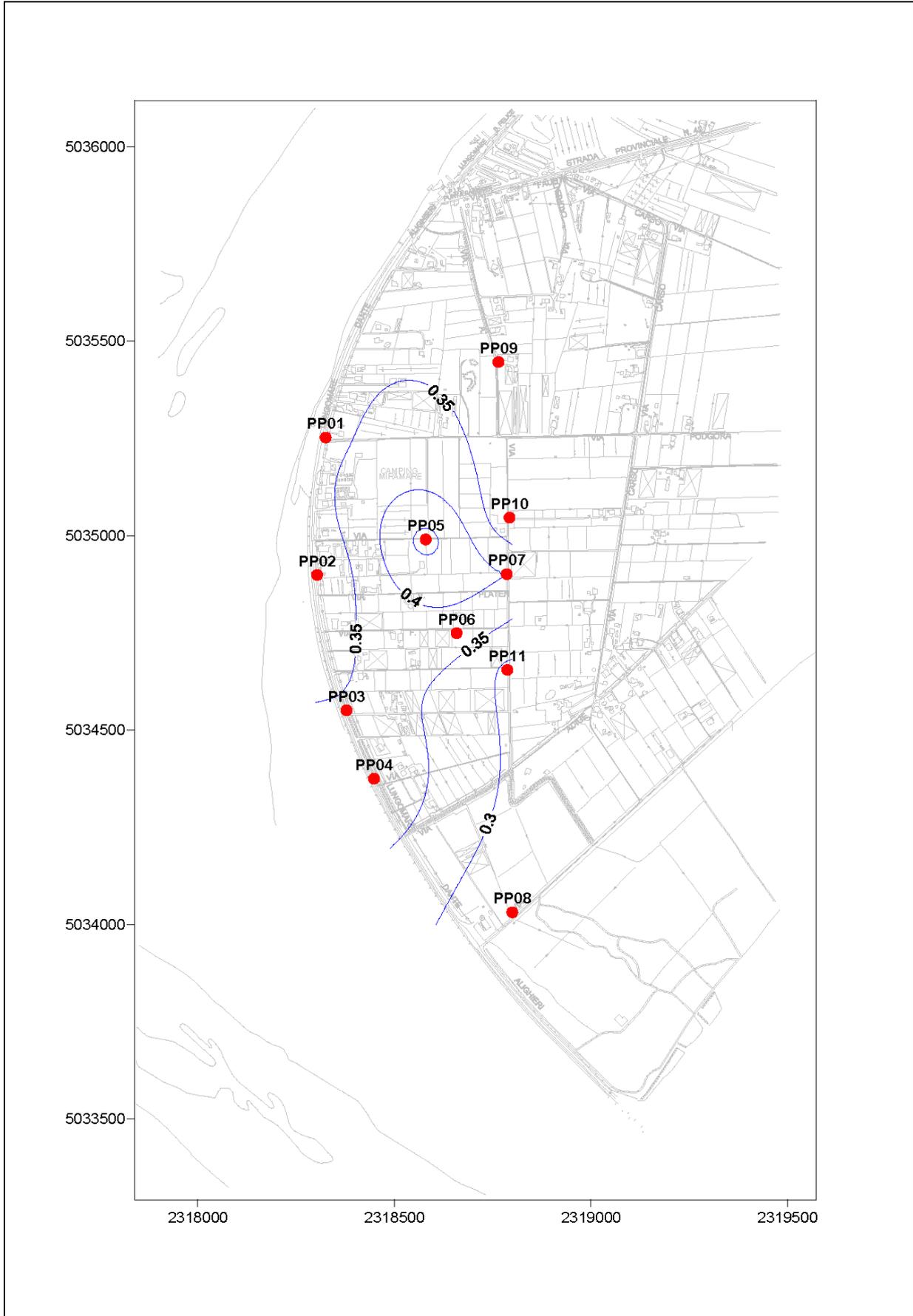


Fig.4.40 - Piezometria profonda (h_f - m s.l.m.), 12 novembre 2005 - h.14.00 (FaseA).

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

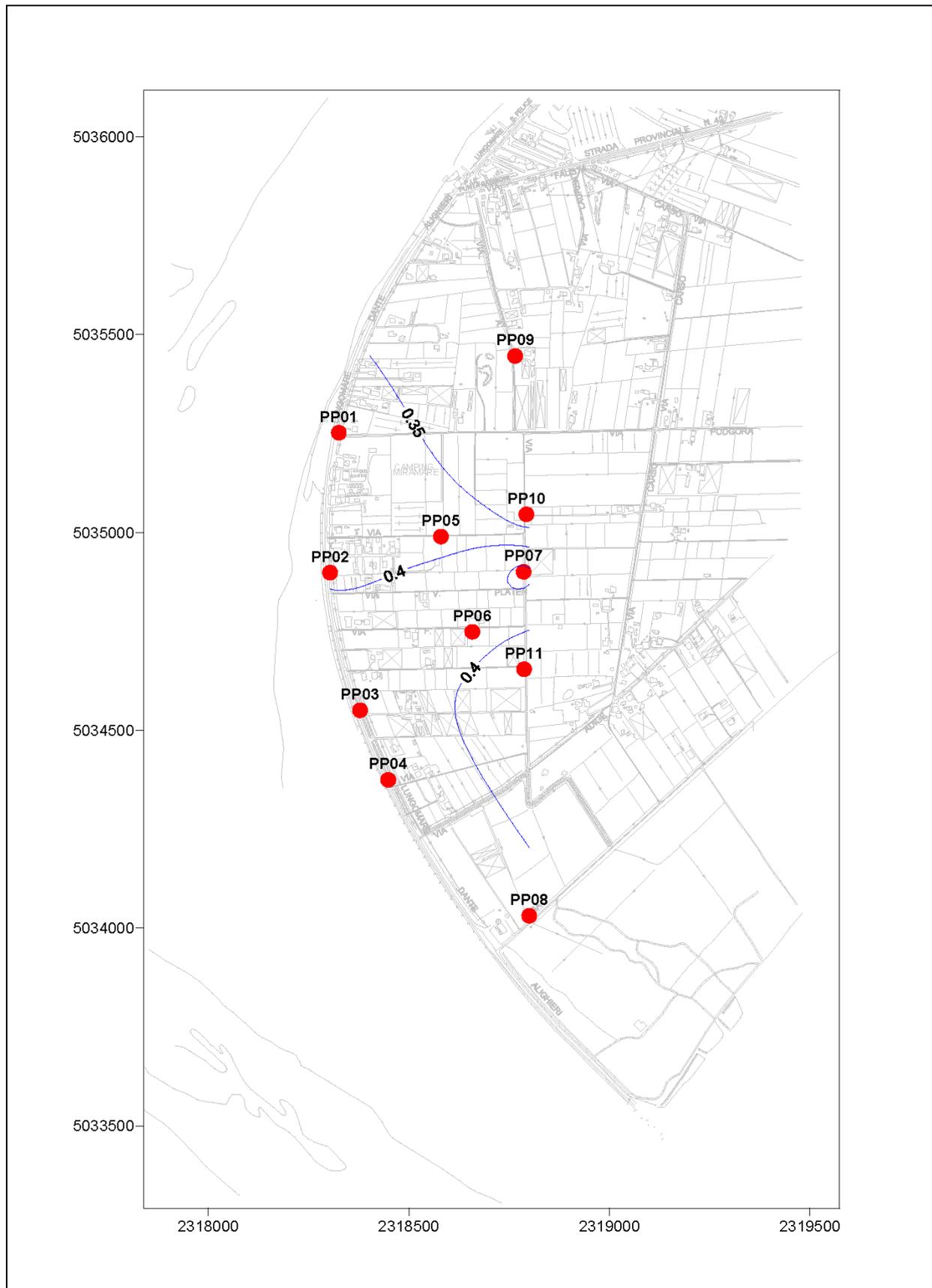


Fig.4.42 - Piezometria profonda (h_{pl} - m s.l.m.), 20 aprile 2006 - h.15:00 (mese di aprile 2006).

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

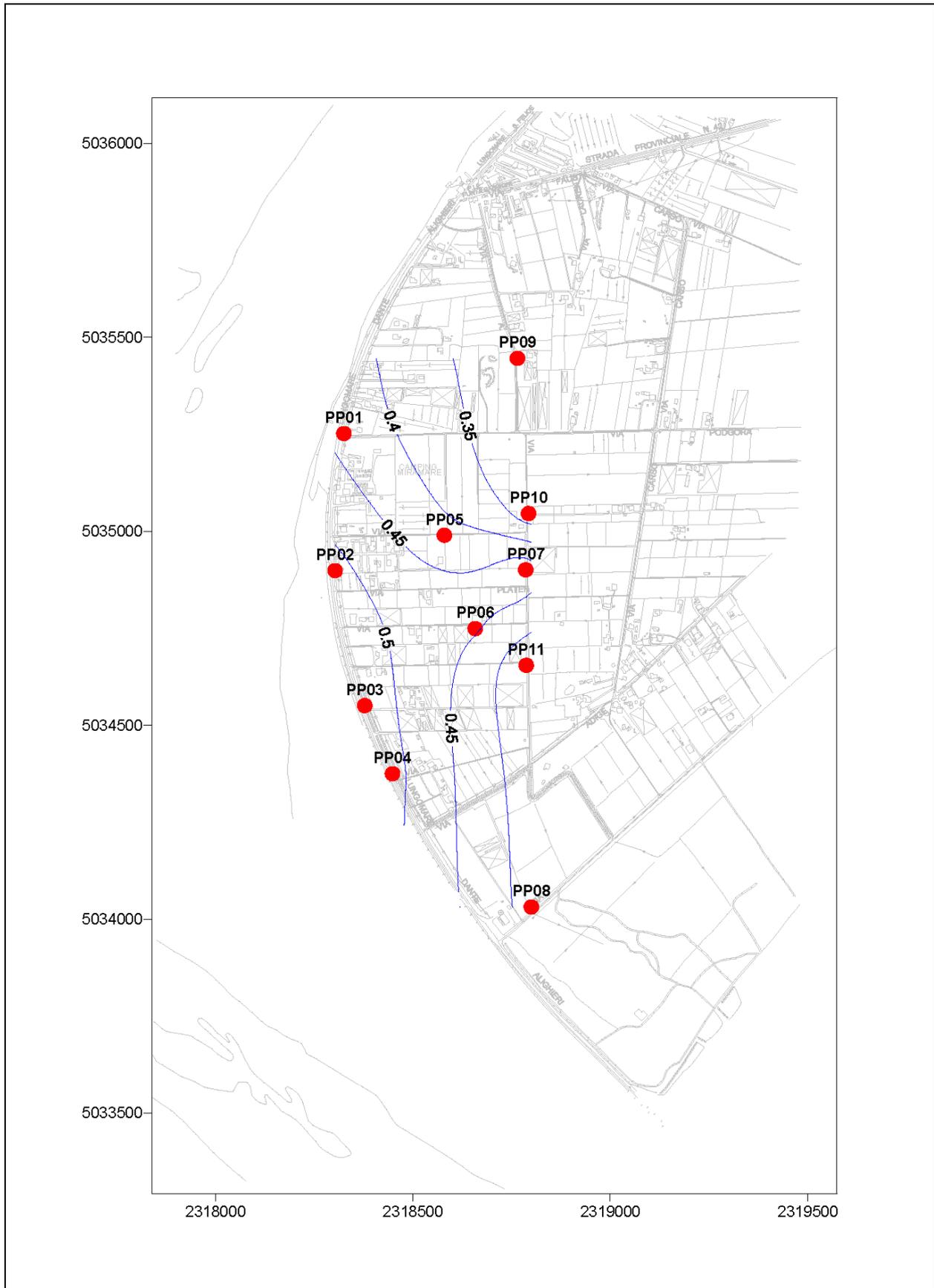


Fig.4.43 - Piezometria profonda (h_{PI} - m s.l.m.), 19 maggio 2006 - h.14:00 (mese di maggio 2006).

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

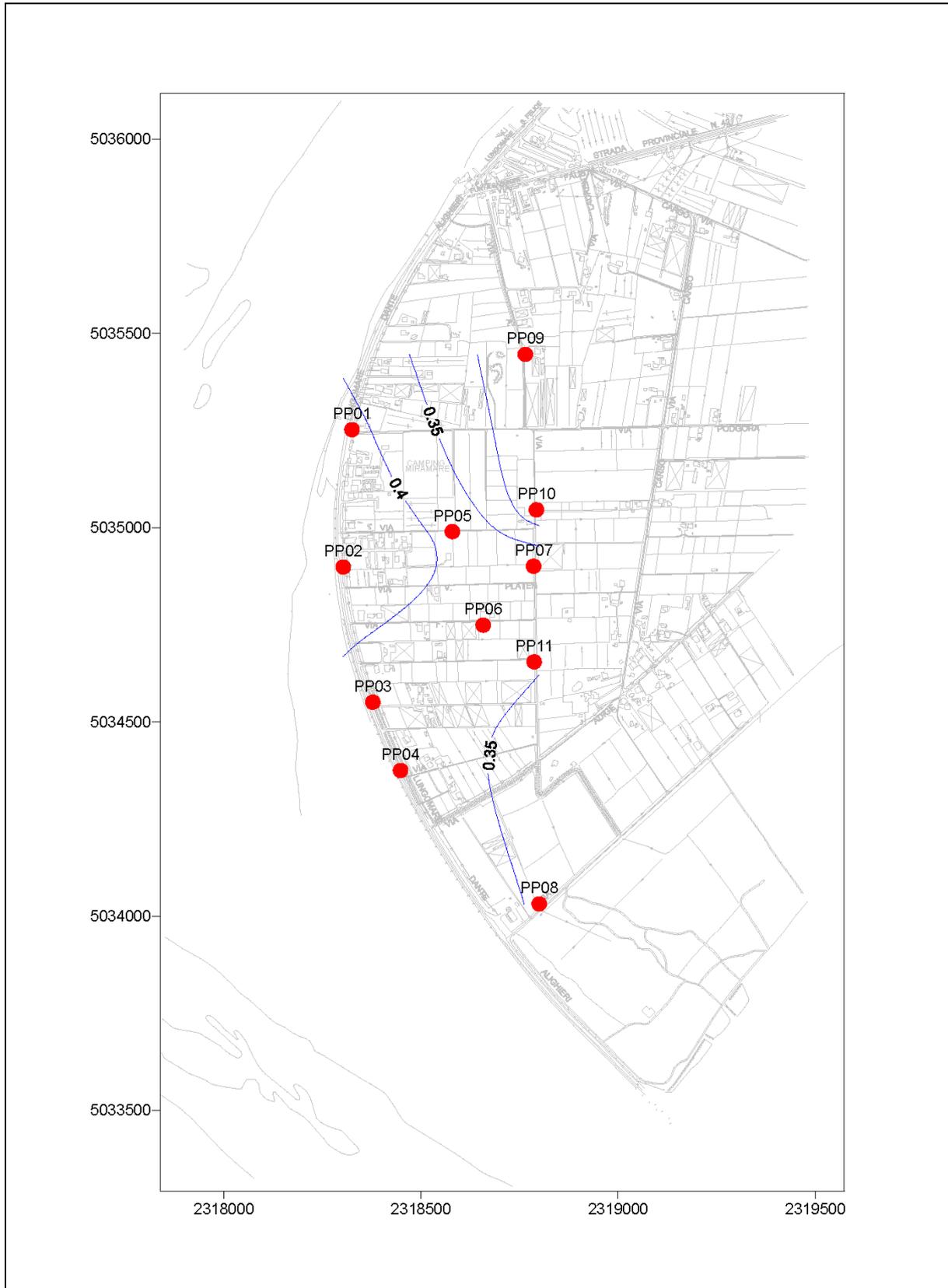


Fig.4.44 - Piezometria profonda (h_{II} - m s.l.m.), 24 giugno 2006 - h.13:00 (mese di giugno 2006).

5. VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE

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 nei due livelli acquiferi, e sono definite dalle seguenti relazioni (vedasi Tab.5.1):

- 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: $h_{ul} < h_M - 1$ (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: $\bar{h}_{ul,24} < \bar{h}_{M,24} - 1$ (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: $h_{ul} > z_t$ (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: $\bar{h}_{ul,24} > z_t$ (m s.l.m.).

Tab. 5.1 - 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 quadrimestre di monitoraggio sono state verificate le soglie indicate in Tab.5.1. Le soglie di Alto Livello Medio e Istantaneo e Basso Livello Medio sono state rispettate nell'intero periodo monitorato, mentre per quanto riguarda le soglie di Basso Livello Istantaneo non sono state rispettate in due situazioni:

- in data 28 marzo 2006 alle ore 8.00 e 9.00. Il superamento di tale soglia si è osservato in corrispondenza dei piezometri superficiali (Tab.5.2), con l'eccezione dei piezometri PS05 e PS06 e di tutti i piezometri profondi (Tab.5.3). Il superamento della soglia è imputabile ad una repentina variazione del livello marino causata da fattori naturali o da operazioni di manutenzione della strumentazione mareografica. Si esclude che l'anomalia riscontrata sia imputabile alle operazioni di cantiere e, pertanto, non risulta necessario intraprendere alcuna azione correttiva;

Tab. 5.2 - Superamento della Soglia di Basso Livello Istantaneo in corrispondenza dei piezometri superficiali.

Data e ora	Livello del mare	BLI	PS01	PS02	PS03	PS04	PS05	PS06	PS07	PS08	PS09	PS10	PS11
	h_M (m s.l.m.)	$h_M - 1$ (m s.l.m.)	h_{il} (m s.l.m.)										
28/03/06 8:00	1.77	0.77	0.315	0.318	0.295	0.300	0.844	0.882	0.760	0.402	0.751	0.659	0.753
28/03/06 9:00	1.77	0.77	0.364	0.410	0.374	0.308	0.844	0.880	0.753	0.397	0.743	0.659	0.753

Tab. 5.3 - Superamento della Soglia di Basso Livello Istantaneo in corrispondenza dei piezometri profondi.

Data e ora	Livello del mare	BLI	PP01	PP02	PP03	PP04	PP05	PP06	PP07	PP08	PP09	PP10	PP11
	h_M (m s.l.m.)	$h_M - 1$ (m s.l.m.)	h_{il} (m s.l.m.)										
28/03/06 8:00	1.77	0.77	0.461	0.476	0.479	0.521	0.438	0.476	0.527	0.433	0.368	0.378	0.390
28/03/06 9:00	1.77	0.77	0.476	0.500	0.479	0.561	0.444	0.473	0.538	0.443	0.368	0.369	0.392

- in data 13 giugno 2006, dalle ore 9:00 fino alle ore 11:10, limitatamente al piezometro profondo PP04. Si ipotizza che il mancato rispetto della soglia di Basso Livello Istantaneo sia imputabile a cause antropiche di cantiere, dal momento che l'anomalia riscontrata si è verificata in concomitanza delle attività di spurgo condotte su alcuni dei pozzi interni alla tura. Come attività correttiva si suggerisce di condurre in corrispondenza dei pozzi, al termine delle attività di cinturazione e prima dell'aggottamento della tura, prove di pompaggio a portata costante valutando l'eventuale interferenza con i piezometri di monitoraggio di area vasta.

6. CONCLUSIONI

Nell'ambito del II Rapporto di Valutazione, relativo al quadrimestre compreso tra il 1 marzo 2006 ed il 30 giugno 2006, sono state analizzate le serie temporali relative ai livelli piezometrici all'interno del Primo e Secondo livello acquifero individuati dal Disciplinare Tecnico.

È stato possibile valutare le influenze delle forzanti naturali (precipitazioni ed oscillazioni mareali) ed antropiche agenti sul sistema dinamico.

Il quadrimestre è stato caratterizzato da eventi pluviometrici di intensità variabile; lo studio si è concentrato su quelli di intensità superiore a 5 mm. È stata analizzata, dal punto di vista statistico l'influenza delle precipitazioni in corrispondenza dei piezometri superficiali e profondi. I piezometri superficiali ubicati nella porzione interna dell'Area di Monitoraggio (PS05, PS06, PS07, PS08, PS09, PS10 e PS11) sono quelli che risentono maggiormente delle precipitazioni meteoriche e la risposta all'evento meteorico risulta simile per tutti i piezometri. In particolare, come già evidenziato nel corso dello studio dei mesi precedenti, è accentuata in corrispondenza dei piezometri PS06 e PS07, mentre è il PS09 che mostra una risposta meno marcata. Analogamente a quanto già riscontrato durante il primo quadrimestre di monitoraggio, è possibile osservare che l'effetto delle precipitazioni sul secondo livello acquifero risulta essere meno marcato rispetto a quanto osservato in corrispondenza di quello soprastante. Inoltre, in occasione di ogni evento meteorologico, il piezometro presso il quale si riscontrano le maggiori variazioni di livello piezometrico è il PP05.

Gli effetti prodotti dalle evoluzioni mareali si risentono maggiormente in corrispondenza dei piezometri superficiali (PS01, PS02, PS03 e PS04) e profondi (PP01, PP02, PP03 e PP04) ubicati in prossimità della bocca di porto (Lungomare Dante Alighieri) e quindi sul mare. I piezometri superficiali PS01, PS02, PS03 e PS04 e profondi PP01, PP02, PP03 e PP04 sono caratterizzati da livelli piezometrici medi in progressivo abbassamento e tale comportamento risulta particolarmente evidente nel corso del mese di giugno. Questa graduale diminuzione può essere imputabile a cause naturali, ovvero alla scarse precipitazioni ed all'elevata evapotraspirazione.

Nel corso del periodo monitorato sono stati riscontrati in corrispondenza della postazione P4 andamenti anomali sul trend dei livelli piezometrici del piezometro PS04 ed in misura maggiore sul piezometro PP04. In entrambi i casi il tracciato di misura subisce una repentina diminuzione di livello in corrispondenza dei giorni 5, 6, 8 e 13 giugno, per il piezometro PP04 e nel giorno 6 giugno per il piezometro PS04. Le anomalie si verificano in concomitanza delle operazioni di spurgo effettuate su alcuni dei 10 pozzi terebrati e che costituiscono il futuro sistema di aggotamento della tura. Nel mese di giugno, infatti, ciascuno dei pozzi (caratterizzato da una profondità di 25 m rispetto al livello medio mare), è stato sottoposto a spurgo protratto per circa 3-4 ore tramite emungimento d'acqua con portate variabili, fino all'ottenimento di acqua chiara.

Per quanto riguarda le oscillazioni piezometriche, è possibile osservare come in corrispondenza del piezometro PS04 il rapporto tra l'ampiezza di oscillazione del livello nel piezometro e quella marina si assesti su valori bassi, se confrontati con quelle degli altri piezometri, e dell'ordine del 13-14%. Tale condizione è probabilmente imputabile alla presenza del terrapieno ubicato a sud del porto rifugio.

Sono state inoltre realizzate quattro ricostruzioni piezometriche relative ai due livelli acquiferi. Le superfici piezometriche relative al Primo livello acquifero hanno confermato quanto già osservato nel corso dei mesi precedenti e della Fase A: il piezometro PS06 è caratterizzato da carichi idraulici superiori, la direzione di deflusso si irradia da questo punto verso la zona circostante. Il gradiente piezometrico è compreso nel range 0.14%-0.20%. Le ricostruzioni piezometriche relative al Secondo livello acquifero sono caratterizzate da una gradiente idraulico estremamente modesto e

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

compreso tra 0.03%-0.09%.

Nel corso del quadrimestre monitorato le soglie di Alto Livello Medio e Istantaneo e Basso Livello Medio sono state rispettate nell'intero periodo. Per quanto riguarda le soglie di Basso Livello Istantaneo non sono state rispettate in due situazioni:

- in data 28 marzo 2006, il superamento della soglia è imputabile ad una repentina variazione del livello marino causata da fattori naturali o da operazioni di manutenzione della strumentazione mareografica. Si esclude che l'anomalia riscontrata sia imputabile alle operazioni di cantiere e, pertanto, non risulta necessario intraprendere alcuna azione correttiva.
- in data 13 giugno 2006, in corrispondenza del piezometro profondo PP04. Si ipotizza che il mancato rispetto della soglia di Basso Livello Istantaneo sia imputabile a cause antropiche di cantiere, dal momento che l'anomalia riscontrata si è verificata in concomitanza delle attività di spurgo sui pozzi di dewatering terebrati.

Nel corso del quadrimestre oggetto del monitoraggio le forzanti antropiche di cantiere hanno determinato modificazioni significative dei livelli piezometrici solamente in un'occasione. In corrispondenza del piezometro profondo PP04, ubicato in prossimità del Lungomare, si è verificata un'anomalia nel giorno 6 giugno 2006 che si è protratta per circa 7 ore: è stata osservata una diminuzione repentina del livello piezometrico di 0.165 m, che ha causato il mancato rispetto della soglia di basso livello istantaneo. I dati anomali sono contemporanei ad alcune operazioni di spurgo condotte in corrispondenza di uno dei pozzi di emungimento interni all'area di cantiere (pozzo n. 106), perciò l'anomalia riscontrata è da imputarsi a tale attività. È stato suggerito di condurre in corrispondenza dei pozzi, al termine delle attività di cinturazione e prima dell'aggottamento della tura, prove di pompaggio a portata costante per valutare l'eventuale interferenza con i piezometri di monitoraggio di area vasta.