



Consorzio per la Gestione del Centro
di Coordinamento delle Attività di Ricerca
inerenti il Sistema Lagunare di Venezia

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/4**

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

Contratto prot.n. 18121 si/gce/fbe

Documento **MACROATTIVITÀ: LIVELLI DI FALDA
II RAPPORTO DI VALUTAZIONE
PERIODO DI RIFERIMENTO: DA SETTEMBRE A
DICEMBRE 2008**

Versione **1.0**

Emissione **15 Gennaio 2009**

Redazione

Ing. Alessandro Casasso
(POLITECNICO TORINO)

Verifica

Ing. Rajandrea Sethi
(POLITECNICO TORINO)

Verifica

Prof. Ing. Antonio Di
Molfetta

Approvazione

Ing. Pierpaolo
Campostrini

Indice

PARTE PRIMA: MONITORAGGIO CANTIERE DI PUNTA SABBIONI.....	4
1. INTRODUZIONE	5
1.1 Realizzazione dei nuovi piezometri (PP12, 13, 14).....	6
1.2 Coordinate planoaltimetriche dei piezometri.....	6
2. ANALISI DEI DATI	10
2.1 Misura del carico idraulico mediante trasduttori di livello	11
2.2 Descrizione delle forzanti naturali.....	11
2.2.1 <i>Precipitazioni</i>	11
2.2.2 <i>Livello del mare</i>	14
2.2.3 <i>Pressione atmosferica - h_b</i>	16
2.3 Piezometri superficiali – primo livello acquifero (Strato A)	18
2.3.1 <i>Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{tl}</i>	18
2.3.2 <i>Effetti delle precipitazioni</i>	20
2.3.3 <i>Effetti delle oscillazioni mareali</i>	22
2.4 Piezometri profondi – secondo livello acquifero (Strato C).....	24
2.4.1 <i>Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{tl}</i>	24
2.4.2 <i>Effetti mareali</i>	26
2.4.3 <i>Effetti barometrici</i>	28
2.4.4 <i>Effetti antropici</i>	30
3. CONTROLLO DELLA STRUMENTAZIONE	32
4. ANALISI DELLA DENSITÀ DELL'ACQUA DI FALDA	33
4.1 Il calcolo della densità dell'acqua	33
4.1.1 <i>Profili verticali di densità</i>	33
5. STUDIO PIEZOMETRICO	42
5.1.1 <i>Piezometria superficiale</i>	44
5.1.2 <i>Piezometria profonda</i>	50
6. VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE	56
7. CONCLUSIONI	66
PARTE SECONDA: MONITORAGGIO CANTIERE DI CA' ROMAN.....	67
8. INTRODUZIONE	68
9. ANALISI DEI DATI	69
9.1 Misura del carico idraulico mediante trasduttori di livello	70
9.2 Descrizione delle forzanti naturali.....	70
9.2.1 <i>Precipitazioni</i>	70

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

9.2.2	<i>Livello del mare</i>	72
9.2.3	<i>Pressione atmosferica - h_b</i>	74
9.3	Piezometro superficiale – primo livello acquifero (Strato A)	76
9.3.1	<i>Livelli piezometrici (carichi idraulici) – h_H (Fase A)</i>	76
9.3.2	<i>Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{tl}</i>	76
9.3.3	<i>Effetti mareali, delle precipitazioni e antropici</i>	79
9.4	Piezometro profondo – secondo livello acquifero (Strato C)	81
9.4.1	<i>Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_H (Fase A)</i>	81
9.4.2	<i>Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_H</i>	81
9.4.3	<i>Effetti mareali e antropici</i>	84
10.	CONTROLLO DELLA STRUMENTAZIONE	86
11.	ANALISI DELLA DENSITÀ DELL'ACQUA DI FALDA	87
11.1	Il calcolo della densità dell'acqua	87
11.1.1	<i>Profili verticali di densità</i>	87
12.	VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE	92
13.	CONCLUSIONI	97
	ALLEGATI	98

**PARTE PRIMA:
MONITORAGGIO CANTIERE
DI PUNTA SABBIONI**

1. INTRODUZIONE

La prima parte di questo documento descrive l'analisi dei dati derivanti dal quadrimestre di monitoraggio comprendente il periodo 1 settembre 2008 - 31 dicembre 2008, relativi all'osservazione degli effetti delle attività del cantiere alla Bocca di Lido-Treporti sui due livelli acquiferi, come previsto dal Disciplinare Tecnico (Studio B.6.72 B/4 "Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova, 2008) ed illustrato nel "Rapporto di Pianificazione Operativa" (Studio B 6.72 B/1).

Nel presente rapporto sono riportati i tracciati relativi ai livelli piezometrici in corrispondenza delle 11 postazioni doppie e 3 singole di monitoraggio nel periodo di osservazione. I dati sono messi in relazione alle forzanti naturali (precipitazioni, oscillazioni mareali e pressione atmosferica) che concorrono alla determinazione dei livelli piezometrici dei due acquiferi monitorati. I livelli piezometrici misurati nelle postazioni di monitoraggio sono stati confrontati con quelli registrati durante la Fase A, relativa agli andamenti dei livelli nella situazione *ante operam*. Inoltre, essi sono stati confrontati con le soglie di alto e basso livello, allo scopo di evidenziarne eventuali superamenti. Vengono infine presentati i risultati delle analisi di densità elaborati a partire dai profili di conduttanza specifica lungo la verticale di ogni piezometro.

1.1 Realizzazione dei nuovi piezometri (PP12, 13, 14)

In data 06/11/2008 è stato effettuato un sopralluogo nel quale sono state decise le posizioni delle tre nuove postazioni piezometriche (PP12, PP13 e PP14) per il monitoraggio del livello acquifero profondo in corrispondenza del cono di depressione originato dal sistema di dewatering della tura. Nei giorni 13, 14 e 17 novembre 2008 si è proceduto alla perforazione dei piezometri, alla costruzione dei pozzetti ed agli spurghi.

Le nuove postazioni piezometriche sono ubicate come riportato in Fig. 2.1 e di seguito descritto:

- PP12: via Novalis, a sud della strada, a 4 m dal ciglio, su un terreno privato incolto;
- PP13: via Novalis, a sud della strada, a 4 m dal ciglio, su un terreno privato coltivato a mais;
- PP14: via Brentano Clemente, a sud della strada, a 5 m dal ciglio, su un terreno demaniale destinato a colture orticole, in corrispondenza di un fossato.

In data 13/11/08 si è proceduto all'installazione della macchina perforatrice in corrispondenza della postazione PP12. A causa delle avverse condizioni meteorologiche, i lavori sono stati immediatamente interrotti. Nel giorno 14/11/08 è stata effettuata la perforazione dei piezometri PP12 e PP13. Nella postazione PP12 è stato completato il pozzetto scatolare in cemento armato con chiusino metallico. I lavori di costruzione delle postazioni di monitoraggio sono stati completati in data 17/11/08, con la perforazione del piezometro PP14 e la costruzione dei pozzetti nei piezometri PP13 e PP14. Gli spurghi effettuati nei tre piezometri con una pompa Grundfoss hanno avuto esito soddisfacente: le quote di fondo foro soddisfano le specifiche costruttive (25 m da p.c.), come confermato anche nel corso dei rilievi effettuati nei giorni 4-5-6 dicembre 2008.

1.2 Coordinate planoaltimetriche dei piezometri

In data 16/05/2008 è stato effettuato un nuovo rilievo plano-altimetrico in corrispondenza della rete di monitoraggio.

Il rilievo CORILA 2008 (Tab.1.2) è stato eseguito in modalità GPS RTK utilizzando due ricevitori GPS doppia frequenza. Per le quote geoidiche il riferimento utilizzato è il caposaldo CDV4_9RIP della rete IRMA-ISES.

In Tab.1.1 sono riportate le coordinate geografiche e le quote ricavate nel corso del rilievo topografico effettuato nel novembre 2005. Le coordinate planimetriche sono state calcolate con un rilievo GPS RTK utilizzando due ricevitori GPS doppia frequenza; le quote geoidiche sono state ricavate con una livellazione geometrica utilizzando il caposaldo CDV4_8RIP della rete IRMA-ISES come riferimento per le quote assolute. Nel corso del rilievo furono erroneamente scambiate le postazioni PS11 e PP11, come emerso da successivi confronti e osservazioni sul campo: nelle tabelle successive si riportano gli identificativi corretti delle due postazioni.

Il confronto tra i due rilievi (Tab.1.3) evidenzia una modificazione delle quote altimetriche dei piezometri. Se nella maggior parte dei casi tale differenza rientra nell'incertezza di misura, per le postazioni P3 e P4 è possibile, invece, notare un abbassamento della quota di riferimento dell'ordine della decina di centimetri. Nel dettaglio gli abbassamenti risultano essere: PS03=-0.086 m PS04=-0.109 m, PP03=-0.061 m PP04=-0.099 m.

Tali variazioni di quota sono probabilmente imputabili agli effetti di consolidamento derivanti dalle attività di pompaggio in corrispondenza del cantiere.

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

Tabella 1.1 - Coordinate del rilievo effettuato nel novembre 2005.

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est	N ED50 33N	E ED50 33N	N WGS84 33N	E WGS84 33N
PP01	1.781	5035252.10	2318325.44	5035423.85	298390.00	5035231.79	298321.30
PP02	1.706	5034898.36	2318303.40	5035070.12	298367.97	5034878.06	298299.27
PP03	1.492	5034550.49	2318378.37	5034722.26	298442.93	5034530.20	298374.23
PP04	1.515	5034374.67	2318448.54	5034546.44	298513.10	5034354.38	298444.40
PP05	1.730	5034989.68	2318579.81	5035161.43	298644.37	5034969.37	298575.67
PP06	1.652	5034748.80	2318658.29	5034920.56	298722.85	5034728.50	298654.15
PP07	1.323	5034900.50	2318786.12	5035072.25	298850.68	5034880.19	298781.97
PP08	0.675	5034031.14	2318800.26	5034202.91	298864.81	5034010.85	298796.11
PP09	2.274	5035445.93	2318765.07	5035617.67	298829.64	5035425.62	298760.93
PP10	2.098	5035045.83	2318793.08	5035217.58	298857.64	5035025.53	298788.93
PP11	1.169	5034652.23	2318787.28	5034823.99	298851.84	5034631.93	298783.14
PS01	1.778	5035253.68	2318325.88	5035425.43	298390.44	5035233.37	298321.74
PS02	1.713	5034900.48	2318303.30	5035072.24	298367.86	5034880.18	298299.17
PS03	1.545	5034552.61	2318377.62	5034724.38	298442.18	5034532.32	298373.48
PS04	1.453	5034373.27	2318449.34	5034545.04	298513.89	5034352.98	298445.20
PS05	1.816	5034989.80	2318582.01	5035161.55	298646.57	5034969.49	298577.87
PS06	1.688	5034750.84	2318658.27	5034922.60	298722.83	5034730.54	298654.13
PS07	1.403	5034898.62	2318785.95	5035070.37	298850.51	5034878.32	298781.81
PS08	0.663	5034032.43	2318799.69	5034204.20	298864.24	5034012.15	298795.55
PS09	2.259	5035448.00	2318764.67	5035619.73	298829.24	5035427.68	298760.53
PS10	2.023	5035043.94	2318792.99	5035215.69	298857.55	5035023.63	298788.85
PS11	1.087	5034654.31	2318787.40	5034826.06	298851.96	5034634.01	298783.26

Tabella 1.2 - Coordinate del rilievo effettuato nel maggio 2008.

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est	N ED50 33N	E ED50 33N	N WGS84 33N	E WGS84 33N
PP01	1.801	5035252.070	2318325.445	5035423.823	298390.016	5035231.761	298321.317
PP02	1.681	5034898.311	2318303.382	5035070.070	298367.949	5034878.010	298299.250
PP03	1.431	5034550.420	2318378.272	5034722.184	298442.833	5034530.125	298374.135
PP04	1.416	5034374.633	2318448.449	5034546.398	298513.007	5034354.341	298444.309
PP05	1.718	5034989.651	2318579.820	5035161.405	298644.384	5034969.345	298575.684
PP06	1.636	5034748.793	2318658.266	5034920.550	298722.825	5034728.491	298654.125
PP07	1.318	5034900.483	2318786.109	5035072.236	298850.668	5034880.176	298781.967
PP08	0.747	5034031.124	2318800.248	5034202.889	298864.796	5034010.834	298796.097
PP09	2.255	5035445.892	2318765.040	5035617.637	298829.606	5035425.574	298760.905
PP10	2.086	5035045.822	2318793.077	5035217.572	298857.638	5035025.512	298788.937
PP11	1.149	5034652.198	2318787.249	5034823.954	298851.804	5034631.896	298783.104
PS01	1.790	5035253.639	2318325.868	5035425.392	298390.439	5035233.330	298321.741
PS02	1.687	5034900.438	2318303.306	5035072.197	298367.872	5034880.136	298299.174
PS03	1.459	5034552.536	2318377.523	5034724.299	298442.084	5034532.241	298373.386
PS04	1.344	5034373.231	2318449.250	5034544.996	298513.808	5034352.939	298445.110
PS05	1.816	5034989.756	2318582.033	5035161.510	298646.596	5034969.450	298577.896
PS06	1.664	5034750.834	2318658.262	5034922.591	298722.821	5034730.532	298654.122
PS07	1.403	5034898.604	2318785.955	5035070.357	298850.514	5034878.297	298781.814
PS08	0.623	5034032.417	2318799.681	5034204.183	298864.228	5034012.128	298795.529

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

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est	N ED50 33N	E ED50 33N	N WGS84 33N	E WGS84 33N
PS09	2.248	5035447.981	2318764.644	5035619.726	298829.211	5035427.663	298760.510
PS10	2.003	5035043.940	2318792.990	5035215.691	298857.550	5035023.630	298788.850
PS11	1.086	5034654.305	2318787.374	5034826.062	298851.930	5034634.003	298783.230

Tabella 1.3 - Differenze tra le coordinate del rilievo CORILA 2005 e del rilievo CORILA 2008.

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est	N ED50 33N	E ED50 33N	N WGS84 33N	E WGS84 33N
PP01	0.020	-0.027	0.009	-0.027	0.013	-0.029	0.013
PP02	-0.025	-0.051	-0.021	-0.054	-0.018	-0.052	-0.020
PP03	-0.061	-0.070	-0.098	-0.074	-0.095	-0.071	-0.098
PP04	-0.099	-0.040	-0.094	-0.045	-0.092	-0.041	-0.095
PP05	-0.012	-0.024	0.010	-0.023	0.012	-0.026	0.012
PP06	-0.016	-0.007	-0.023	-0.007	-0.023	-0.010	-0.023
PP07	-0.005	-0.013	-0.007	-0.010	-0.008	-0.017	-0.007
PP08	0.072	-0.012	-0.012	-0.017	-0.013	-0.016	-0.015
PP09	-0.019	-0.039	-0.030	-0.032	-0.031	-0.043	-0.027
PP10	-0.012	-0.009	0.002	-0.006	0.001	-0.013	0.003
PP11	-0.020	-0.033	-0.032	-0.033	-0.034	-0.037	-0.033
PS01	0.012	-0.038	-0.007	-0.038	-0.003	-0.040	-0.002
PS02	-0.026	-0.044	0.008	-0.047	0.010	-0.046	0.009
PS03	-0.086	-0.077	-0.097	-0.082	-0.094	-0.078	-0.097
PS04	-0.109	-0.035	-0.088	-0.040	-0.086	-0.036	-0.089
PS05	0.000	-0.042	0.021	-0.041	0.022	-0.044	0.022
PS06	-0.024	-0.006	-0.012	-0.005	-0.012	-0.008	-0.011
PS07	0.000	-0.014	0.004	-0.011	0.003	-0.018	0.005
PS08	-0.040	-0.017	-0.013	-0.021	-0.015	-0.020	-0.017
PS09	-0.011	-0.015	-0.025	-0.008	-0.025	-0.019	-0.021
PS10	-0.020	0.000	0.003	0.004	0.001	-0.004	0.004
PS11	-0.001	-0.001	-0.028	0.000	-0.029	-0.005	-0.028

In conclusione (Tab 1.4), sono state mantenute le coordinate planimetriche dei piezometri PP01÷11 e PS01÷11 risultanti dal rilievo topografico effettuato nel novembre 2005, in quanto le differenze con il rilievo più recente del 16/05/2008 sono ridotte e all'interno del margine d'errore strumentale. Le quote geoidiche sono state modificate, adottando quelle risultanti dal rilievo topografico del 16/05/2008. Sono infine state inserite le coordinate delle tre nuove postazioni piezometriche (PP12, PP13 e PP14) costruite nel mese di novembre 2008.

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

Tabella 1.4 - Coordinate dei piezometri della rete di monitoraggio.

NOME	H geoid	N GB Fuso Est	E GB Fuso Est	N ED50 33N	E ED50 33N	N WGS84 33N	E WGS84 33N
PP01	1.801	5035252.10	2318325.44	5035423.85	298390.00	5035231.79	298321.30
PP02	1.681	5034898.36	2318303.40	5035070.12	298367.97	5034878.06	298299.27
PP03	1.431	5034550.49	2318378.37	5034722.26	298442.93	5034530.20	298374.23
PP04	1.416	5034374.67	2318448.54	5034546.44	298513.10	5034354.38	298444.40
PP05	1.718	5034989.68	2318579.81	5035161.43	298644.37	5034969.37	298575.67
PP06	1.636	5034748.80	2318658.29	5034920.56	298722.85	5034728.50	298654.15
PP07	1.318	5034900.50	2318786.12	5035072.25	298850.68	5034880.19	298781.97
PP08	0.747	5034031.14	2318800.26	5034202.91	298864.81	5034010.85	298796.11
PP09	2.255	5035445.93	2318765.07	5035617.67	298829.64	5035425.62	298760.93
PP10	2.086	5035045.83	2318793.08	5035217.58	298857.64	5035025.53	298788.93
PP11	1.149	5034652.23	2318787.28	5034823.99	298851.84	5034631.93	298783.14
PP12	1.071	5034363.43	2318498.26	5034535.18	298562.84	5034343.12	298494.15
PP13	1.169	5034397.36	2318631.11	5034569.11	298695.69	5034377.05	298627.00
PP14	1.502	5034536.86	2318619.38	5034708.61	298683.96	5034516.54	298615.27
PS01	1.790	5035253.68	2318325.88	5035425.43	298390.44	5035233.37	298321.74
PS02	1.687	5034900.48	2318303.30	5035072.24	298367.86	5034880.18	298299.17
PS03	1.459	5034552.61	2318377.62	5034724.38	298442.18	5034532.32	298373.48
PS04	1.344	5034373.27	2318449.34	5034545.04	298513.89	5034352.98	298445.20
PS05	1.816	5034989.80	2318582.01	5035161.55	298646.57	5034969.49	298577.87
PS06	1.664	5034750.84	2318658.27	5034922.60	298722.83	5034730.54	298654.13
PS07	1.403	5034898.62	2318785.95	5035070.37	298850.51	5034878.32	298781.81
PS08	0.623	5034032.43	2318799.69	5034204.20	298864.24	5034012.15	298795.55
PS09	2.248	5035448.00	2318764.67	5035619.73	298829.24	5035427.68	298760.53
PS10	2.003	5035043.94	2318792.99	5035215.69	298857.55	5035023.63	298788.85
PS11	1.086	5034654.31	2318787.40	5034826.06	298851.96	5034634.01	298783.26

2. ANALISI DEI DATI

In questo capitolo vengono analizzate le risposte del sistema dinamico registrate dai trasduttori di livello disposti nelle 11 postazioni doppie e nelle 3 postazioni singole di monitoraggio PP12, PP13 e PP14 (Fig. 2.1) nel periodo compreso tra il 01/09/2008 e il 31/12/2008.

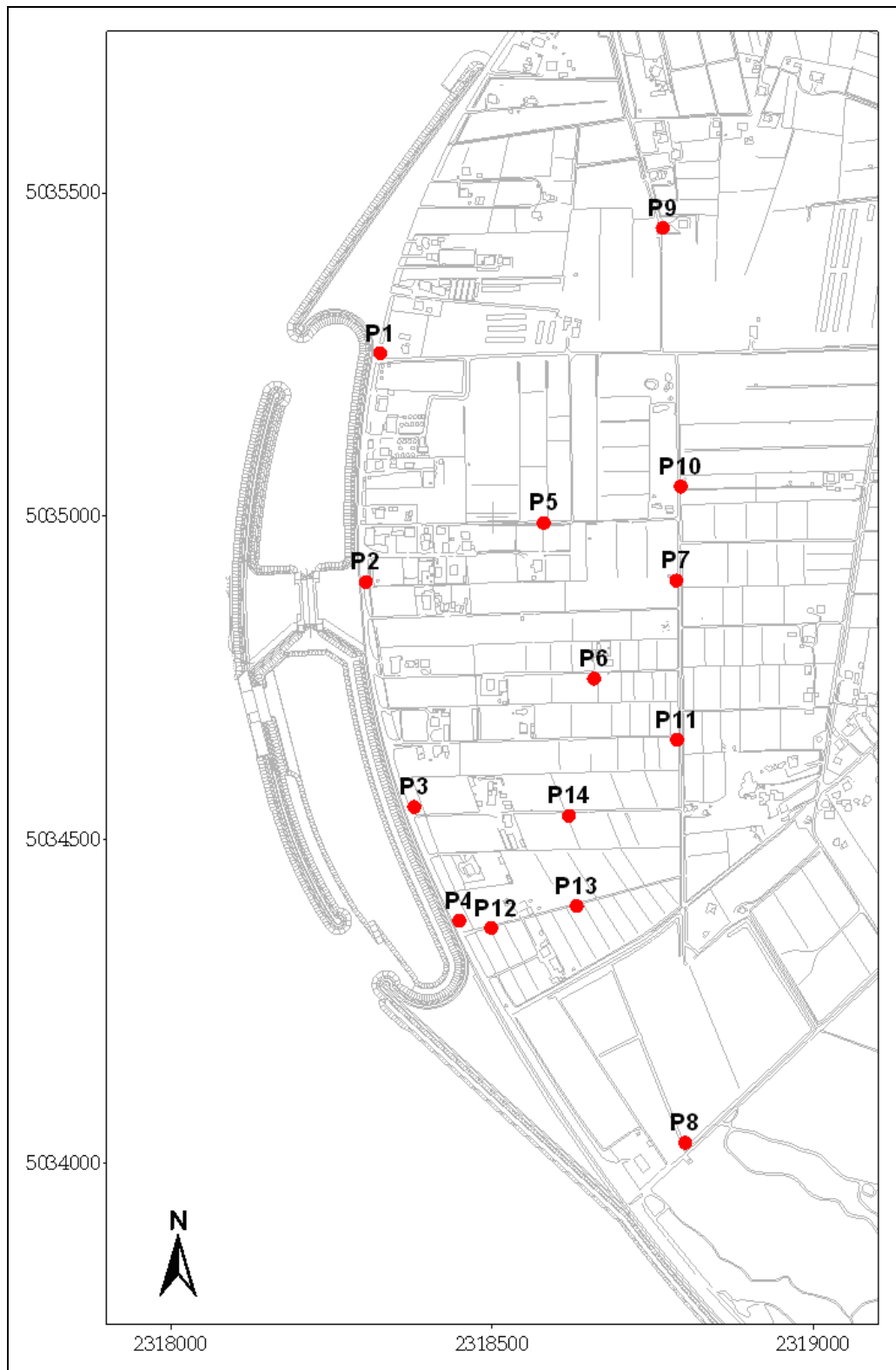


Fig. 2.1 - Ubicazione delle postazioni di monitoraggio, dei Levellogger e dei Barologger.

2.1 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 (per ulteriori approfondimenti si veda "Rapporto di Pianificazione Operativa", Studio B.6.72 B/1, 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;
- 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.

2.2 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 "MET 3000R" di Punta Sabbioni (settembre, ottobre, novembre 2008) e "Cavallino Treporti - ARPA Veneto" (dicembre 2008).
- **oscillazioni mareali**, registrate dal mareografo "Diga Sud Lido";
- **pressione atmosferica**, registrata da 2 Barologger.

2.2.1 Precipitazioni

I dati di precipitazione dei mesi di settembre, ottobre e novembre sono stati acquisiti dalla centralina "MET 3000R" (ubicata presso il Circolo So.Ci.Ve., Lungomare Dante Alighieri), gestita dal settore "Matrice Aria e Agenti Chimici"; i dati di precipitazione di dicembre sono stati acquisiti dalla centralina "Cavallino Treporti - ARPA Veneto". In Fig. 2.2 è riportato l'andamento delle precipitazioni registrate durante i quattro mesi di monitoraggio. La Tab. 2.1 riporta gli eventi piovosi più significativi, caratterizzati da un'altezza di pioggia superiore a 5 mm.

Tab. 2.1- Eventi piovosi significativi verificatisi nel periodo di monitoraggio.

DATA	DURATA (h)	ENTITÀ (mm)
13-14/09/08	24	47,6
29-30/10/08	19	23
01/11/08	8	8,0
04/11/08	16	14,2
05-06/11/08	10	13,6
12-14/11/08	41	58,0
28-30/11/08	48	57,6

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

DATA	DURATA (h)	ENTITÀ (mm)
01/12/08	24	14.6
05/12/08	24	13.0
10-12/12/08	72	53.2
13/12/08	24	14.2
14-16/12/08	72	57.6

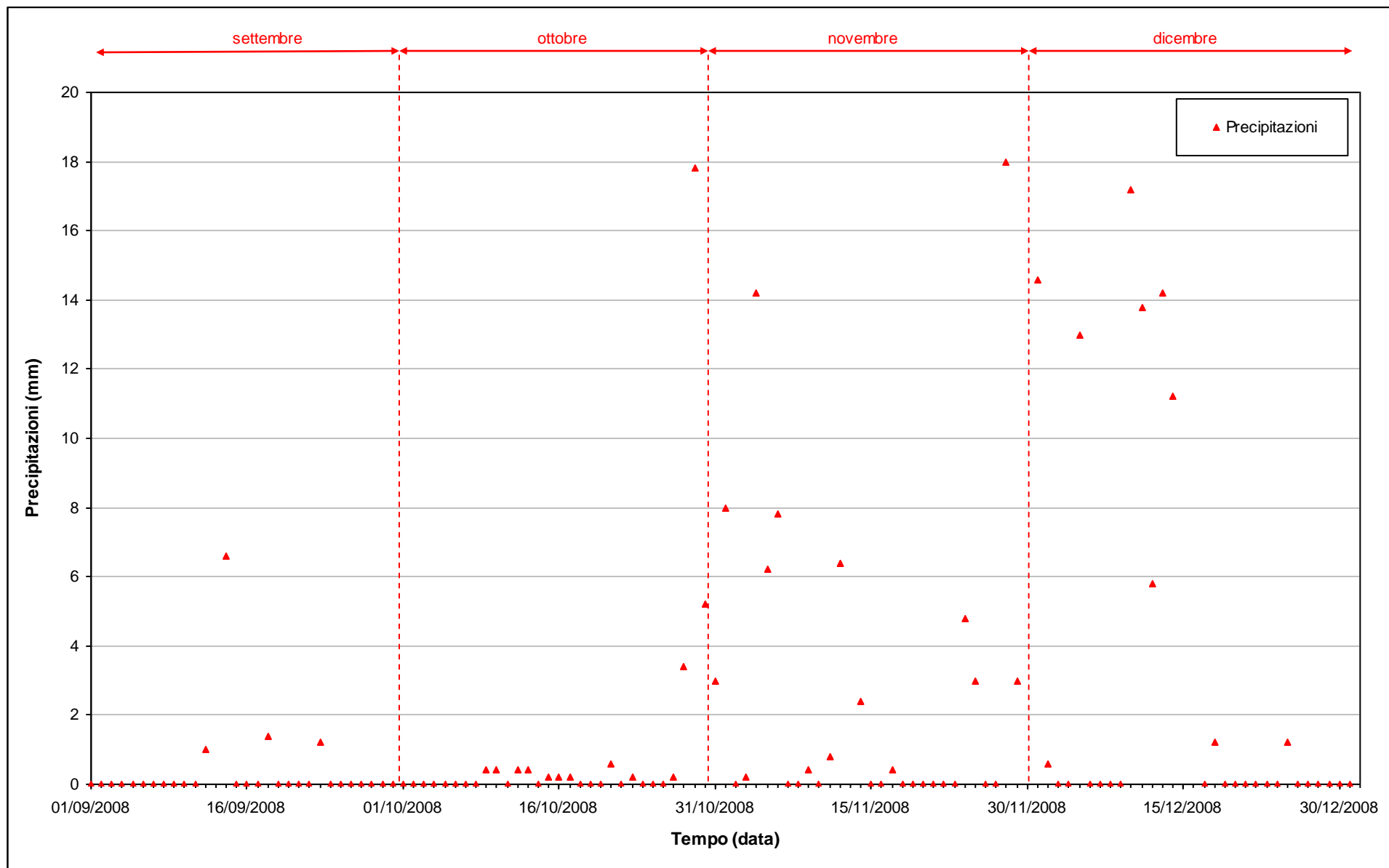


Fig. 2.2 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio 01/09/2008 - 31/12/2008.

2.2.2 *Livello del mare*

In Allegato I è riportata la serie temporale relativa ai livelli marini ed in Fig. 2.3 è tracciato l'andamento del livello del mare registrato dal mareografo Diga Sud Lido (stazione di monitoraggio meteo-marino dell'Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree). 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: in corrispondenza dei periodi di novilunio e plenilunio si verificano incrementi di frequenza e di ampiezza del fenomeno oscillatorio, mentre in corrispondenza dei quarti di luna le oscillazioni sono meno frequenti e più smorzate.

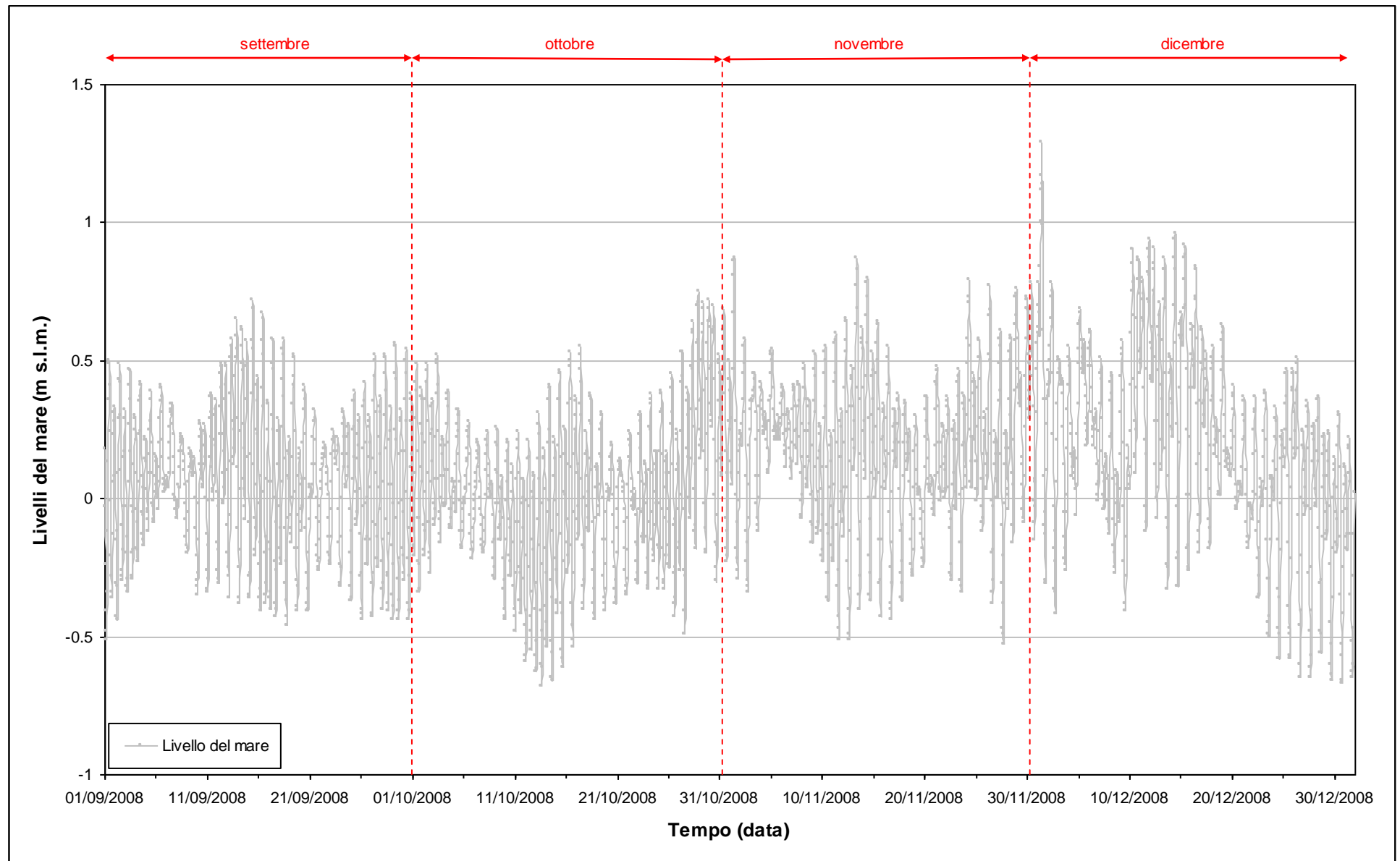


Fig. 2.3 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo "Diga Sud Lido". I livelli sono riferiti al sistema IGM - "Genova 1942".

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

2.2.3 *Pressione atmosferica - h_p*

Nell'area oggetto del monitoraggio sono presenti i Barologger B01 e B02, posizionati all'altezza del piano campagna all'interno dei due piezometri profondi PP03 e PP10. Tali trasduttori registrano la pressione atmosferica in corrispondenza di due aree: una in prossimità del Lungomare Dante Alighieri, l'altra più interna, presso Via Montegrappa (Fig. 2.4).

In Fig. 2.5 è riportato l'andamento dei tracciati di misura dei Barologger nel periodo di riferimento. Dall'analisi delle curve si può notare come le due registrazioni siano tra loro in buon accordo, presentando tuttavia uno scarto assoluto medio quantificabile in circa 8 cm. Nell'elaborazione dei dati sono state utilizzate le misure acquisite dal Barologger B02, in quanto il Barologger B01 sovrastima il valore della pressione atmosferica.

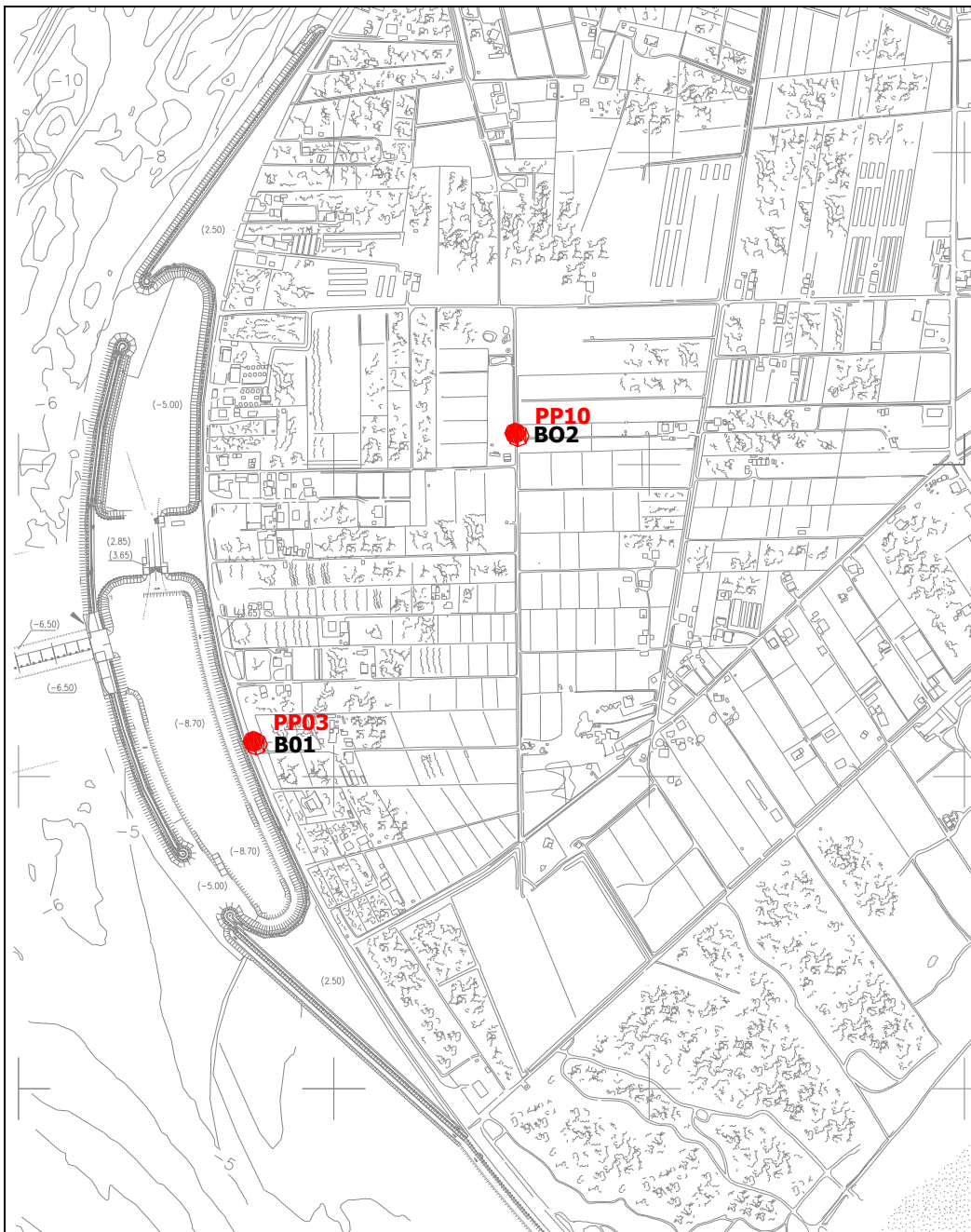
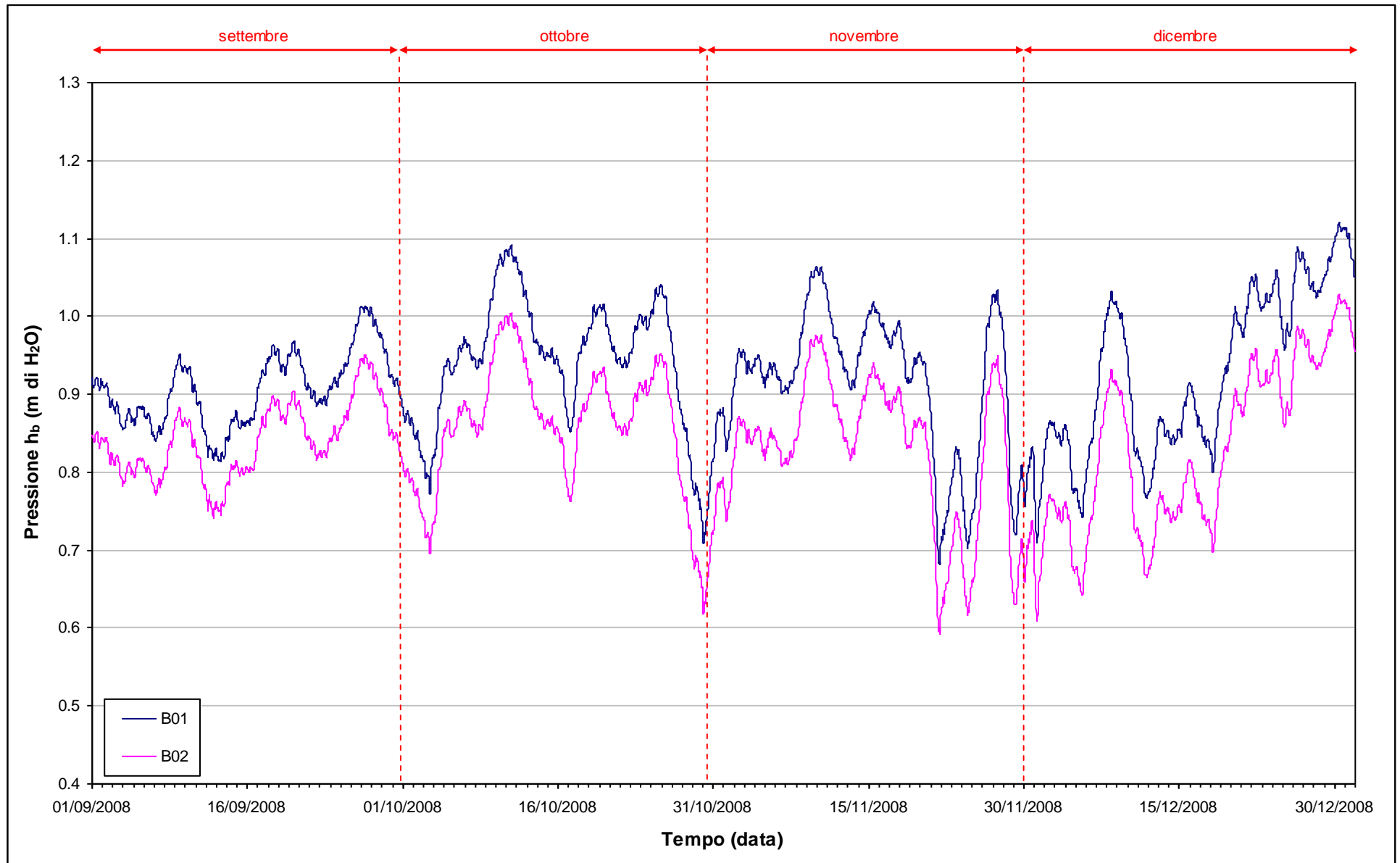


Fig. 2.4 - Ubicazione dei Barologger B01 e B02.

Fig. 2.5 - Tracciati di misura dei Barologger B01 e B02 (h_b).

2.3 Piezometri superficiali - primo livello acquifero (Strato A)

In questo capitolo vengono presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti degli 11 piezometri superficiali finestrati in corrispondenza del primo livello acquifero (Strato A), calcolati secondo quanto descritto nel paragrafo 2.1.

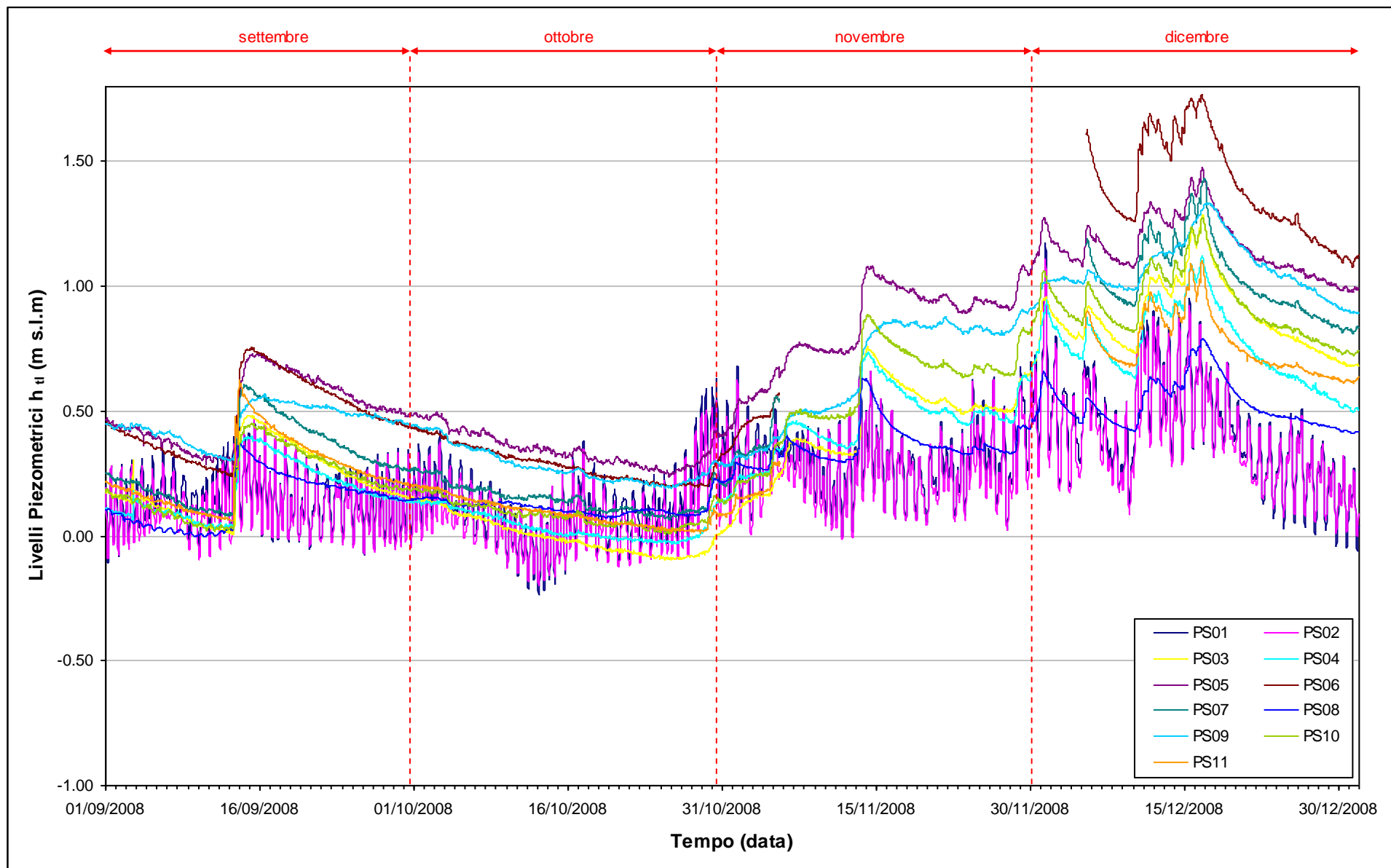
2.3.1 *Livelli piezometrici (carichi idraulici) - htl*

I dati riportati in Fig. 2.6 sono riferiti ai quattro mesi di monitoraggio di Fase B.

Dall'analisi dei tracciati riportati è possibile osservare come i livelli dei piezometri superficiali siano in misura diversa sensibili alle forzanti naturali:

- i piezometri PS01 e PS02, posti sul Lungomare Dante Alighieri, sono caratterizzati da un andamento sinusoidale correlato alle dinamiche mareali;
- nei piezometri PS05, PS06, PS07, PS08, PS09, PS10 e PS11, collocati nella porzione più interna dell'area di monitoraggio e quindi più distanti dal mare, si registra un sensibile innalzamento dei livelli dovuto a forti precipitazioni piovose e a una moderata evapotraspirazione;
- i piezometri PS03 e PS04, benché posti in prossimità della costa, mostrano una dinamica simile a quella dei piezometri interni, cioè maggiormente influenzata dai fenomeni meteorologici ed in misura minore dalle oscillazioni mareali; tale comportamento è imputabile alla costruzione del diaframma impermeabile sul fianco del bacino lato mare.

I dati relativi al mese di novembre dei piezometri PS03, PS07 e PS11 non sono disponibili a causa di problemi tecnici nello scaricamento dei dati dai trasduttori.

Fig. 2.6 - Livelli piezometrici (h_u) relativi ai piezometri superficiali nel periodo di monitoraggio 01/09/2008 - 31/12/2008.

2.3.2 *Effetti delle precipitazioni*

In Fig. 2.7 è visualizzato l'andamento dei livelli piezometrici in corrispondenza dei piezometri superficiali maggiormente sensibili alle precipitazioni (i piezometri interni e i due piezometri PS03 e PS04).

Nei mesi di monitoraggio le intense precipitazioni hanno determinato sensibili innalzamenti di livello nei piezometri interni (PS05÷11) e nei piezometri PS03 e PS04, seguiti da lente discese del livello piezometrico dovute alla moderata evapotraspirazione autunnale.

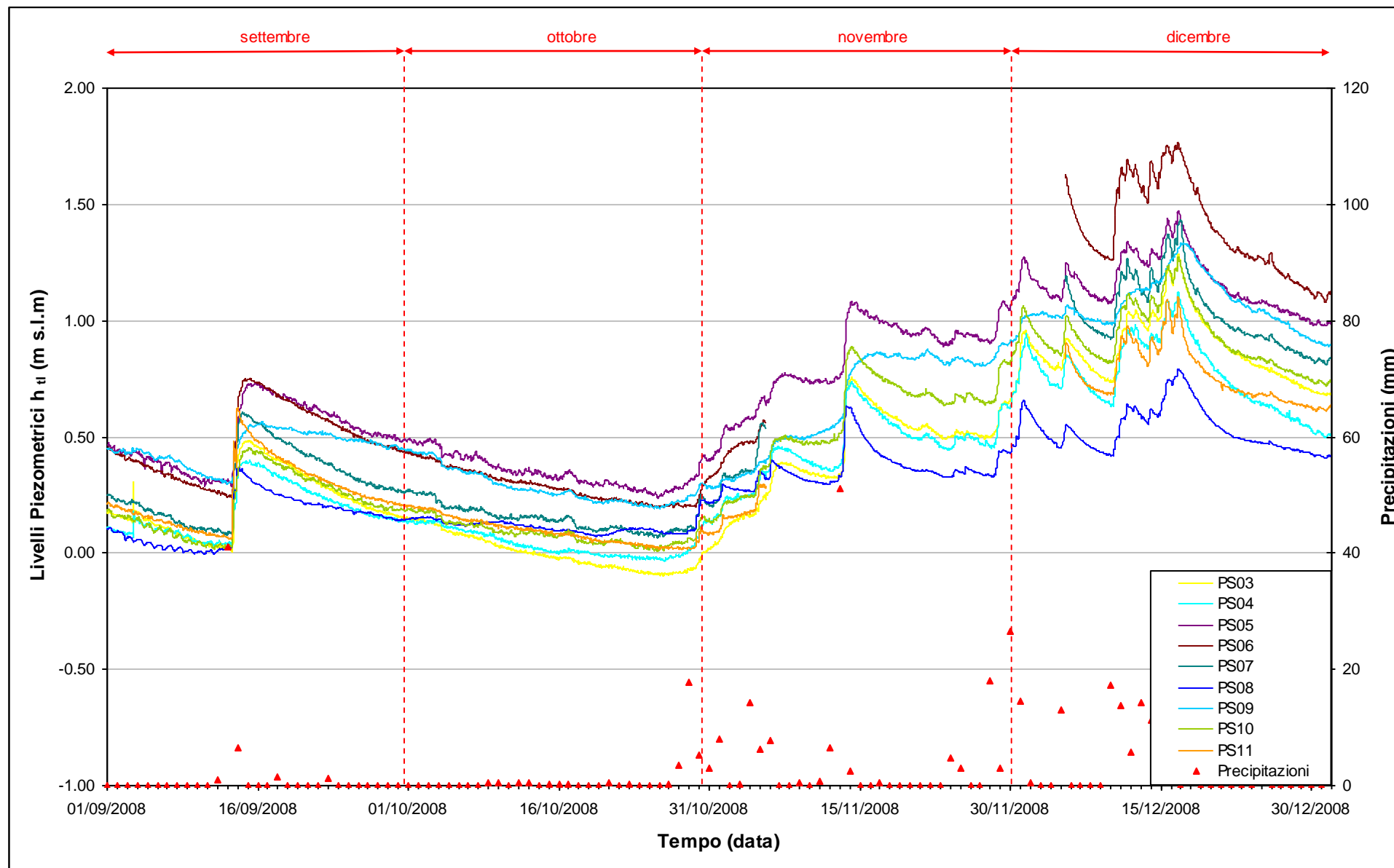


Fig. 2.7 - Livelli piezometrici dei piezometri superficiali maggiormente sensibili alle precipitazioni.

2.3.3 *Effetti delle oscillazioni mareali*

In Fig. 2.8 è possibile confrontare i tracciati di misura dei trasduttori posizionati in corrispondenza dei piezometri PS01 e PS02 disposti sul Lungomare Dante Alighieri e le escursioni mareali registrate in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido. Le due serie temporali seguono andamenti caratterizzati da una ciclicità che è tipica delle evoluzioni mareali. Si verificano, infatti, incrementi di ampiezza e frequenza del fenomeno oscillatorio in corrispondenza del plenilunio e del novilunio. In corrispondenza dei quarti di luna, invece, 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 (durante le fasi di quadratura lunare). Da un'analisi dei dati è possibile riscontrare uno sfasamento di circa due ore tra le oscillazioni mareali e quelle piezometriche.

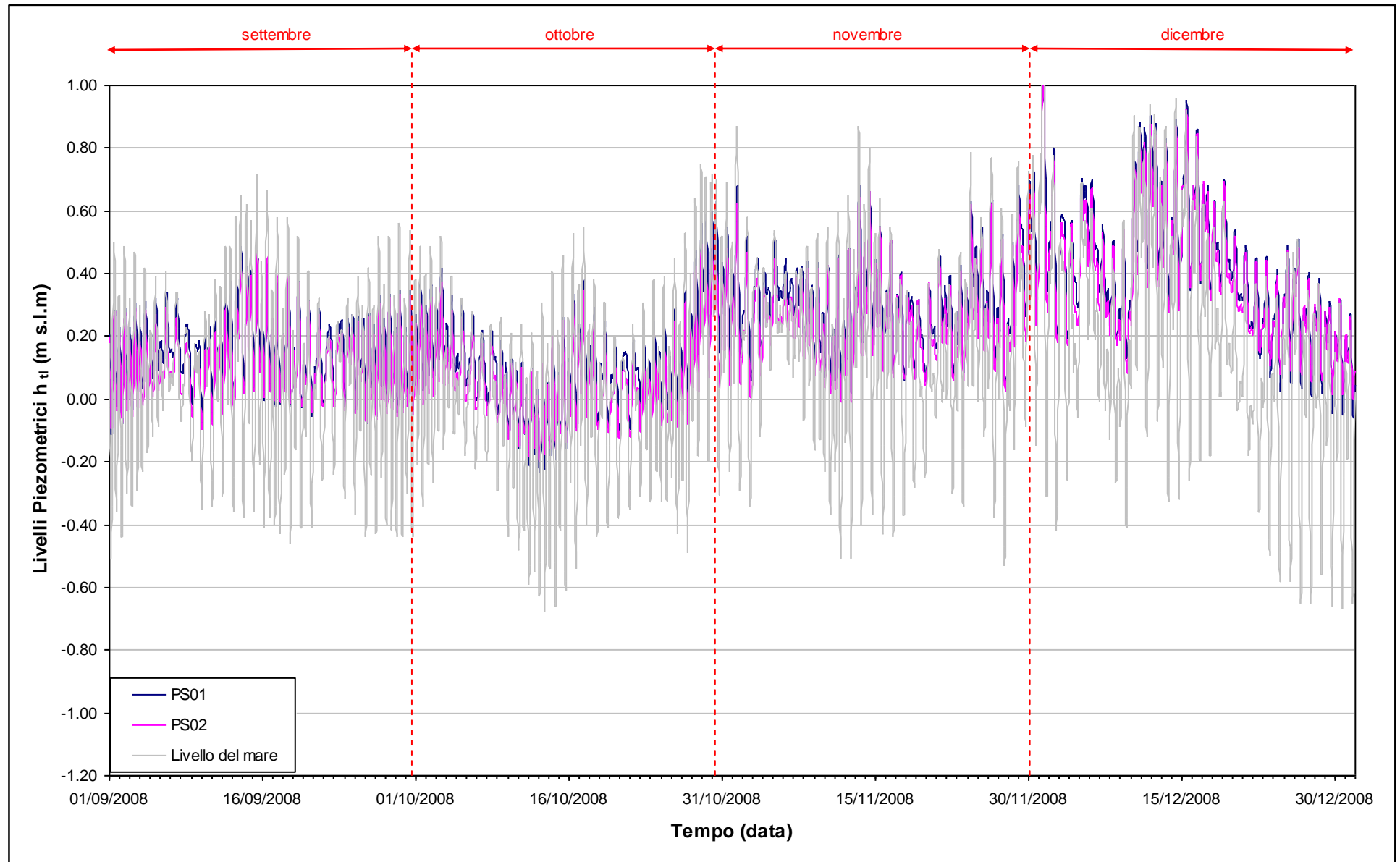


Fig. 2.8 - Livelli piezometrici dei piezometri superficiali PS01, PS02 e livelli del mare.

2.4 Piezometri profondi - secondo livello acquifero (Strato C)

Di seguito verranno presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti nei 14 piezometri profondi finestrati in corrispondenza del secondo livello acquifero (Strato C), calcolati secondo quanto descritto nel paragrafo 2.1.

2.4.1 *Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_H*

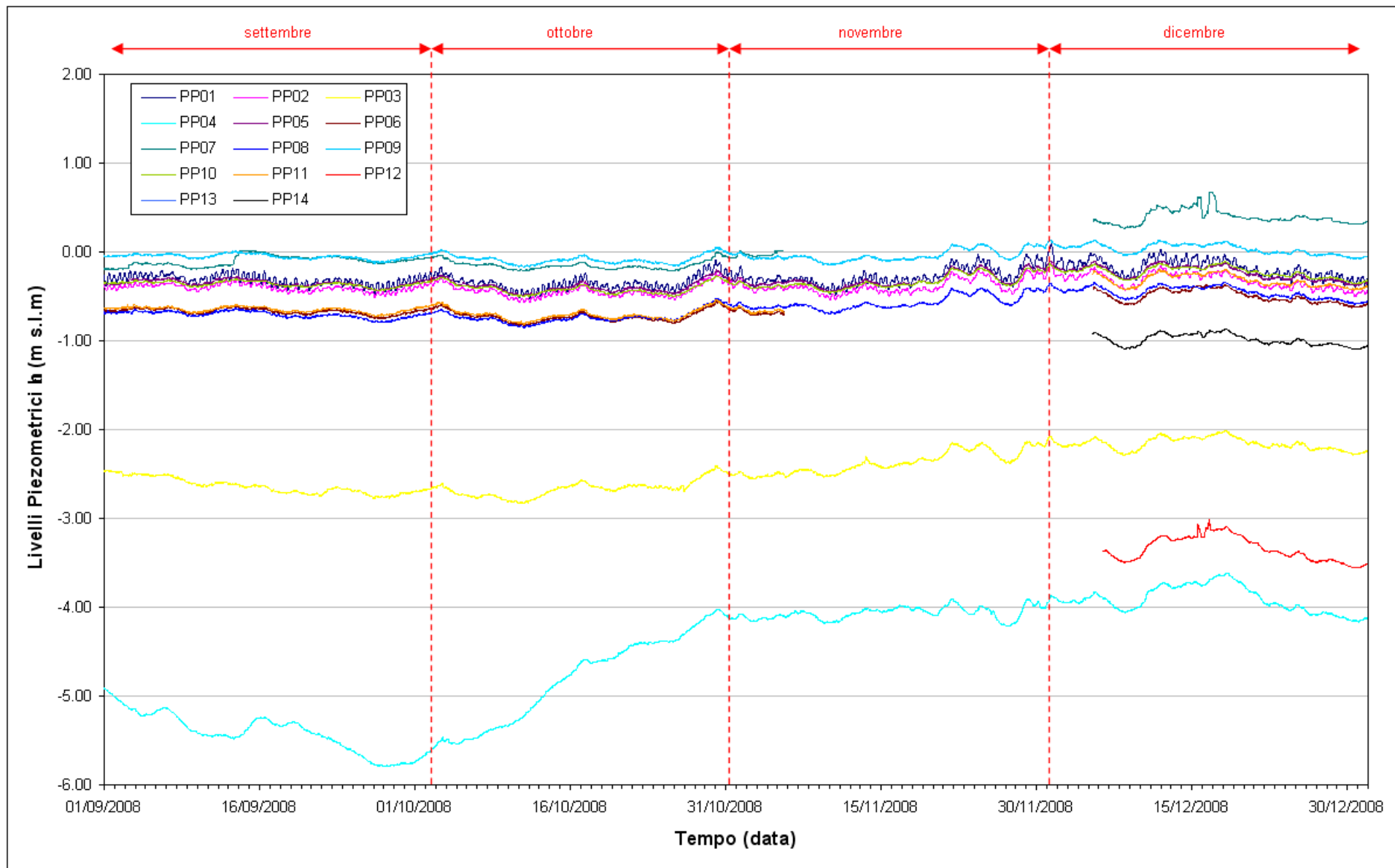
I dati riportati in Fig. 2.9 sono riferiti al quadrimestre di monitoraggio settembre - dicembre 2008.

Dall'analisi dei tracciati riportati è possibile osservare come i piezometri profondi siano, in misura diversa, sensibili alle forzanti fisiche esterne:

- i piezometri PP01 e PP02, posti in prossimità del Lungomare Dante Alighieri, sono caratterizzati da un andamento sinusoidale correlabile alle evoluzioni mareali, ma in misura molto minore rispetto ai piezometri superficiali PS01 e PS02;
- i piezometri PP05, PP06, PP07, PP08, PP09, PP10 e PP11, collocati nella porzione più interna della area di monitoraggio, presentano tracciati di livello dominati dalle variazioni conseguenti presumibilmente al pompaggio barometrico;
- i piezometri PP03, PP04, PP12, PP13 e PP14, posti in prossimità del Lungomare Dante Alighieri sono influenzati in maniera preponderante dalle attività di cantiere (emungimento dei pozzi di dewatering della tura). Nel piezometro PP04, nel periodo monitorato, si osserva un aumento del livello di falda di circa 90 cm, attribuibile ad una variazione delle portate di emungimento.

Nei giorni 16-17/12/08 sono state riscontrate alcune anomalie di livello in corrispondenza del piezometro PP07. Tale andamento anomalo è attribuibile ad una infiltrazione di acqua dal piano campagna dovuta alla formazione di pozze conseguente agli intensi eventi meteorici.

I dati relativi al mese di novembre dei piezometri PP03, PP07 e PP11 non sono disponibili a causa di problemi tecnici nello scaricamento dei dati dai trasduttori.

Fig. 2.9 - Livelli piezometrici (h_u) relativi ai piezometri profondi.

2.4.2 *Effetti mareali*

In Fig. 2.10 è possibile confrontare i tracciati di misura dei trasduttori posizionati in corrispondenza dei piezometri PP01 e PP02, 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 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 (durante le fasi di quadratura lunare).

Analogamente a quanto riscontrato per i piezometri superficiali costieri, è possibile riscontrare uno sfasamento di circa due ore tra le oscillazioni mareali e quelle piezometriche.

L'ampiezza delle oscillazioni di livello nei piezometri profondi PP01 e PP02 è più ridotta rispetto a quella registrata nei rispettivi piezometri superficiali PS01 e PS02.

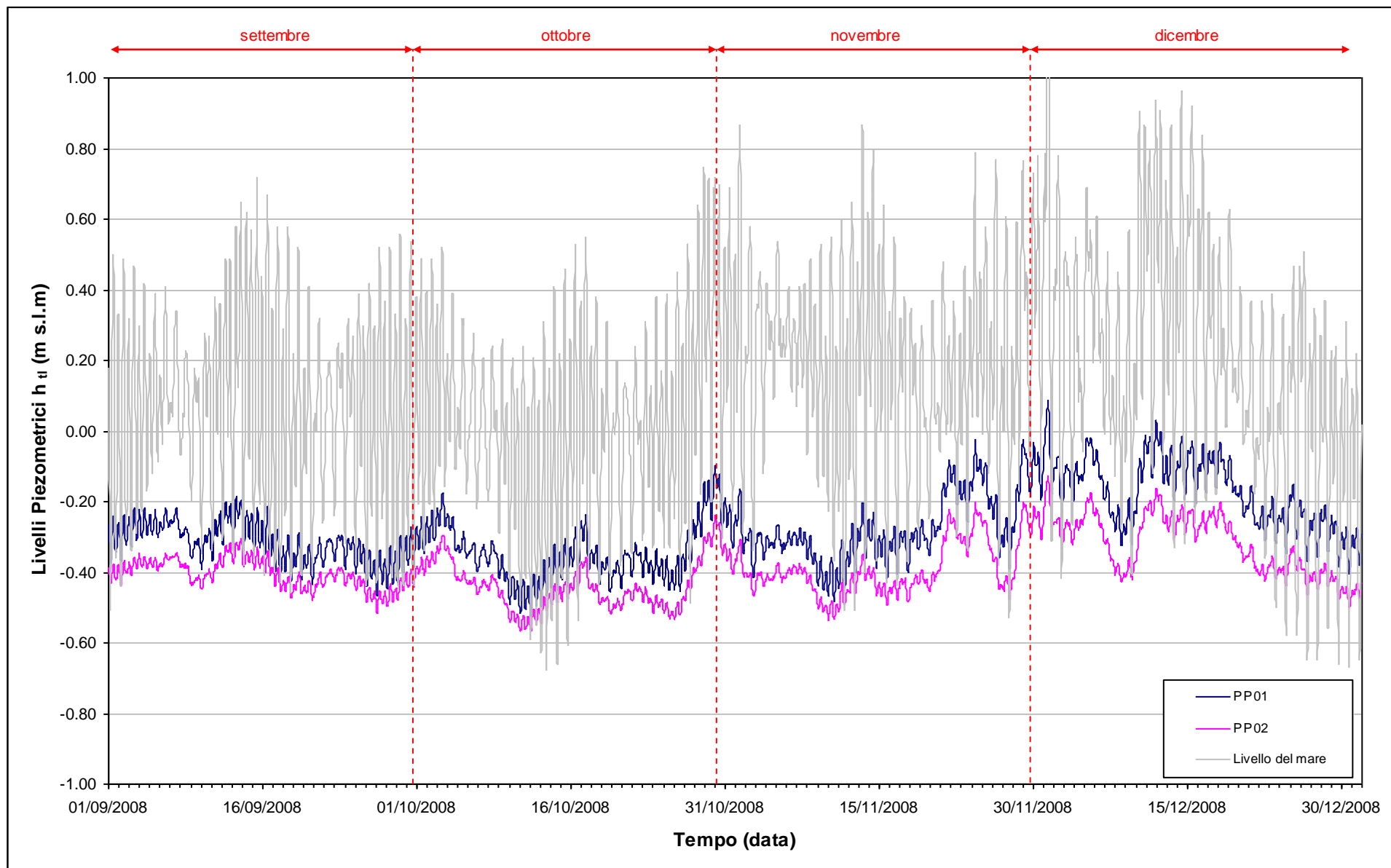


Fig. 2.10- Livelli piezometrici dei piezometri profondi PP01, PP02 e livelli del mare.

2.4.3 *Effetti barometrici*

In Fig. 2.11, dove sono riportati i tracciati piezometrici associati al livello medio del mare e al tracciato barometrico di riferimento (B02), si possono osservare le conseguenze delle variazioni di pressione atmosferica sui livelli dell'acquifero profondo. In particolare durante i periodi di bassa pressione si osservano innalzamenti del livello piezometrico, mentre durante fenomeni di alta pressione i livelli piezometrici misurati tendono a decrescere.

Gli effetti barometrici si possono notare anche sul tracciato relativo al livello medio del mare.

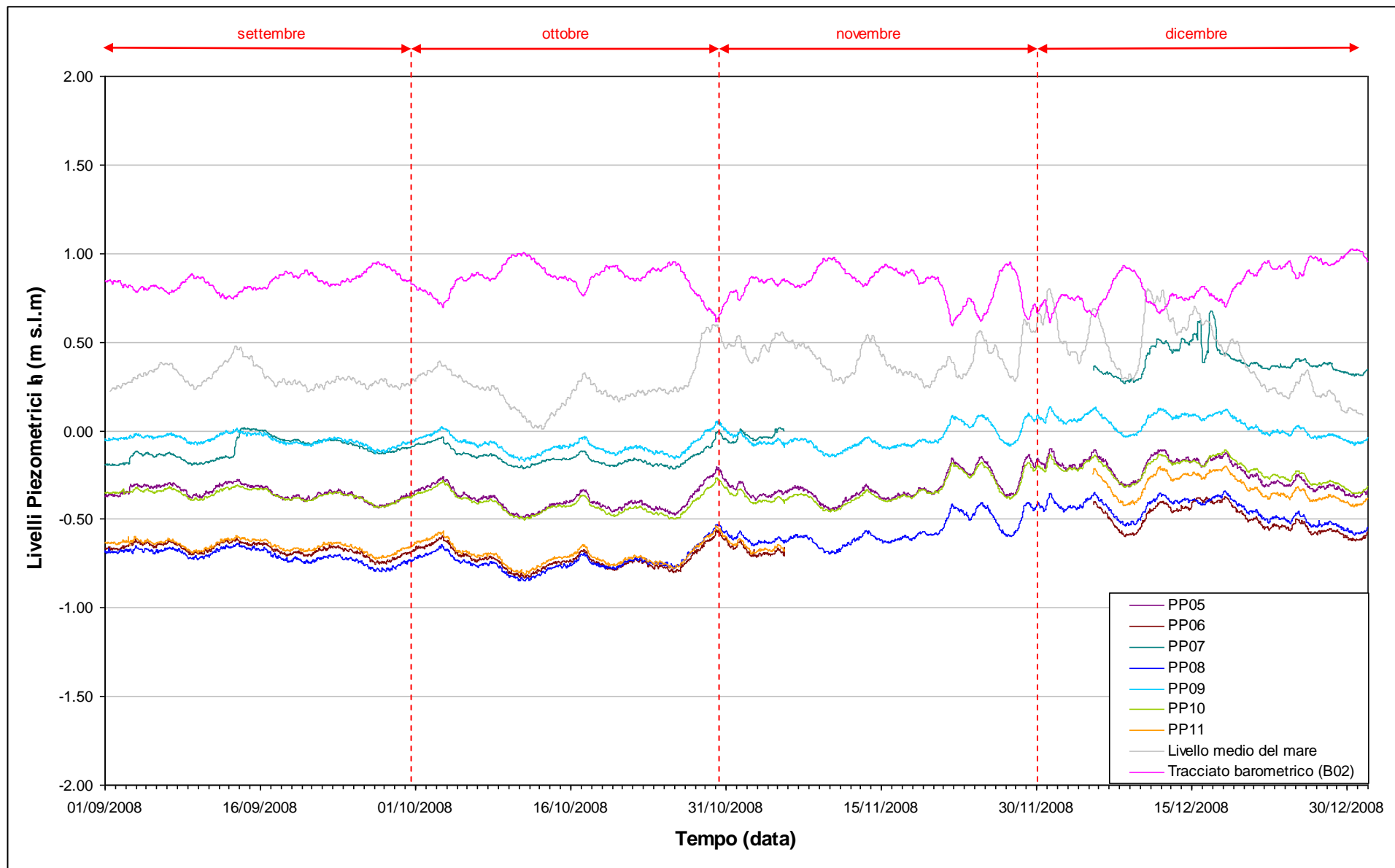


Fig. 2.11 - Livelli piezometrici dei piezometri profondi PP05, PP06, PP07, PP08, PP09, PP10, PP11, livelli medi del mare e tracciati barometrici.

2.4.4 *Effetti antropici*

In Fig. 2.12 vengono visualizzati i tracciati relativi ai livelli assoluti dei piezometri profondi PP03, PP04, PP12, PP13 e PP14. Nelle postazioni PP03 e PP04 è stato riscontrato, a partire dall'inizio delle operazioni di pompaggio (gennaio 2007), un significativo abbassamento del livello piezometrico rispetto ai livelli misurati in fase A (situazione *ante operam*).

Nel mese di novembre 2008 sono stati costruiti tre nuovi piezometri (PP12, PP13, PP14) che intercettano l'acquifero profondo, situati nella zona del cono di depressione di falda originato dal sistema di pompaggio del cantiere. La rilevazione dei livelli con trasduttori di pressione è iniziata nel mese di dicembre 2008; i dati del piezometro PP13 non sono disponibili a causa di un problema di funzionamento del trasduttore, che è stato immediatamente sostituito.

Durante il quadrimestre di monitoraggio settembre-dicembre 2008 il livello di falda è salito di circa 25 in corrispondenza del piezometro PP03 e di circa 90 cm nel PP04. Questo comportamento è attribuibile a variazioni nelle portate di emungimento del sistema di dewatering della tura.

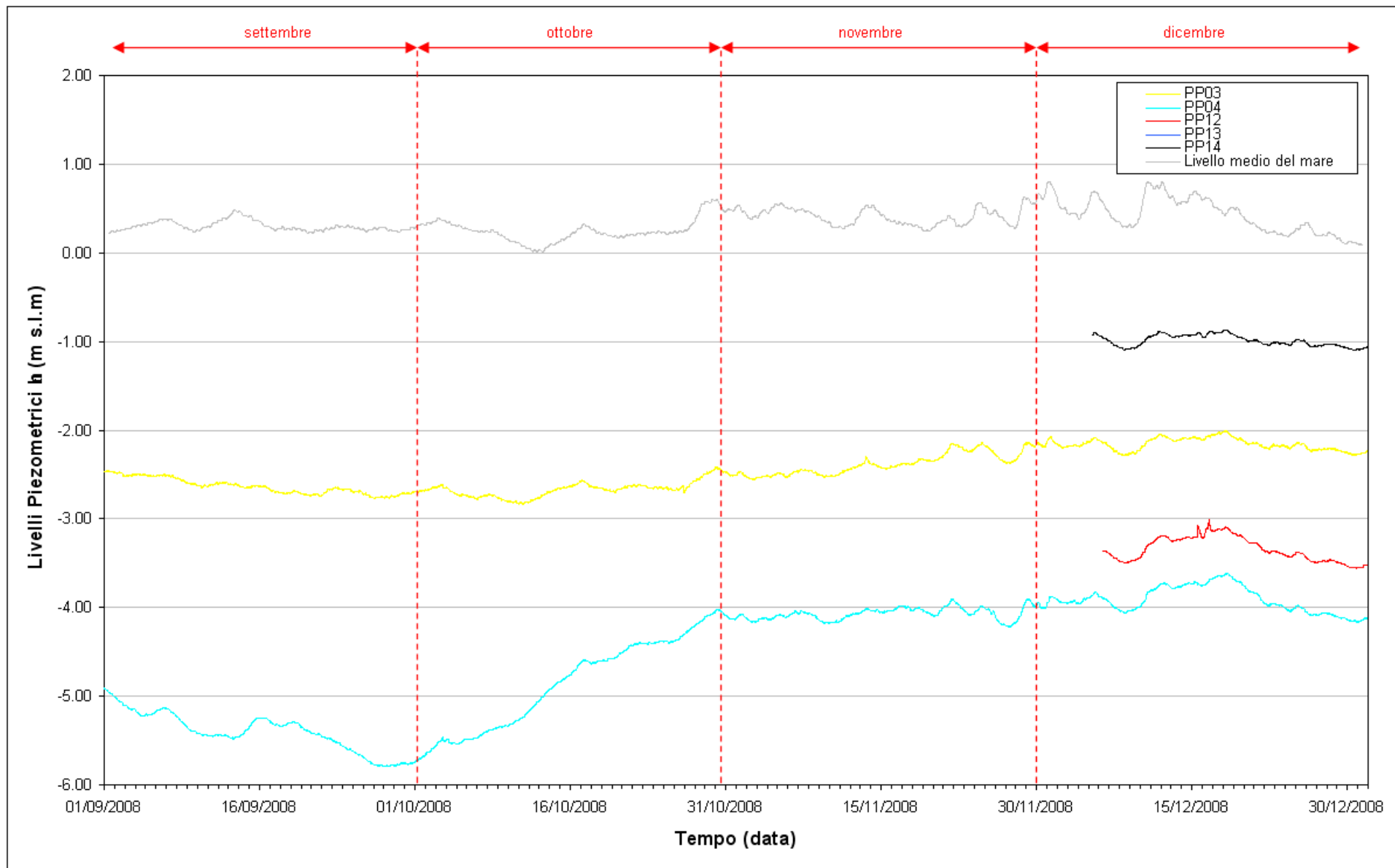


Fig. 2.12 - Livelli piezometrici dei piezometri profondi influenzati dalle operazioni di pompaggio.

3. CONTROLLO DELLA STRUMENTAZIONE

Nel corso dei sopralluoghi effettuati durante i quattro mesi di monitoraggio è stata controllata la funzionalità e l'efficienza della strumentazione installata.

Nel mese di settembre non sono disponibili i dati relativi al trasduttore superiore presente nel piezometro PP04 a causa di un problema nello scaricamento dei dati: sono stati utilizzati i dati dell'altro trasduttore presente nel piezometro.

Nel mese di novembre non sono disponibili i dati di livello nei piezometri PS06, PP06, PS07, PP07, PS11, PP11 a causa di un problema tecnico all'apparecchiatura per lo scaricamento dei dati dai trasduttori (Leveloader). Lo strumento è stato spedito al produttore (Solinst, Canada) per la riparazione.

Nel mese di dicembre non sono disponibili i dati di livello dei piezometri PP13 a causa di un malfunzionamento del trasduttore, che è stato immediatamente sostituito.

Gli altri trasduttori, ad eccezione di occasionali anomalie, hanno funzionato correttamente.

4. ANALISI DELLA DENSITÀ DELL'ACQUA DI FALDA

4.1 Il calcolo della densità dell'acqua

La densità dell'acqua è funzione della temperatura e della concentrazione di soluti (principalmente cloruro di sodio). Essa cresce all'aumentare del contenuto in sali e al diminuire della temperatura. Non esistendo misure speditive che permettano la misura in campo della densità lungo la verticale all'interno di ciascun piezometro, è stata sviluppato un metodo che prevede la determinazione della densità utilizzando le misure effettuate in campo tramite sonda multiparametrica Solinst TLC modello 107 (come illustrato nel Rapporto Mensile di novembre 2006, Studio B.6.72.B/2).

La sonda Solinst restituisce la temperatura dell'acqua e la conduttanza specifica riferita a 25 °C (C_{25}). Questo dato, una volta normalizzato alla temperatura di 20°C, è stato convertito in un valore di densità utilizzando una correlazione empirica che lega le due grandezze (per ulteriori informazioni si rimanda al I Rapporto di Valutazione, Studio B.6.72 B/2).

Oltre al ruolo della conduttanza, è opportuno considerare l'influenza della temperatura, che concorre anch'essa alla variazione della densità del acqua; per tale fenomeno è stata utilizzata una legge polinomiale del sesto grado reperita in letteratura [Perrochet, 1996].

La formula globale, derivante dalla sovrapposizione dei due contributi, è la seguente:

$$\begin{aligned} \rho(T, C) &= \rho(T, C_{20} = 0) + \rho(T = 20, C_{20}) - \rho_0 = \\ &= a + bT + cT^2 + dT^3 + eT^4 + fT^5 + gT^6 + 4.16066 \cdot 10^{-4} \cdot C_{25} \frac{1 + r \cdot (T - 25)}{1 + r \cdot (T - 20)} \end{aligned} \quad (1)$$

dove:

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

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

4.1.1 Profili verticali di densità

Mediante la formula (1) è possibile ricostruire i profili verticali di densità, a partire dalla temperatura dell'acqua e della conduttanza specifica misurate durante i sopralluoghi mensili (Figg. 4.1 - 4.4: piezometri superficiali; Figg. 4.5 - 4.8: piezometri profondi). Nelle figure riguardanti i piezometri profondi è evidenziata (con un tratto più spesso) la posizione della finestratura, mentre le due rette tratteggiate orizzontali indicano la quota minima e massima a cui sono collocati i trasduttori di pressione. Nei giorni 4-5-6 dicembre sono stati misurati i profili verticali di conducibilità elettrica dell'acqua di falda anche nei piezometri profondi PP12, PP13, PP14 (Fig.4.7).

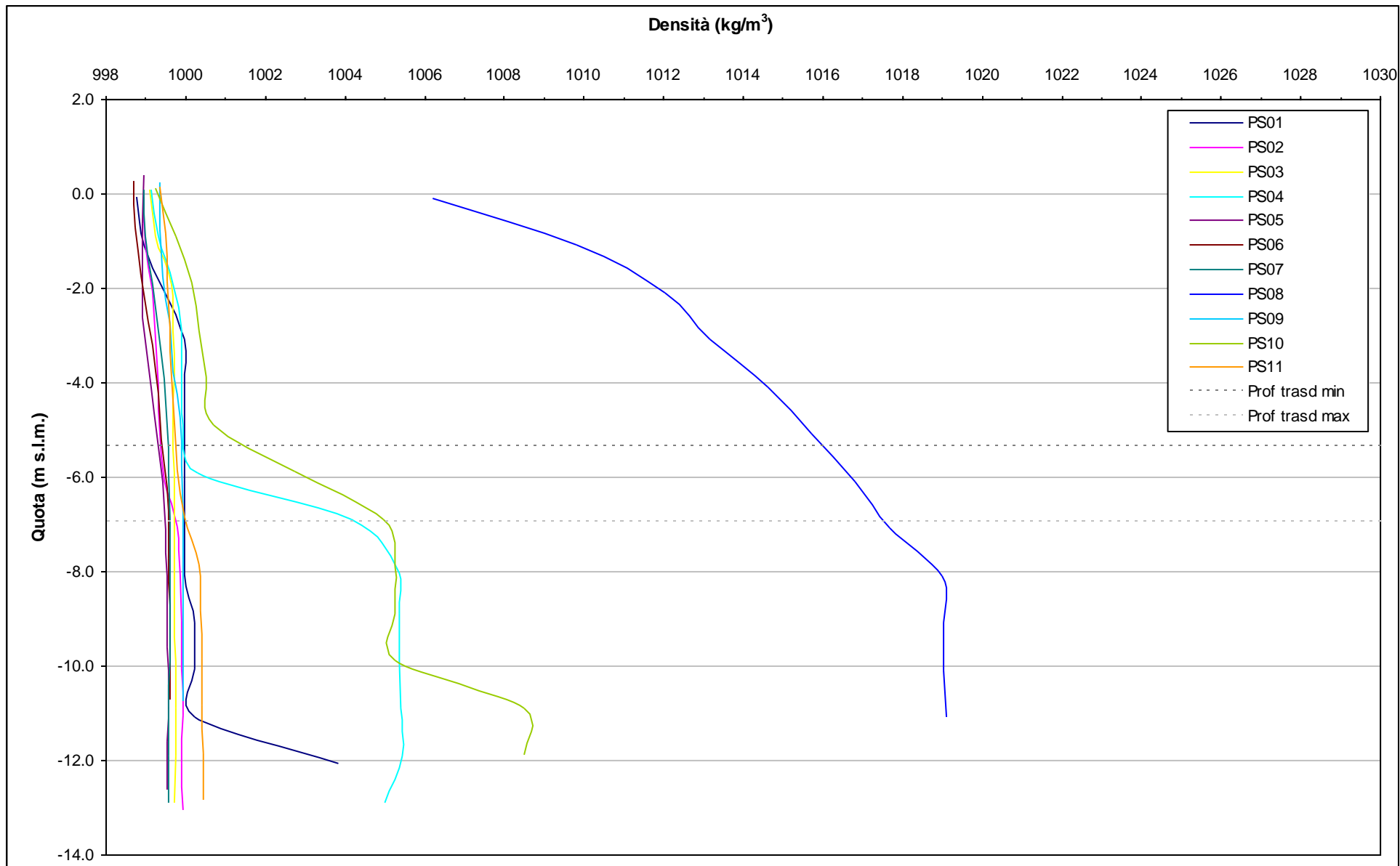


Fig. 4.1- Profili verticali di densità piezometri superficiali - 3 e 4 ottobre 2008.



Fig. 4.2- Profili verticali di densità piezometri superficiali - 5 novembre 2008.

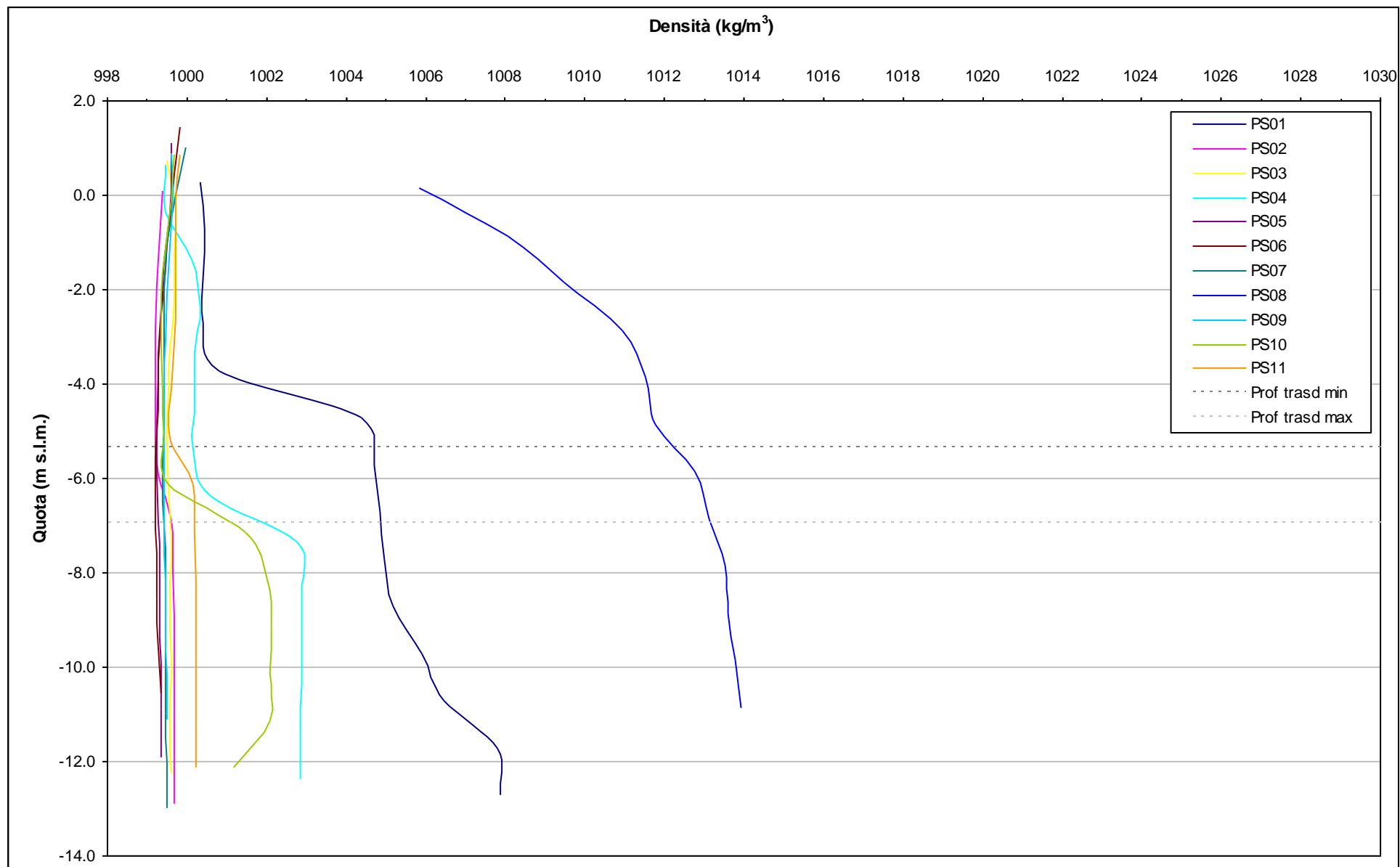


Fig. 4.3 - Profili verticali di densità piezometri superficiali - 4-5-6 dicembre 2008.



Fig. 4.4 - Profili verticali di densità piezometri superficiali - 8 gennaio 2009.

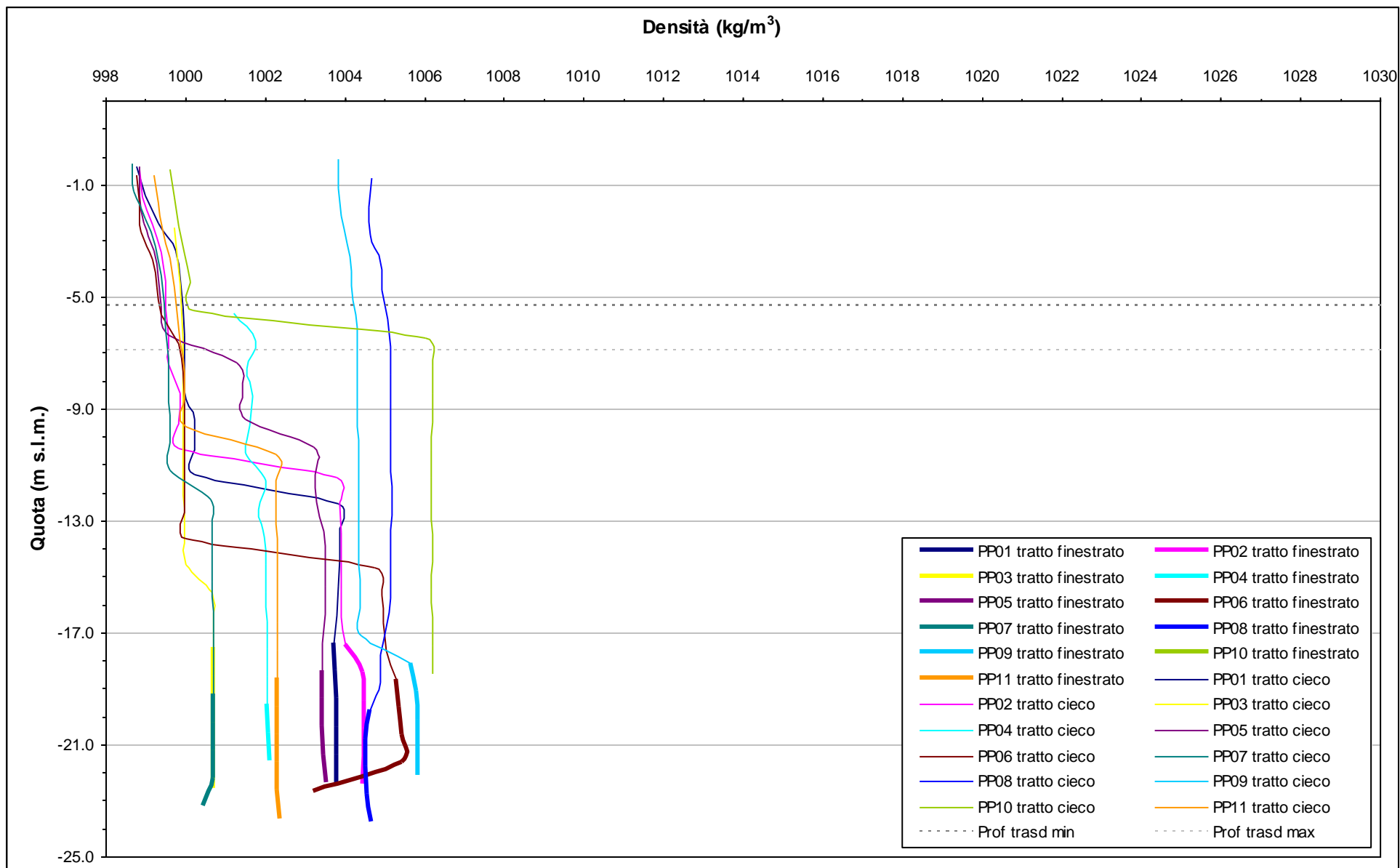


Fig. 4.5 - Profili verticali di densità piezometri profondi - 3 e 4 ottobre 2008.

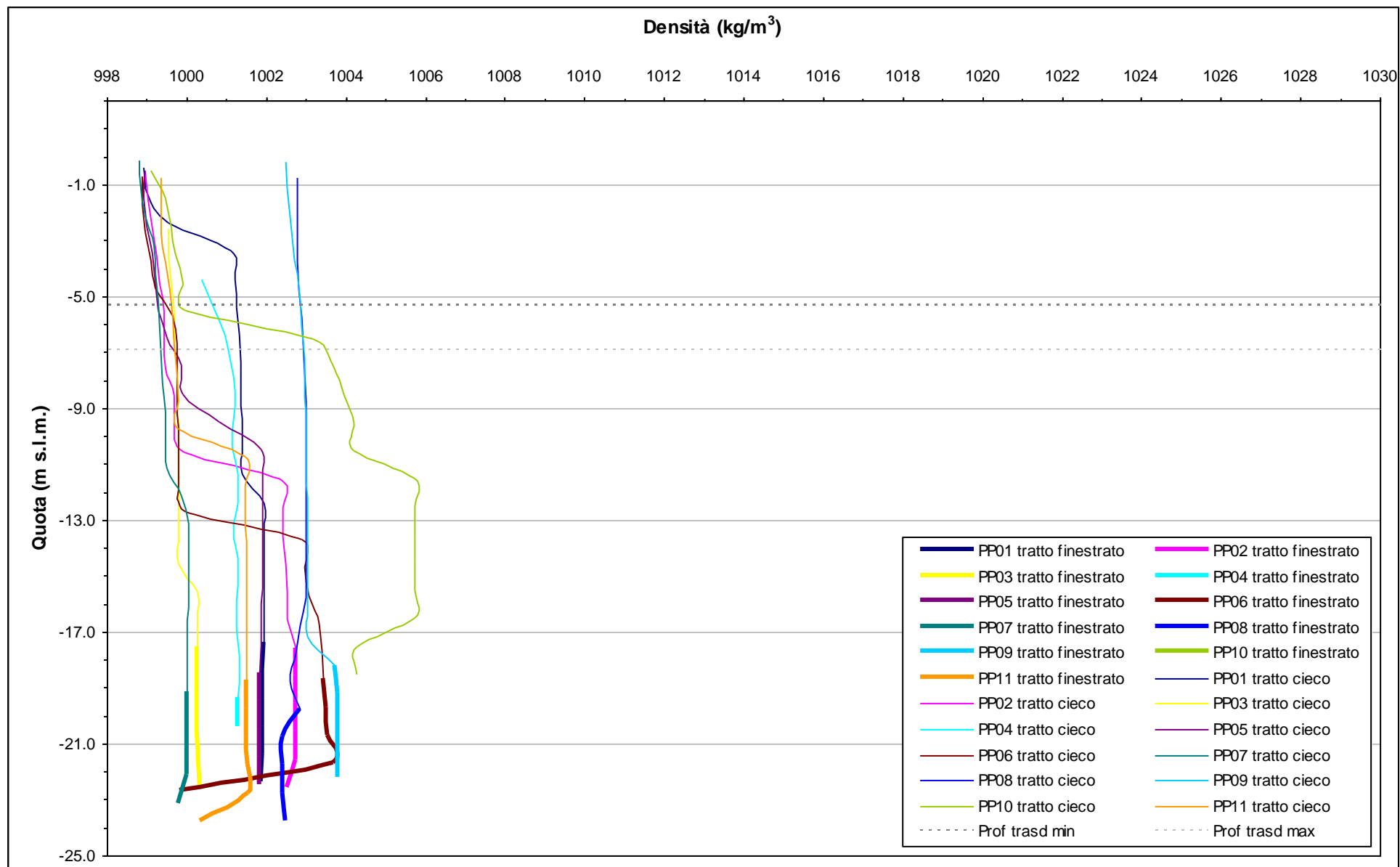


Fig. 4.6- Profili verticali di densità piezometri profondi - 5 novembre 2008.

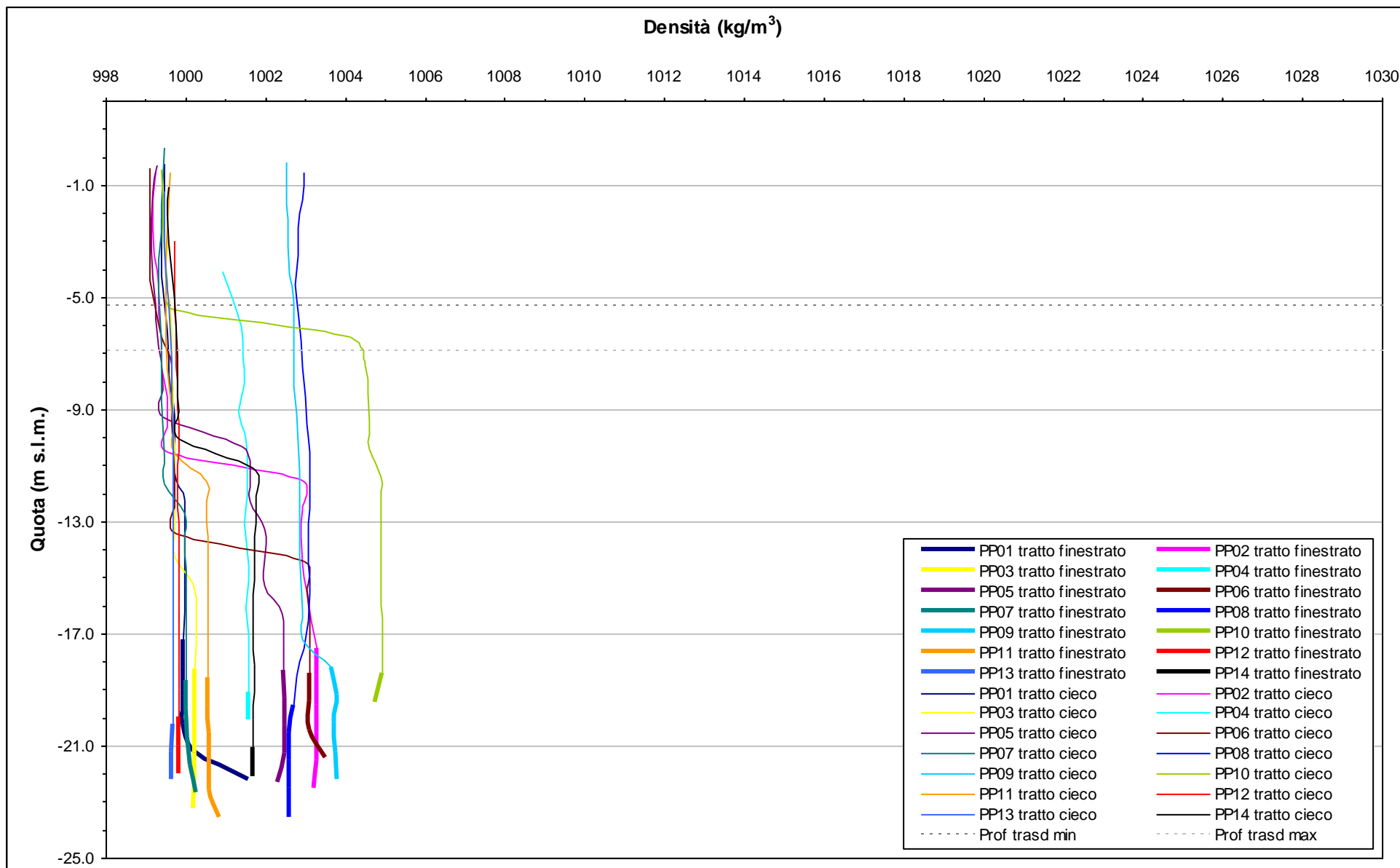


Fig. 4.7 - Profili verticali di densità piezometri profondi - 4-5-6 dicembre 2008.

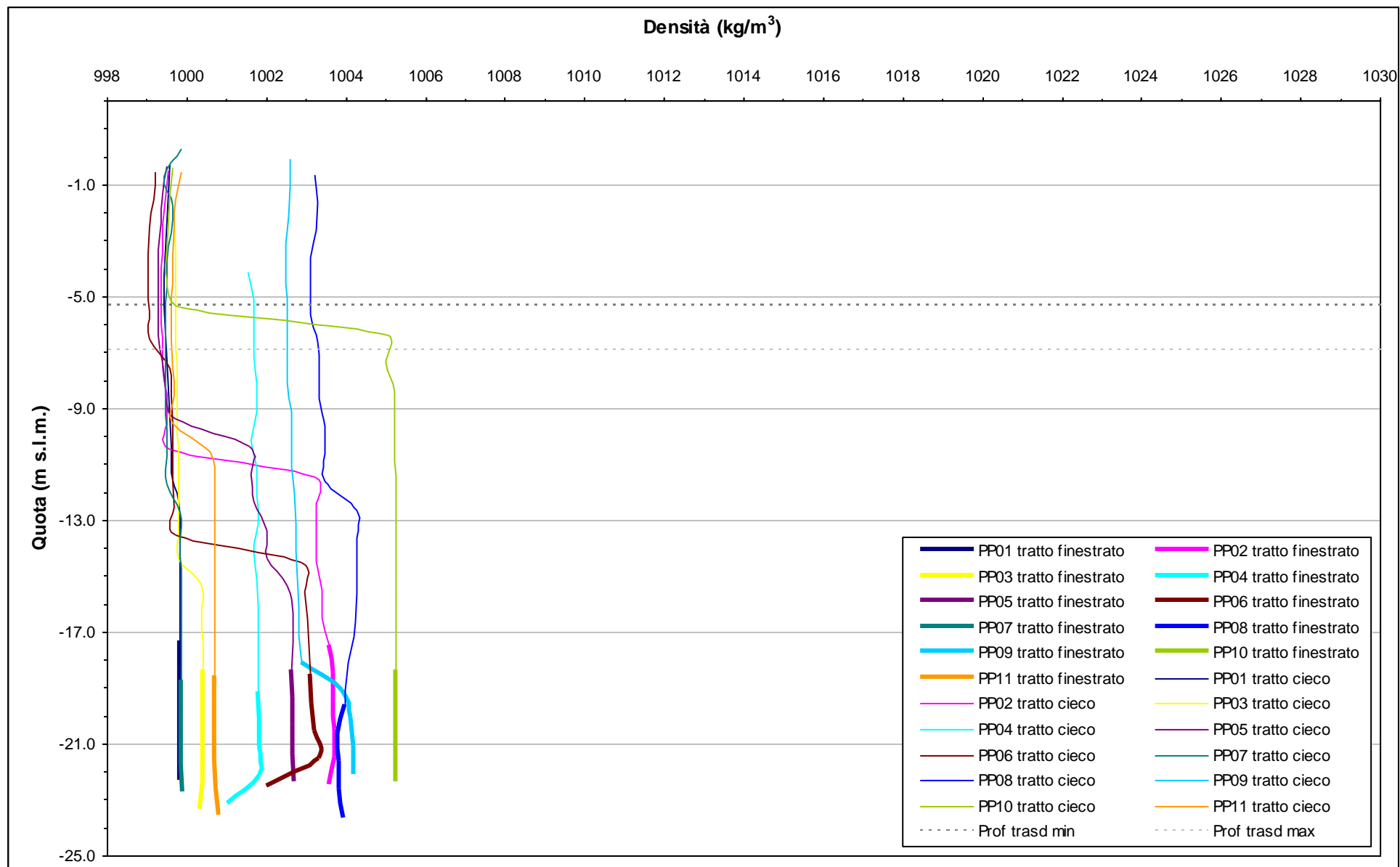


Fig. 4.8 - Profili verticali di densità piezometri profondi - 8 e 9 gennaio 2009.

5. STUDIO PIEZOMETRICO

Nel seguente paragrafo sono riportate le ricostruzioni della superficie piezometrica relative al Primo livello acquifero (Strato A) ed al Secondo livello acquifero (Strato C), derivanti dalla elaborazione dei dati acquisiti in corrispondenza delle postazioni di monitoraggio.

Sono state effettuate quattro ricostruzioni piezometriche per entrambi gli acquiferi monitorati, utilizzando i dati registrati in corrispondenza di istanti temporali lontani da eventi piovosi intensi e da estremi mareali (Tab.5.1; Figg.5.1 - 5.2). Dalle carte piezometriche è possibile effettuare un confronto con la situazione osservata in Fase A.

Le piezometrie riportate nella presente sono da intendersi come ricostruzioni dei carichi idraulici riferiti alla densità ρ_0 ed alla quota media $z_m = -6.036$ m s.l.m. (quota media di installazione dei trasduttori).

Tab. 5.1- Istanti temporali utilizzati per l'elaborazione delle piezometrie

Mese	Data e ora
Fase A	12 novembre 2005 - h. 14:00
Settembre	24 settembre 2008 - h. 18.00
Ottobre	21 ottobre 2008 - h. 14.00
Novembre	21 novembre 2008 - h. 17.00
Dicembre	24 dicembre 2008 - h. 11.00

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

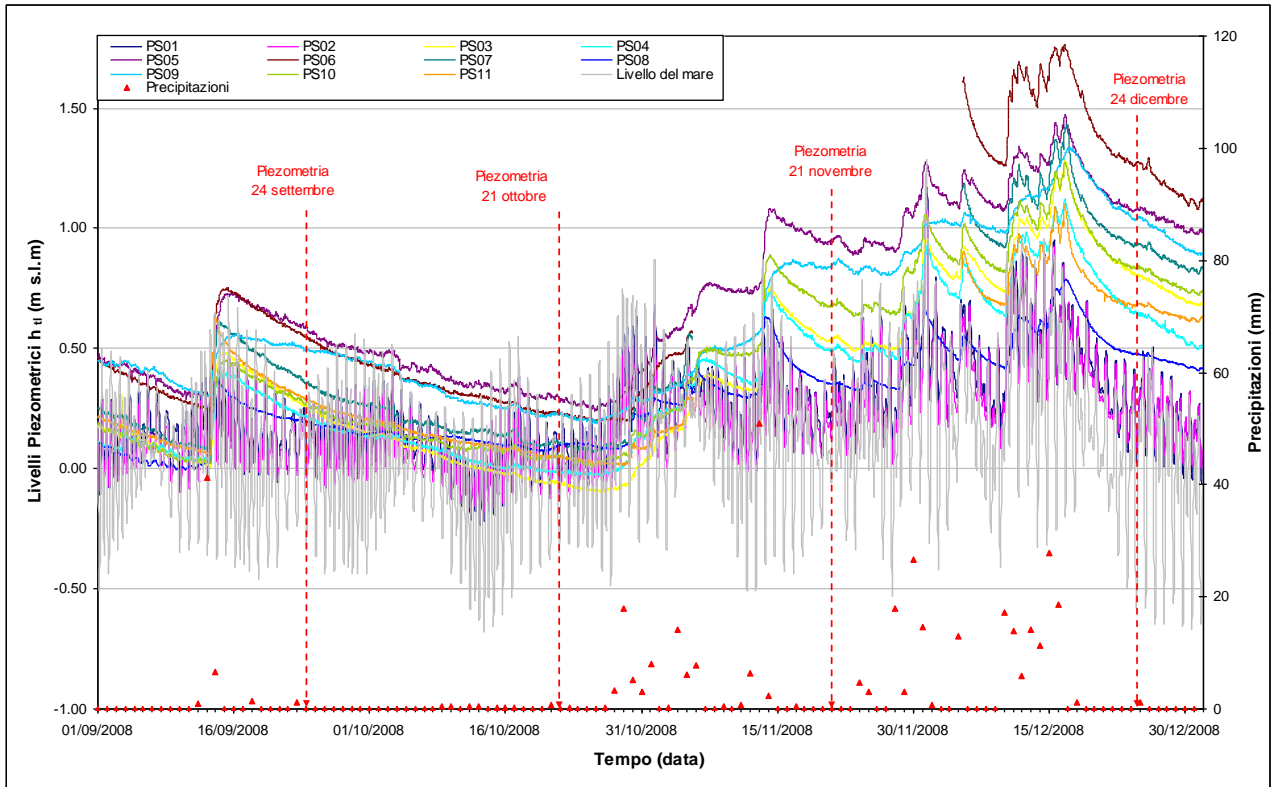


Fig. 5.1 - Elaborazione delle piezometrie superficiali.

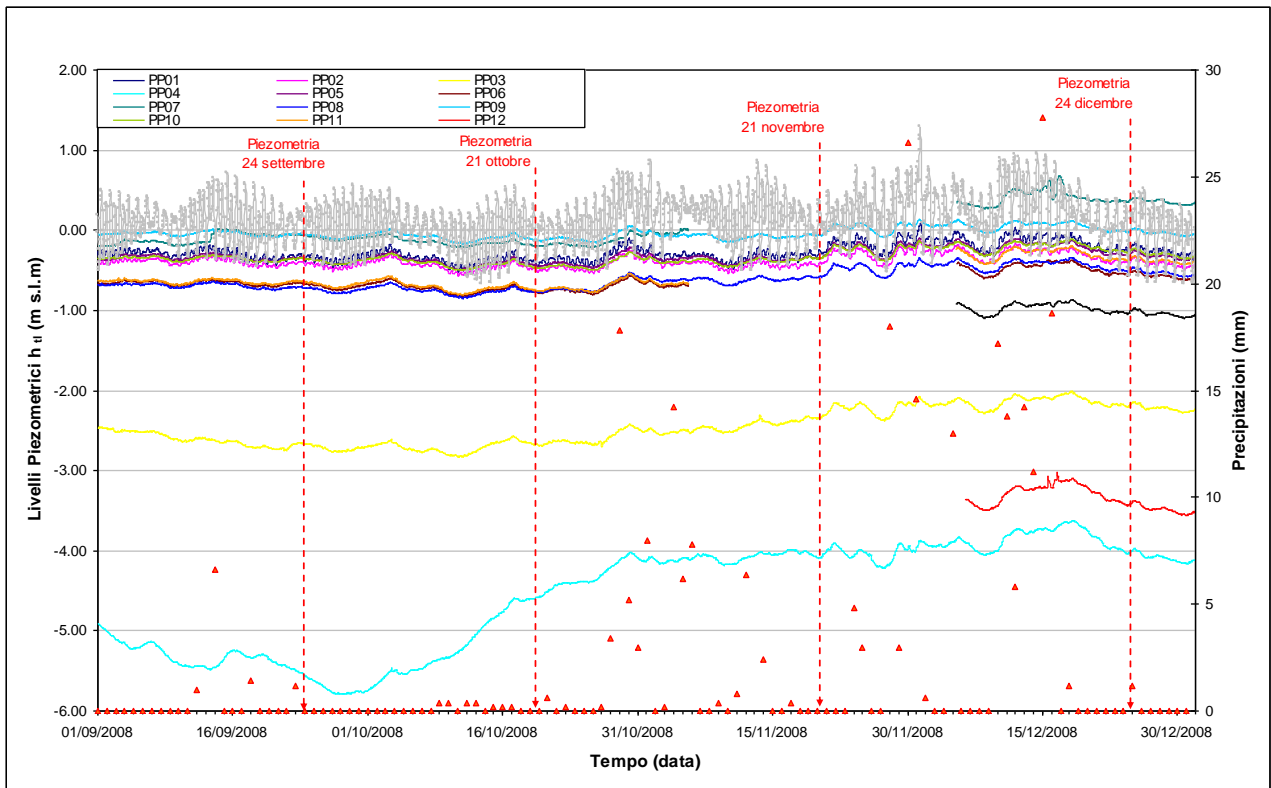


Fig. 5.2- Elaborazione delle piezometrie profonde.

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

5.1.1 *Piezometria superficiale*

La piezometria del Primo livello acquifero (Strato A) è stata desunta a partire dai valori di battente idrico misurati dai Levelogger posti nei piezometri superficiali. In Tab. 5.2 sono riportati i livelli piezometrici riferiti agli istanti temporali scelti per ognuno dei quattro mesi monitorati e alla Fase A. Nelle Figg. 5.3 , 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7 sono riportate le relative piezometrie, elaborate con il software Surfer.

Tab. 5.2- Livelli piezometrici h_{fl} relativi al Primo livello acquifero: Fase A e quattro date di riferimento.

Piezometro	X	Y	z_t (m s.l.m.)	Fase A	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
				h_{fl} (m s.l.m.)	h_{fl} (m s.l.m.)	h_{fl} (m s.l.m.)	h_{fl} (m s.l.m.)	h_{fl} (m s.l.m.)
PS01	2318325.88	5035253.68	1.790	0.271	0.25	0.15	0.27	0.31
PS02	2318303.30	5034900.48	1.687	nd	0.20	0.07	0.23	0.27
PS03	2318377.62	5034552.61	1.459	0.331	0.24	-0.06	0.55	0.80
PS04	2318449.34	5034373.27	1.344	0.147	0.20	-0.01	0.51	0.65
PS05	2318582.01	5034989.80	1.816	0.799	0.57	0.30	0.97	1.08
PS06	2318658.27	5034750.84	1.664	0.843	0.53	0.23	nd	1.26
PS07	2318785.95	5034898.62	1.403	0.654	0.34	0.12	nd	0.93
PS08	2318799.69	5034032.43	0.623	0.345	0.18	0.09	0.35	0.48
PS09	2318764.67	5035448.00	2.248	0.638	0.49	0.23	0.87	1.04
PS10	2318792.99	5035043.94	2.003	0.634	0.26	0.06	0.69	0.83
PS11	2318787.28	5034652.23	1.086	0.673	0.28	0.06	nd	0.68

Confrontando le ricostruzioni piezometriche del quadrimestre di riferimento con quella relativa alla Fase A (novembre 2005) è possibile notare:

- nel mese di settembre, un sostanziale accordo con la configurazione *ante operam*;
- nel mese di ottobre, un abbassamento generale dei livelli piezometrici, dovuto all'evapotraspirazione estiva;
- nei mesi di novembre e dicembre i livelli sono superiori rispetto a quelli registrati durante la fase A, a causa delle intense precipitazioni avvenute.

Analogamente a quanto osservato durante la Fase A, in tutte le piezometrie elaborate si evidenzia un chiaro deflusso diretto dalla terraferma verso il mare.

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

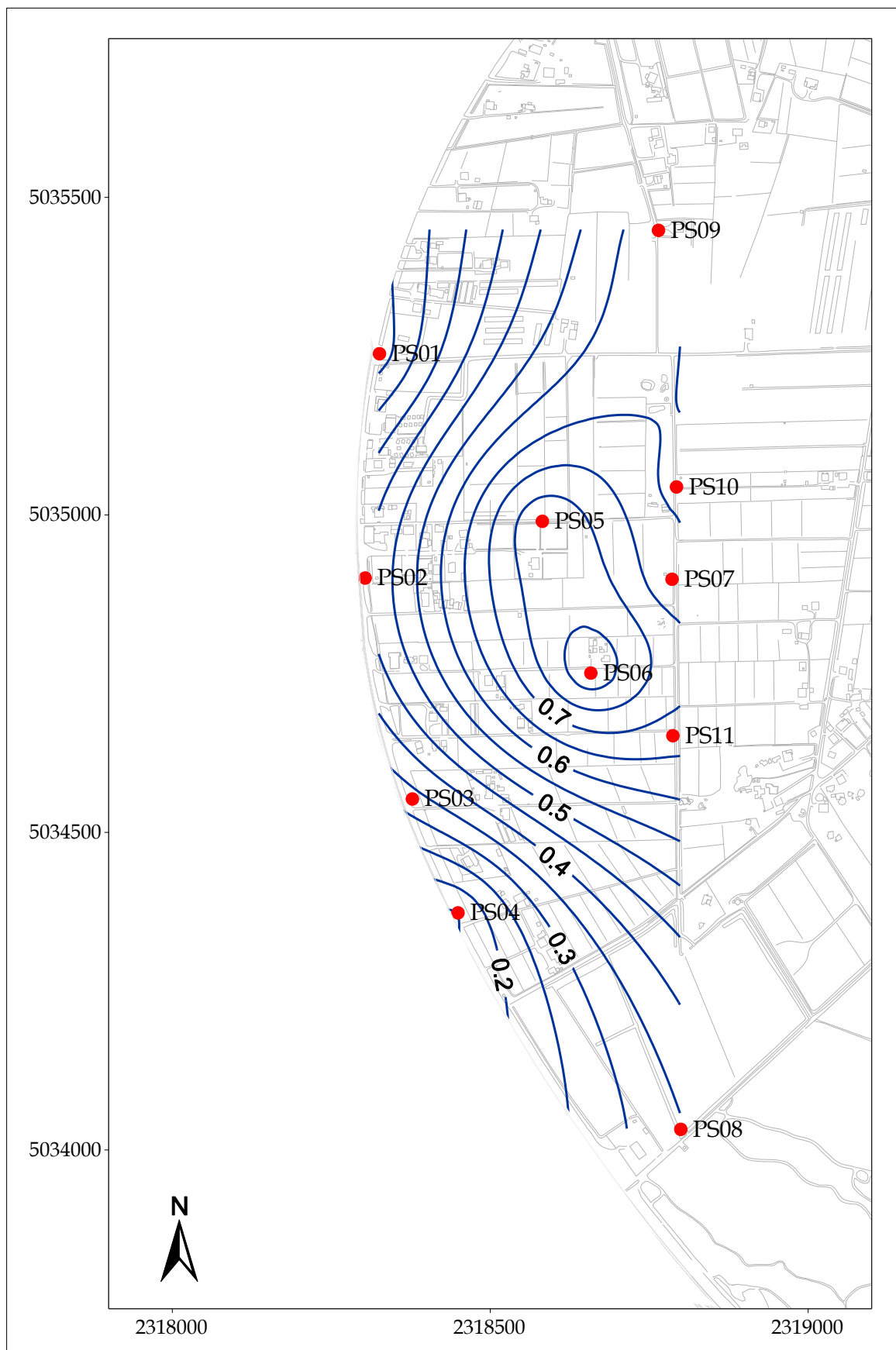


Fig. 5.3 - Piezometri superficiale Fase A - novembre 2005 (h_{il} - m s.l.m.).

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

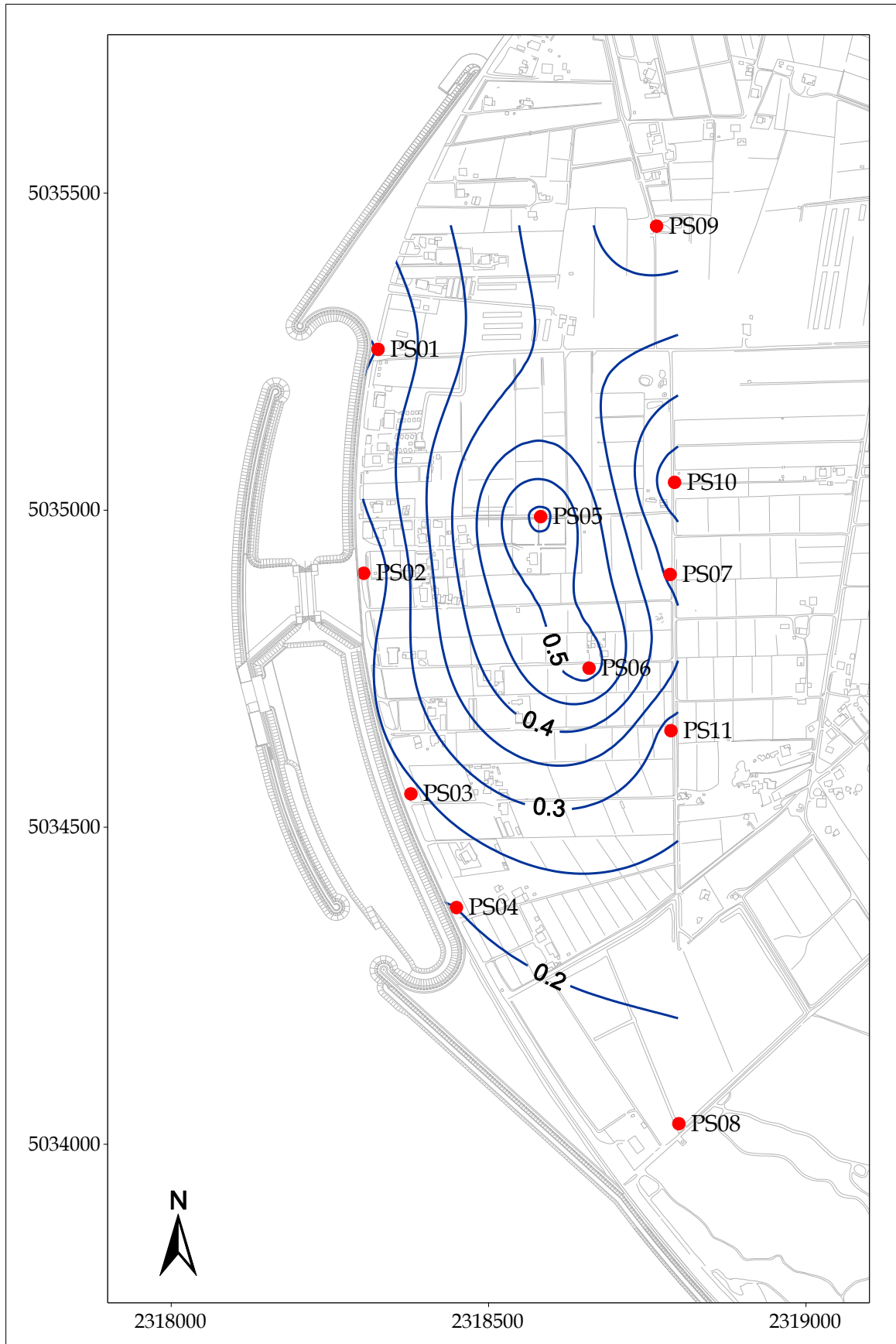


Fig. 5.4 - Piezometria superficiale - settembre 2008 (h_d - m s.l.m.).

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

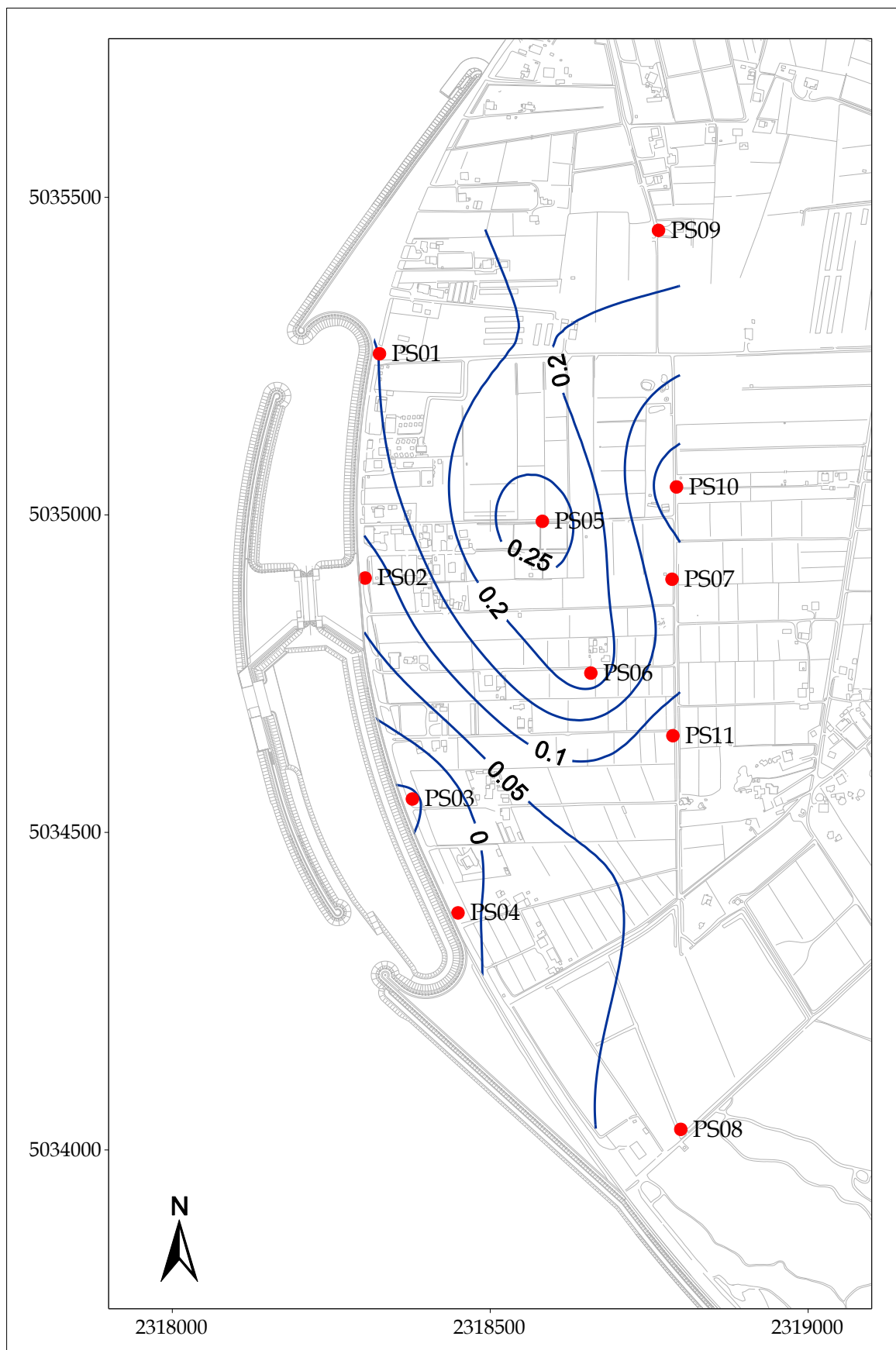


Fig. 5.5- Piezometria superficiale - ottobre 2008 (h_{el} - m s.l.m.).

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

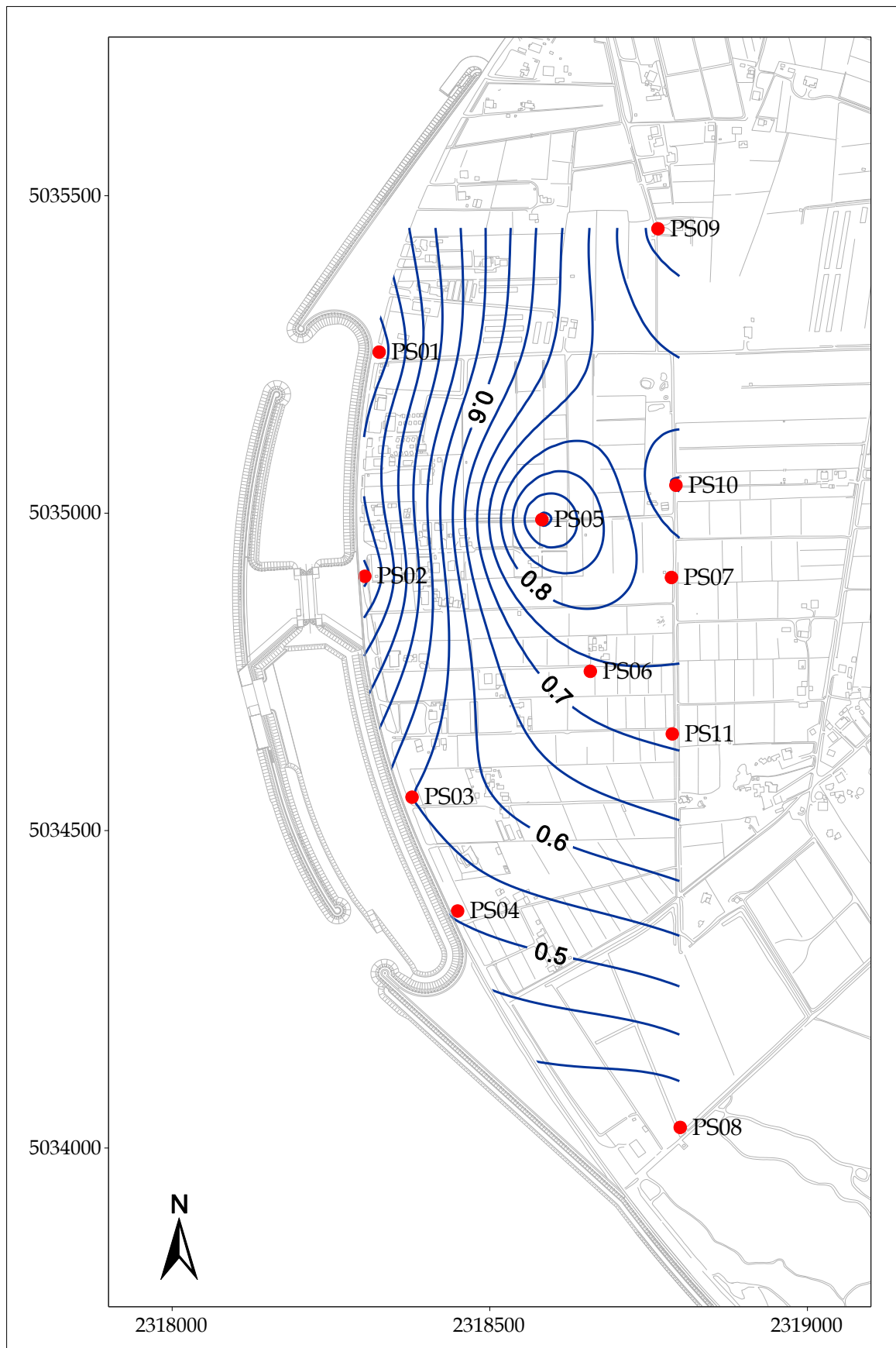


Fig. 5.6 - Piezometria superficiale - novembre 2008 (h_t - m s.l.m.).

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

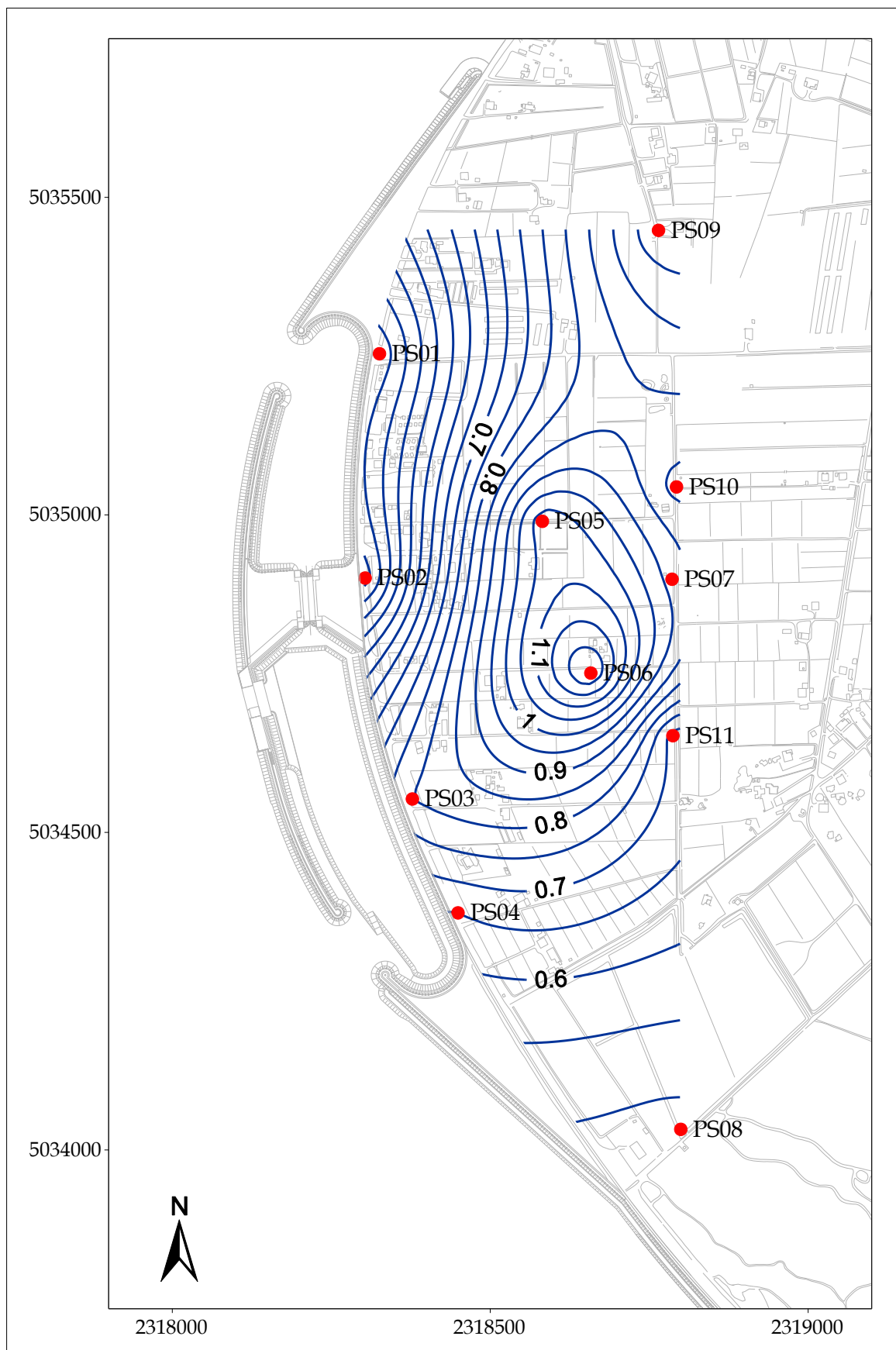


Fig. 5.7 - Piezometria superficiale - dicembre 2008 (h_t - m s.l.m.).

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

5.1.2 *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. 5.4 sono riportati i livelli piezometrici riferiti a quattro istanti temporali, uno per ognuno dei mesi monitorati ed uno appartenente alla Fase A. Nelle Figg. 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12 sono riportate le relative piezometrie, elaborate con il software Surfer.

Tab.5. 1 – Livelli piezometrici h_{fl} relativi al secondo livello acquifero: Fase A e quattro date di riferimento.

Piezometro	X	Y	z_t (m s.l.m.)	Fase A	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
				h_{fl} (m s.l.m.)	h_{fl} (m s.l.m.)	h_{fl} (m s.l.m.)	h_{fl} (m s.l.m.)	h_{fl} (m s.l.m.)
PP01	2318325.44	5035252.10	1.801	0.337	-0.30	-0.34	-0.12	-0.28
PP02	2318303.40	5034898.36	1.681	0.298	-0.40	-0.45	-0.25	-0.41
PP03	2318378.37	5034550.49	1.431	0.353	-2.67	-2.62	-2.17	-2.21
PP04	2318448.54	5034374.67	1.416	0.394	-5.60	-4.46	-3.93	-4.04
PP05	2318579.81	5034989.68	1.718	0.469	-0.35	-0.40	-0.18	-0.31
PP06	2318658.29	5034748.80	1.636	0.375	-0.67	-0.74	nd	-0.57
PP07	2318786.12	5034900.50	1.318	0.401	-0.07	-0.16	nd	0.35
PP08	2318800.26	5034031.14	0.747	0.260	-0.71	-0.73	-0.44	-0.52
PP09	2318765.07	5035445.93	2.255	0.339	-0.05	-0.10	0.07	-0.03
PP10	2318793.08	5035045.83	2.086	0.302	-0.36	-0.44	-0.20	-0.29
PP11	2318787.40	5034654.31	1.149	0.288	-0.64	-0.72	nd	-0.39
PP12	2318498.26	5034363.43	1.071	nd	nd	nd	nd	-3.44
PP13	2318631.11	5034397.36	1.169	nd	nd	nd	nd	nd
PP14	2318619.38	5034536.86	1.502	nd	nd	nd	nd	-1.04

Come illustrato nei precedenti Rapporti di Valutazione, la configurazione della piezometria profonda non risulta essere compatibile con quanto registrato durante la Fase A, risentendo delle operazioni di pompaggio della tura lato mare: in particolare nel piezometro PP03 si riscontra un abbassamento di livello di circa 3 m rispetto alla Fase A, mentre nel piezometro PP04 tale diminuzione di livello è pari a circa 5 m; negli altri piezometri i livelli risultano inferiori rispetto a quelli registrati nella Fase A, con differenze comprese tra 30 e 100 cm.

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

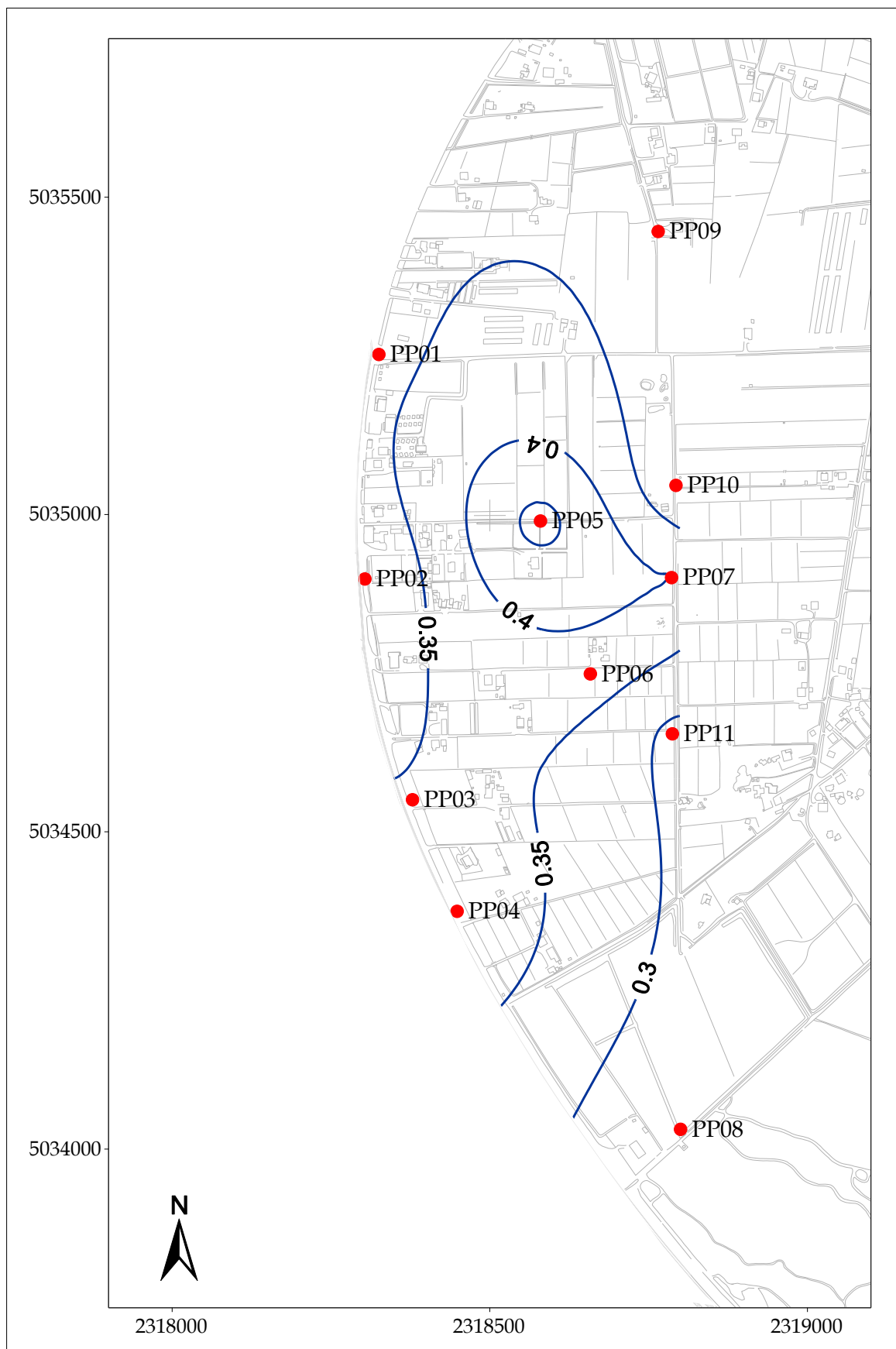


Fig. 5.8- Piezometria profonda Fase A - novembre 2005 (h_{hl} - m s.l.m.).

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

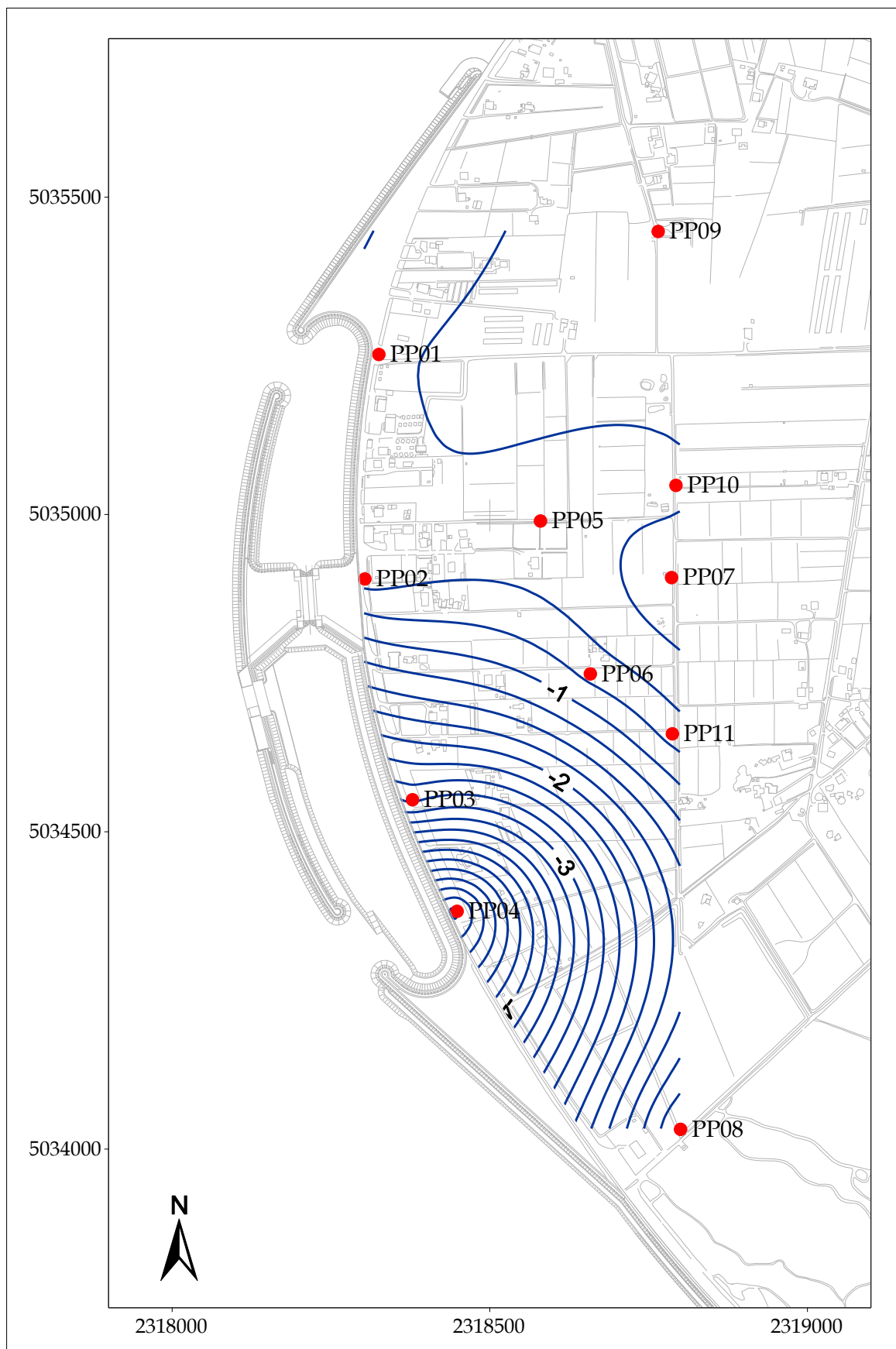


Fig. 5.9 - Piezometria profonda - settembre 2008 (h_{pi} - m s.l.m.).

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

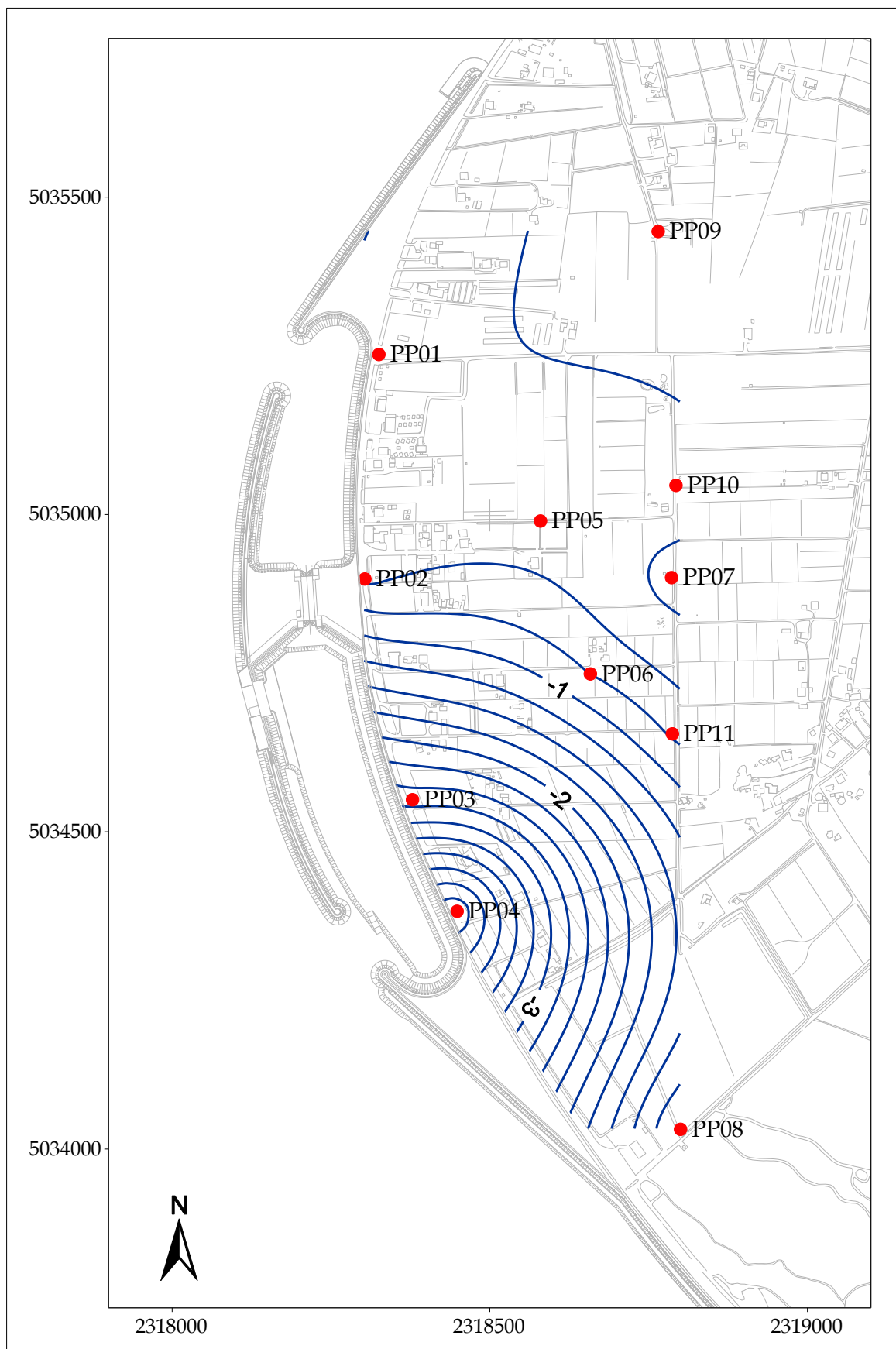


Fig. 5.10 - Piezometria profonda - ottobre 2008 (h_{tl} - m s.l.m.).

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

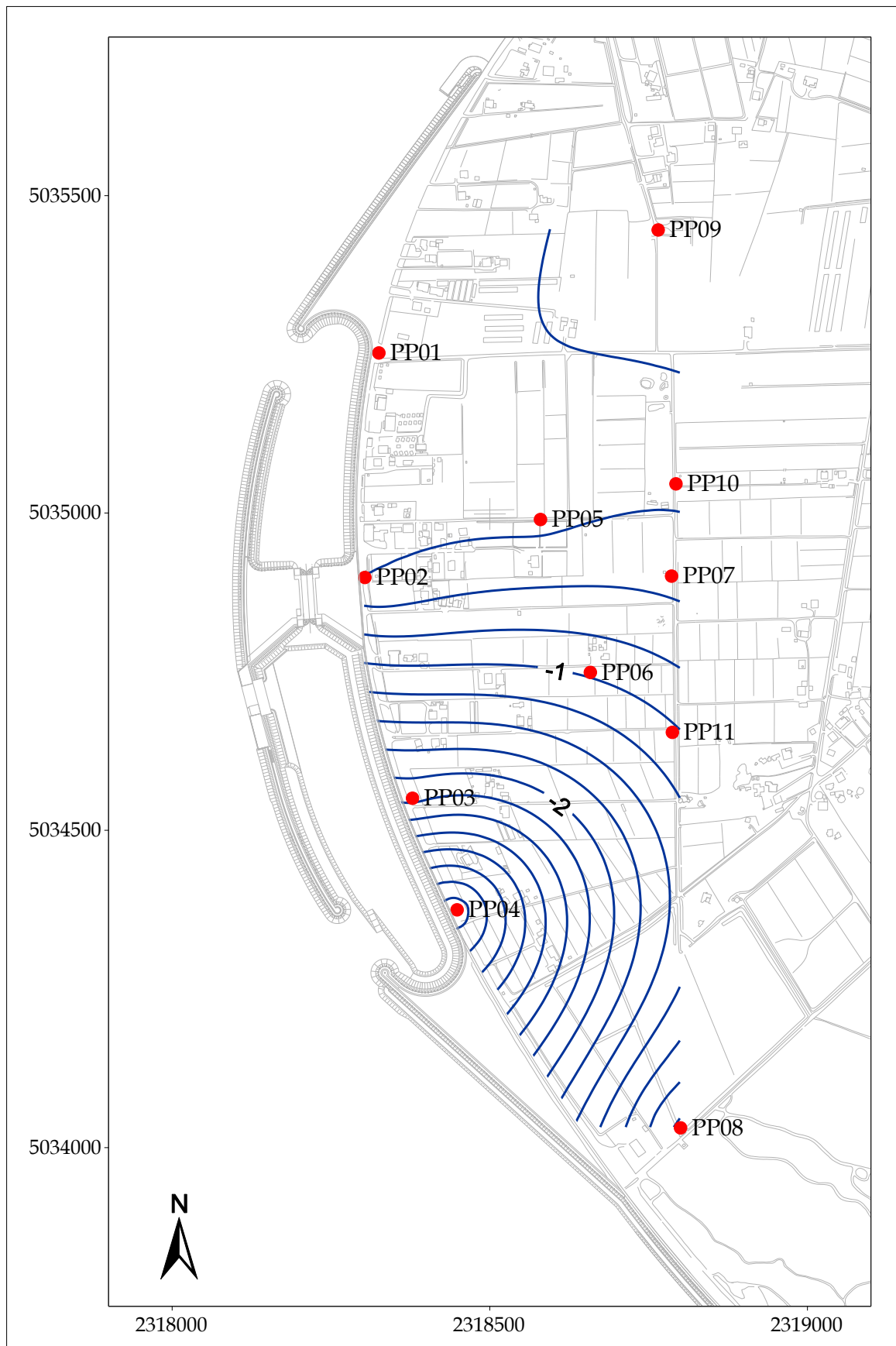


Fig. 5.11 - Piezometria profonda - novembre 2008 (h_d - m s.l.m.).

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

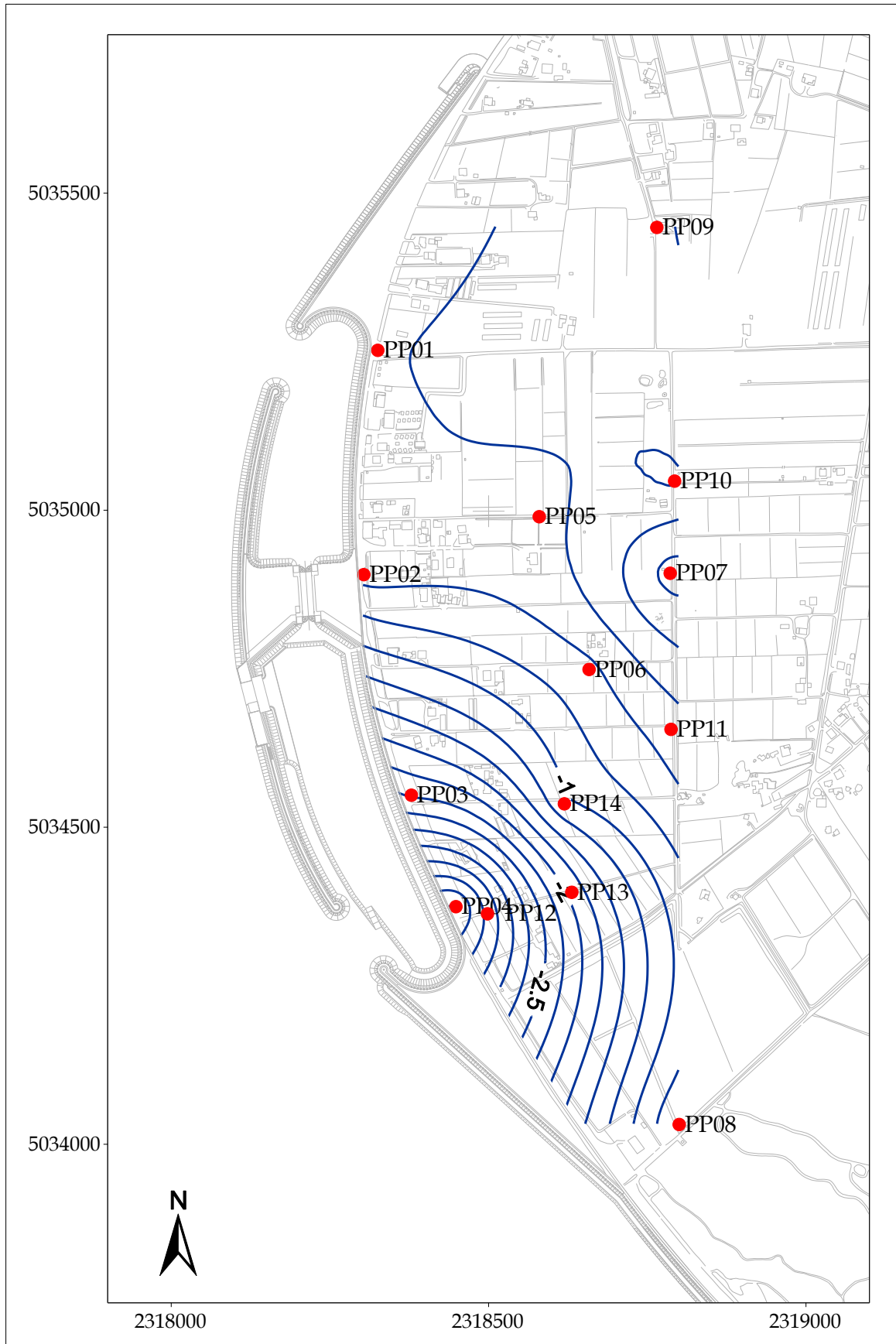


Fig. 5.12 - Piezometria profonda - dicembre 2008 (h_{fl} - m s.l.m.).

6. VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE

Le soglie identificate nel “Rapporto di Variabilità Attesa” (Studio B.6.72 B/1, dicembre 2005) prendono in considerazione eventi quali il basso o l’alto livello piezometrico, valutati sui valori istantanei dei carichi idraulici e sui valori mediati su 24 ore, come definito dalle seguenti relazioni (vedasi Tab. 6.1):

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

Tab. 6.1- 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 BOCHE LAGUNARI

Nel corso del quadrimestre di monitoraggio settembre – dicembre 2008 è stato verificato il rispetto delle soglie indicate in Tab. 6.1. Nel seguito sono indicati i superamenti:

- le soglie di Alto Livello Istantaneo e Medio sono state rispettate per tutti i piezometri profondi e superficiali, ad eccezione dei piezometri superficiali PS06, PS07, PS08, PS11 in occasione delle intense precipitazioni avvenute nei giorni 15-17/12/08;
- le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio sono state rispettate per tutti i piezometri superficiali;
- la soglia di Basso Livello Istantaneo non è stata rispettata nei piezometri profondi PP03, PP04, PP12 e PP14 durante l'intero periodo monitorato; in occasione di alcuni massimi mareali sono stati registrati superamenti nei piezometri profondi PP01, PP05, PP08, PP09, PP10; nei piezometri PP02, PP06, PP08 e PP11 sono stati riscontrati frequenti superamenti della soglia di Basso Livello Istantaneo; in data 05/11/08 è stato registrato un superamento della soglia di Basso Livello Istantaneo nel piezometro PP07, in corrispondenza di un picco mareale;
- la soglia di Basso Livello Medio non è stata rispettata nei piezometri profondi PP04, PP03, PP12 e PP14 durante tutto il periodo monitorato;

In Figg. 6.1, 6.2 e 6.3 sono visualizzate le soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo per i piezometri superficiali. In Figg. 6.5, 6.6 e 6.7 sono visualizzate le soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo per i piezometri profondi. Nelle Figg. 6.4 e 6.8 sono riportati i tracciati dei livelli piezometrici mediati, rispettivamente dei piezometri superficiali e profondi, associati alla soglia di Basso Livello Medio.

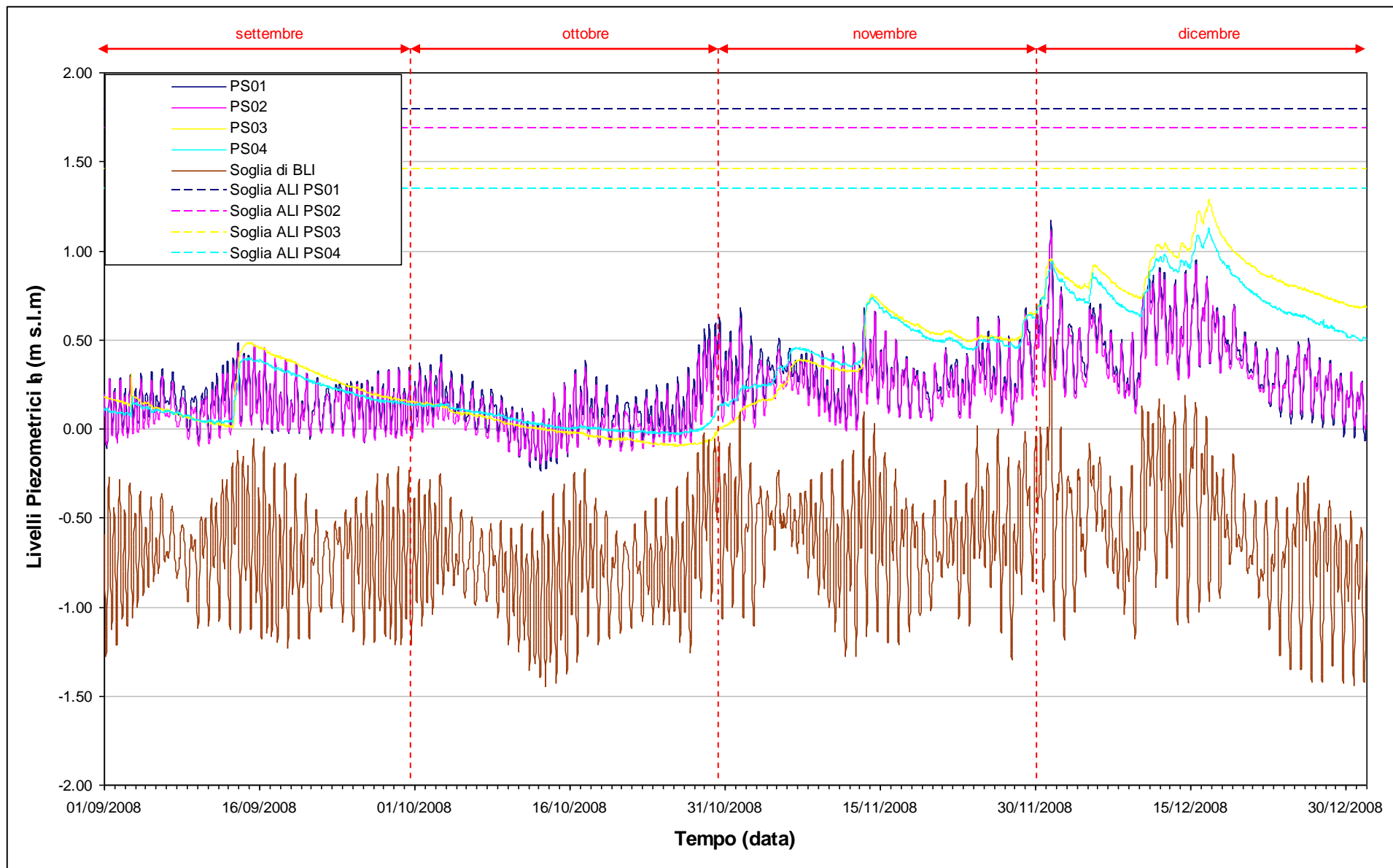


Fig. 6.1- Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo per i piezometri superficiali PS01, PS02, PS03, PS04.

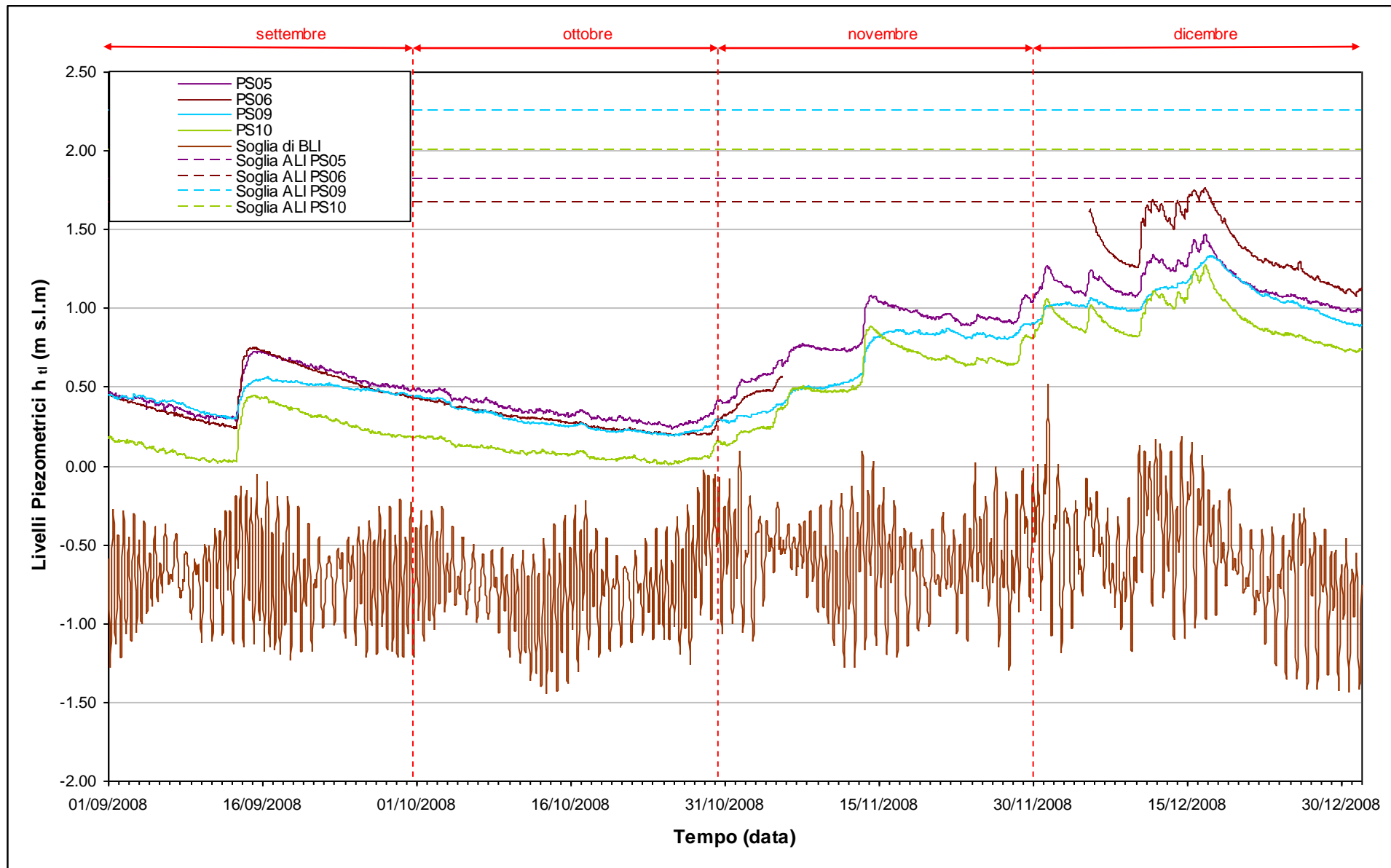


Fig.6.2 - Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo per i piezometri superficiali PS05, PS06, PS09, PS10.

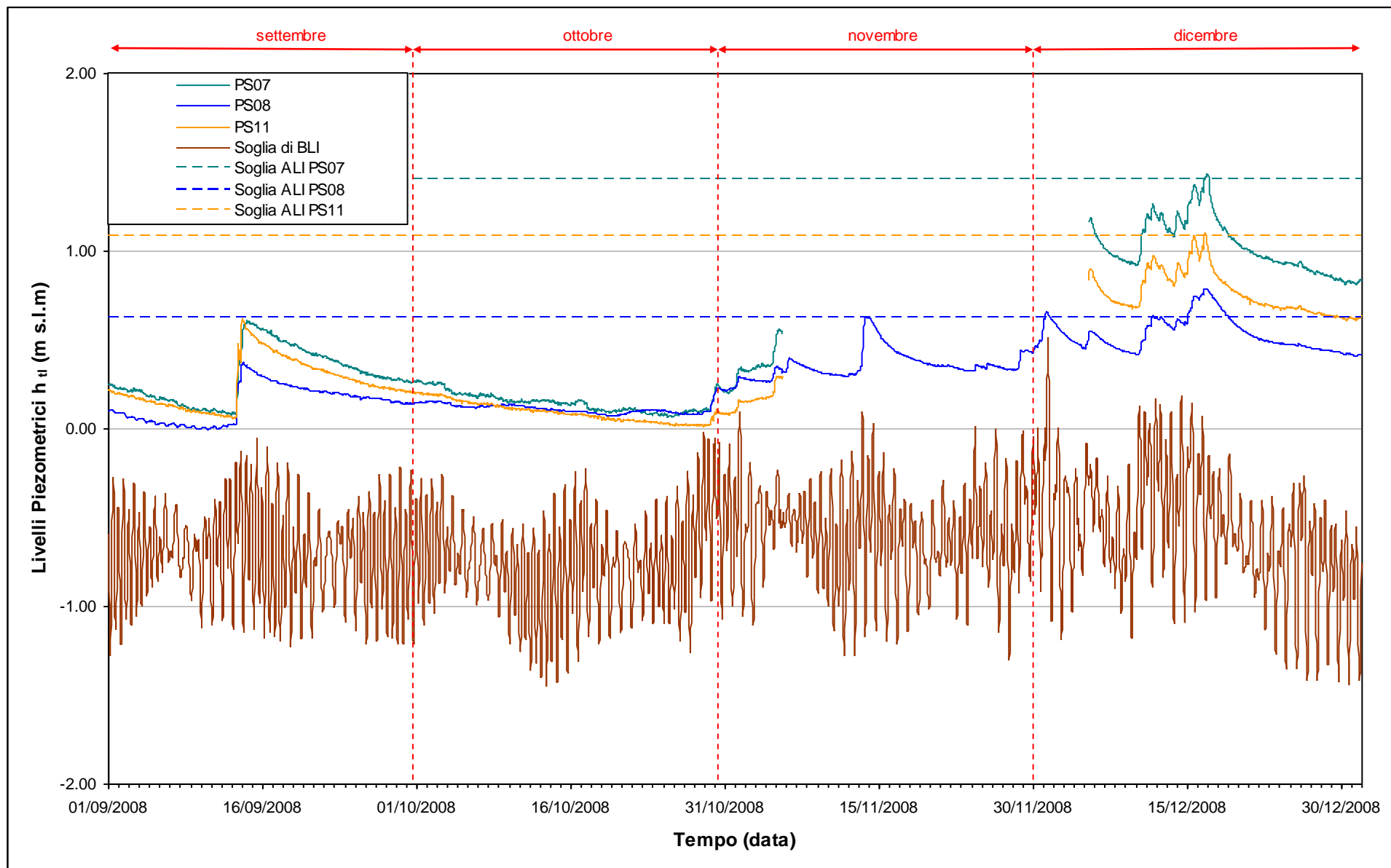


Fig.6.3 - Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo per i piezometri superficiali PS07, PS08, PS11.

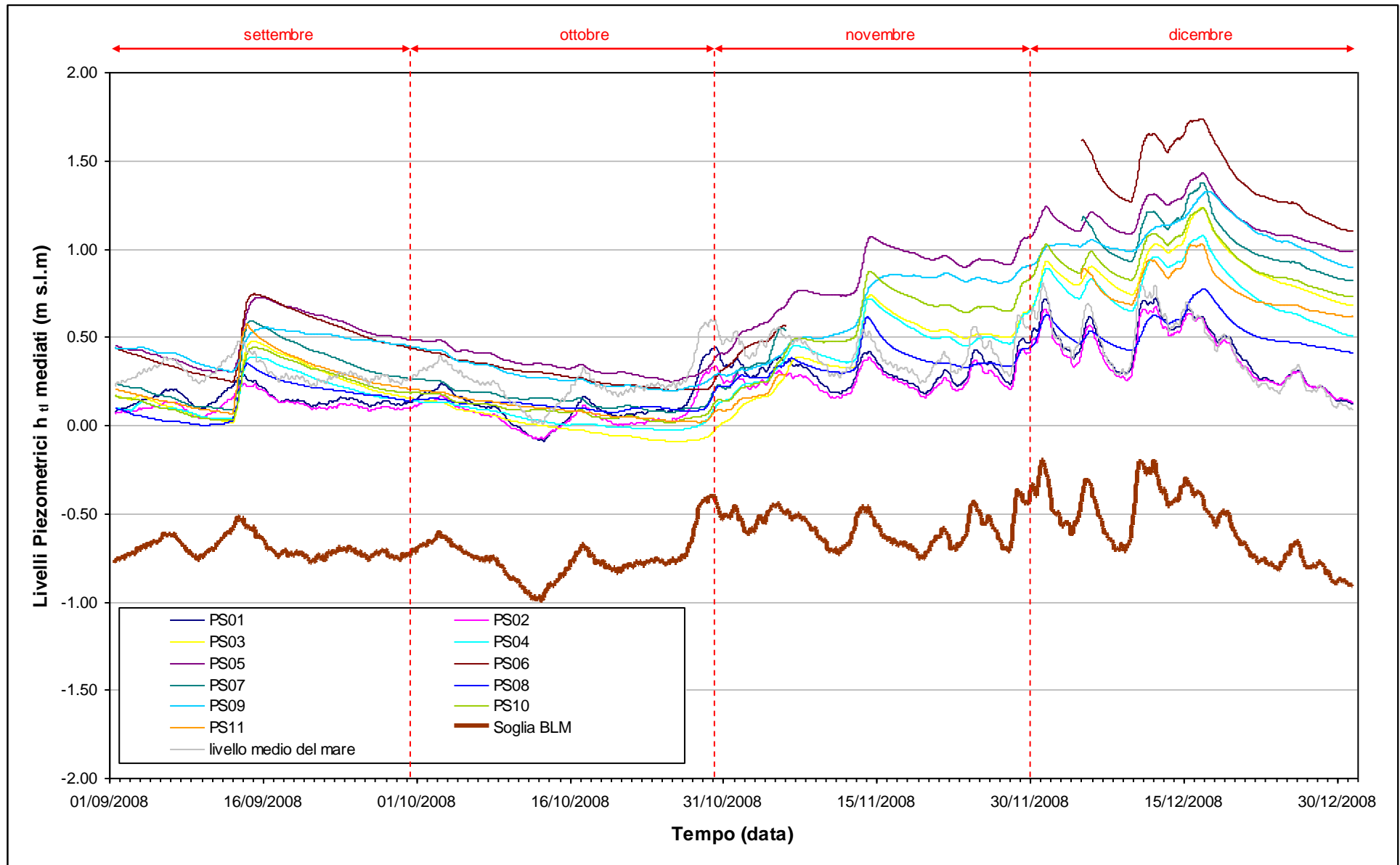


Fig. 6.4 - Livelli piezometrici mediati dei piezometri superficiali e soglia di Basso Livello Medio.

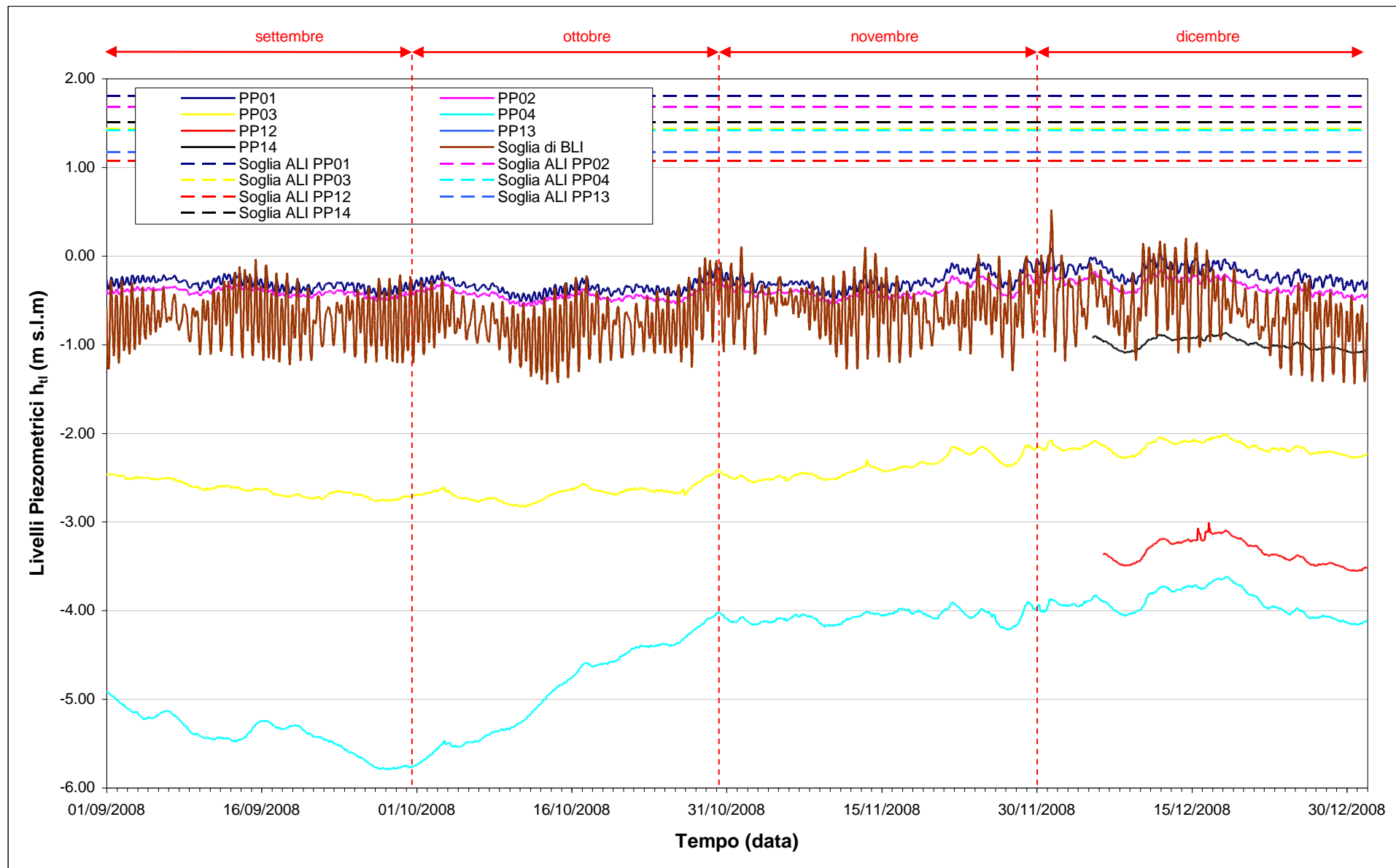


Fig. 6.5 - Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo per i piezometri profondi PP01, PP02, PP03, PP04, PP12, PP13, PP14.

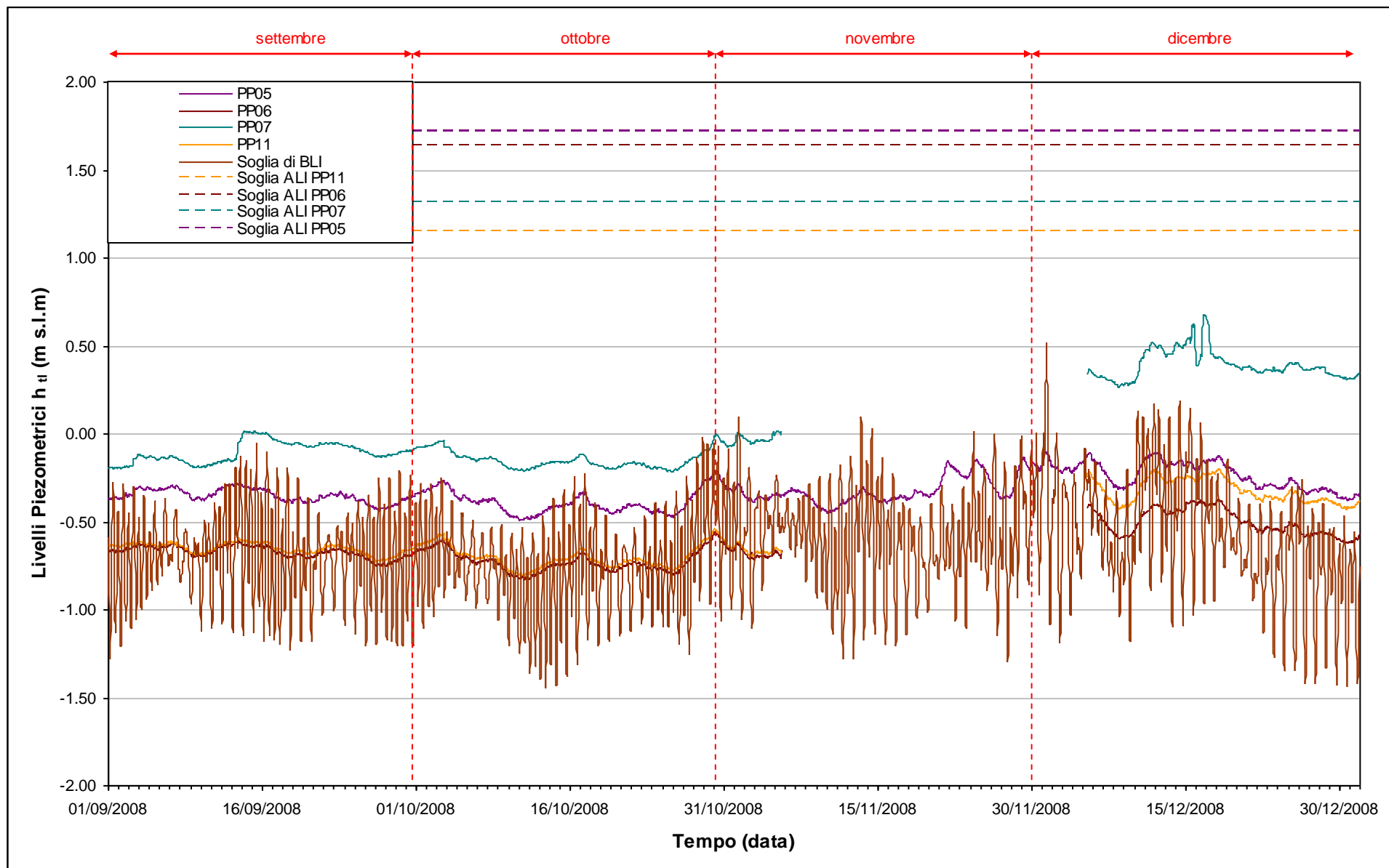


Fig. 6.6 – Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo per i piezometri profondi PP05, PP06, PP07, PP11.

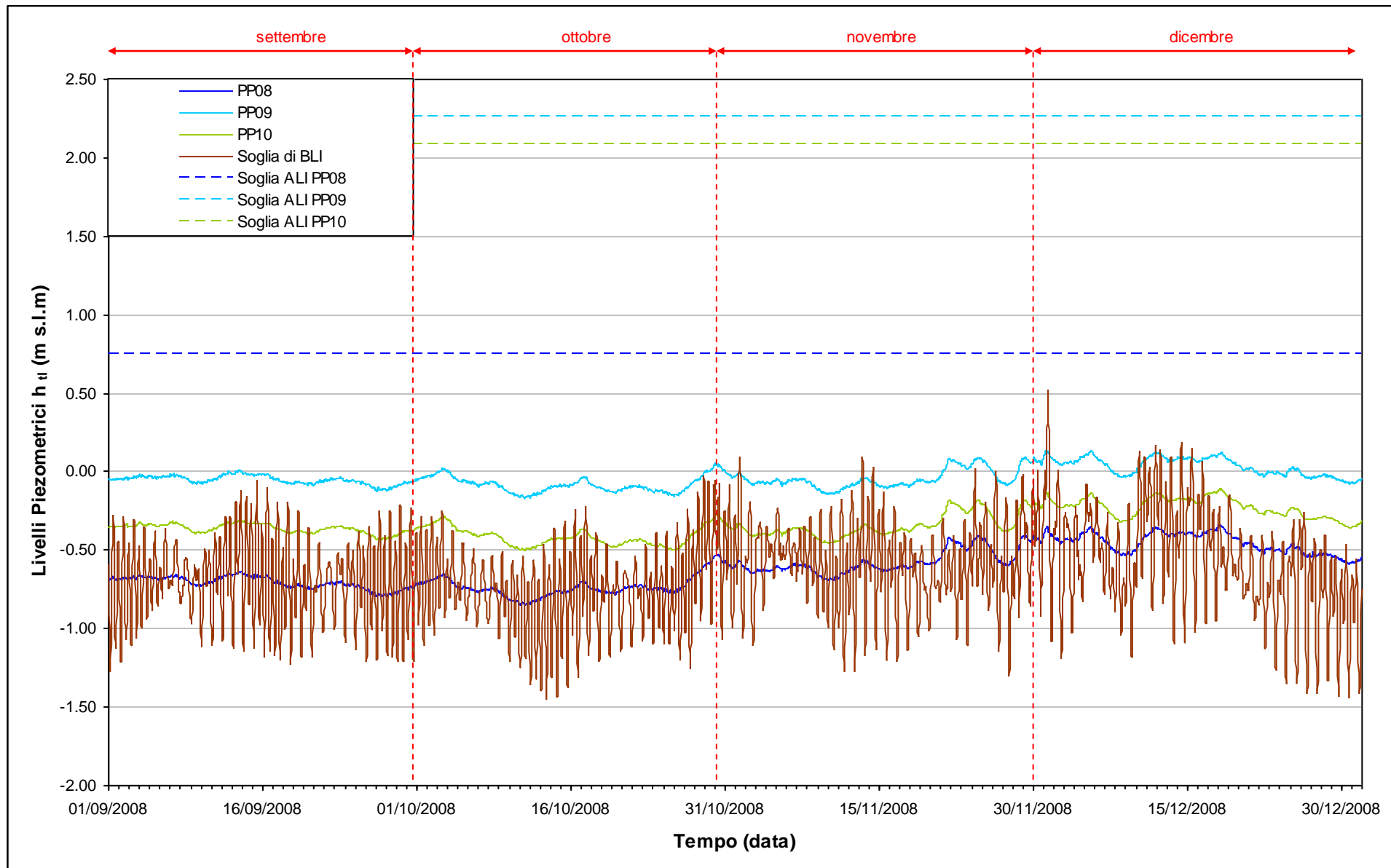


Fig. 6.7 - Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo per i piezometri profondi PP08, PP09, PP10.

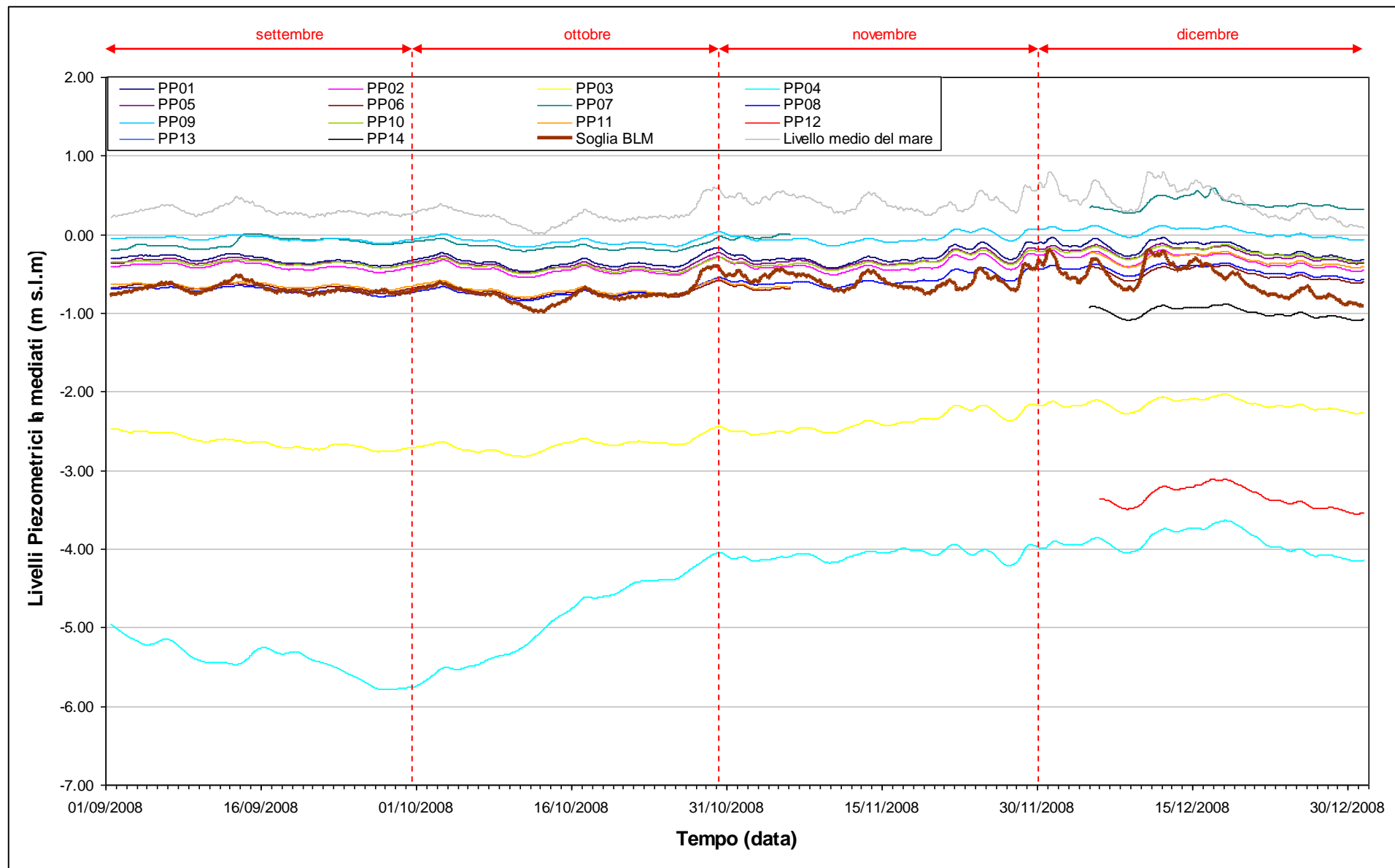


Fig. 6.8 - Livelli piezometrici mediati dei piezometri profondi e soglia di Basso Livello Medio.

7. CONCLUSIONI

Nell'ambito del presente Rapporto di Valutazione, relativo al periodo di monitoraggio compreso tra il 01/09/2008 e il 31/12/2008, sono stati valutati gli andamenti dei livelli piezometrici all'interno del primo e secondo livello acquifero. Sono, inoltre, state analizzate le influenze delle forzanti naturali ed antropiche agenti sul sistema dinamico ed è stato effettuato uno studio sulla variazione spazio-temporale della densità dell'acqua di falda.

In tutti i piezometri dell'acquifero superficiale, ad eccezione delle postazioni PS01 e PS02 (i cui livelli sono legati alle oscillazioni mareali), si è assistito ad una risalita dei livelli piezometrici di 30-70 cm circa, attribuibile alle forti precipitazioni autunnali. Dalle elaborazioni piezometriche i livelli nel mese di settembre risultano simili a quelli registrati durante il monitoraggio di Fase A (novembre 2005), mentre nel mese di ottobre sono inferiori e nei mesi di novembre e dicembre sono superiori.

La configurazione piezometrica in corrispondenza del secondo livello acquifero non risulta essere compatibile con quanto registrato durante la Fase A, risentendo delle operazioni di pompaggio della tura lato mare. Nei piezometri profondi il livello è rimasto sostanzialmente stabile rispetto ai mesi precedenti, ad eccezione del PP03 e del PP04, nei quali si è verificata una risalita di livello rispettivamente di circa 25 e 80 cm.

**PARTE SECONDA:
MONITORAGGIO CANTIERE
DI CA' ROMAN**

8. INTRODUZIONE

La seconda parte di questo documento descrive l'analisi dei dati derivanti dai rapporti mensili di monitoraggio nel periodo 1 settembre 2008 - 31 dicembre 2008 relativi all'osservazione degli effetti delle attività del cantiere alla Bocca di Chioggia sulla falda idrica sotterranea in località Ca' Roman, come previsto dal Disciplinare Tecnico (Studio B.6.72 B/4 "Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova, 2008).

Nel presente rapporto sono riportati i tracciati relativi ai livelli piezometrici in corrispondenza della postazione doppia di monitoraggio nel periodo di osservazione. I dati sono messi in relazione alle forzanti naturali (precipitazioni, oscillazioni mareali e pressione atmosferica) che concorrono alla determinazione dei livelli piezometrici dei due acquiferi monitorati. I livelli piezometrici misurati nelle postazioni di monitoraggio sono stati confrontati con quelli registrati durante la Fase A, relativa agli andamenti dei livelli nella situazione *ante operam*. Inoltre, essi sono stati confrontati con le soglie di alto e basso livello, allo scopo di evidenziarne eventuali superamenti. Vengono infine presentati i profili verticali di densità elaborati a partire dai dati di conduttanza rilevati durante i sopralluoghi mensili.

9. ANALISI DEI DATI

In questo capitolo vengono analizzate le risposte del sistema dinamico, registrate dai trasduttori di livello disposti nella postazione doppia di monitoraggio sita in località Ca' Roman (Fig. 9.1), nel periodo compreso tra il 01/09/2008 e il 31/12/2008.

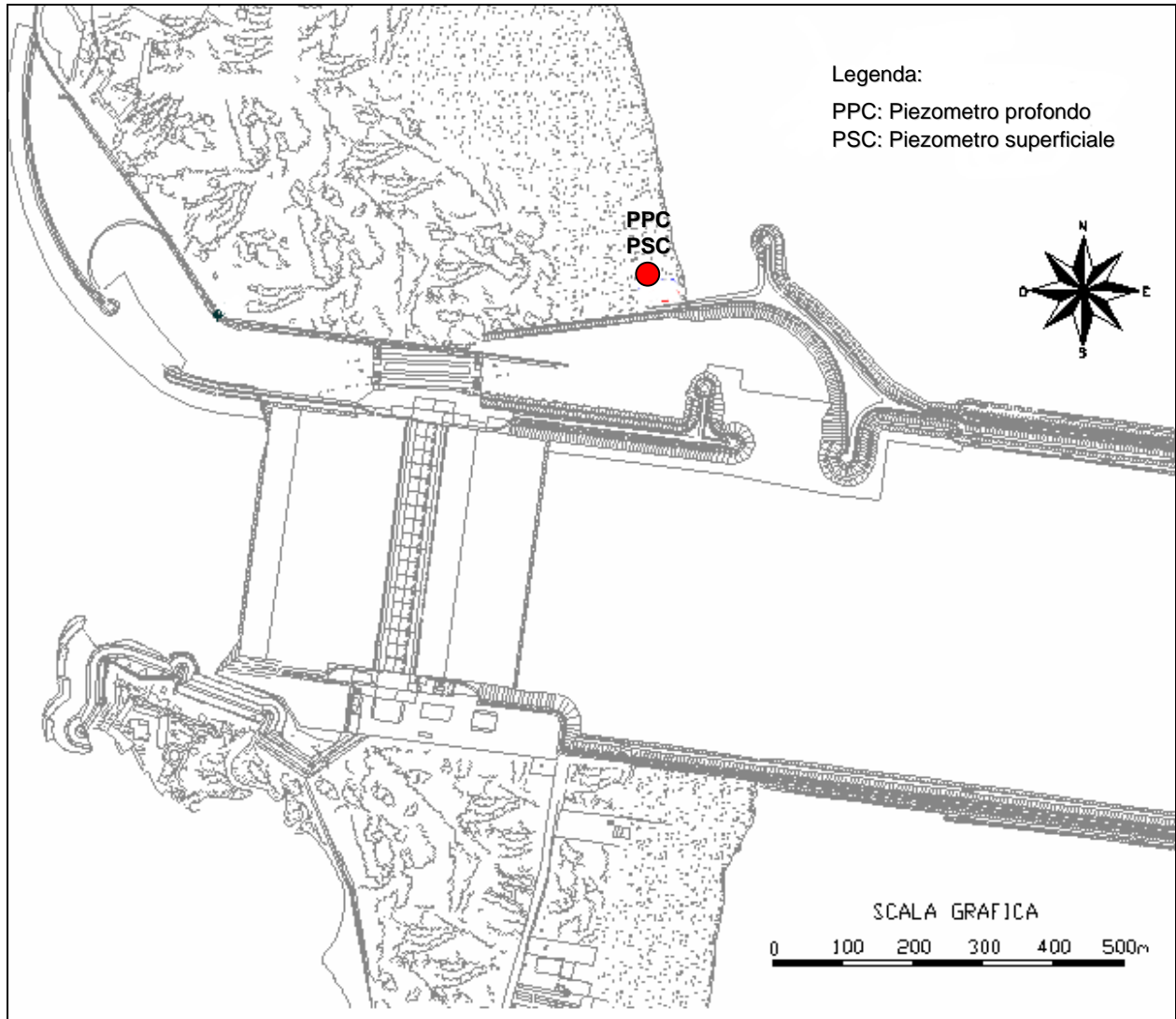


Fig. 9.1 - Ubicazione dei piezometri.

9.1 Misura del carico idraulico mediante trasduttori di livello

La risposta del sistema è misurata dal carico idraulico h_{il} , registrato dai 2 trasduttori di livello e calcolabile mediante l'espressione mostrata nel paragrafo 2.1 (per ulteriori informazioni si veda "Rapporto di Pianificazione Operativa", Studio B.6.72 B/1, dicembre 2005).

9.2 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 "Cepe";
- **oscillazioni mareali** registrate dal mareografo "Diga Sud Chioggia";
- **pressione atmosferica** registrata dal barologger BC01, installato in corrispondenza del piezometro superficiale PSC01.

9.2.1 Precipitazioni

In Fig. 9.2 è riportato l'andamento delle precipitazioni registrate durante il periodo di monitoraggio dalla stazione meteorologica "Cepe" di Malamocco. La Tab. 9.1 riporta gli eventi piovosi più significativi, caratterizzati da un'altezza di pioggia superiore a 5 mm.

Tab. 9.1- Eventi piovosi significativi verificatesi nel periodo di monitoraggio.

DATA	DURATA (h)	ENTITÀ (mm)
13-14/09/08	25	75.2
29/10/08	10	15,1
01/11/08	7	9,3
04/11/08	13	12,5
05-06/11/08	5	7,7
12-13/11/08	37	25
28/11/08	9	9,7
30/11/08	22	26,4
05/12/08	12	6.8
10-12/12/08	53	23.8
15-16/12/08	40	48.9

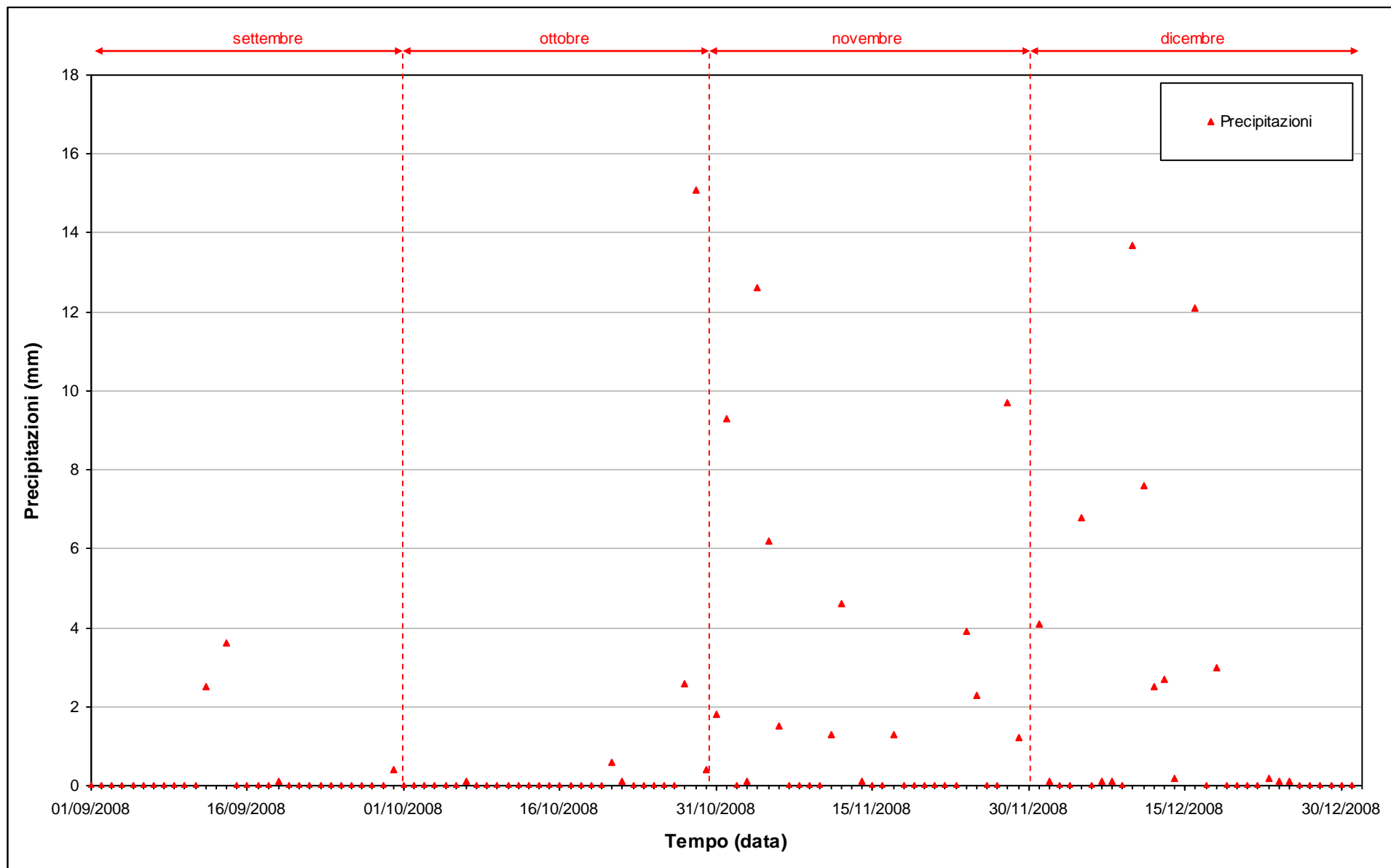


Fig. 9.2 - Precipitazioni registrate nel periodo di monitoraggio.

9.2.2 Livello del mare

In Allegato II è riportata la serie temporale relativa ai livelli marini ed in Fig. 9.3 è tracciato l'andamento del livello del mare registrato dal mareografo "Diga Sud Chioggia" durante il mese 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: in corrispondenza dei periodi di novilunio e plenilunio si verificano incrementi di frequenza e di ampiezza del fenomeno oscillatorio, mentre in corrispondenza dei quarti di luna le oscillazioni sono meno frequenti e più smorzate.

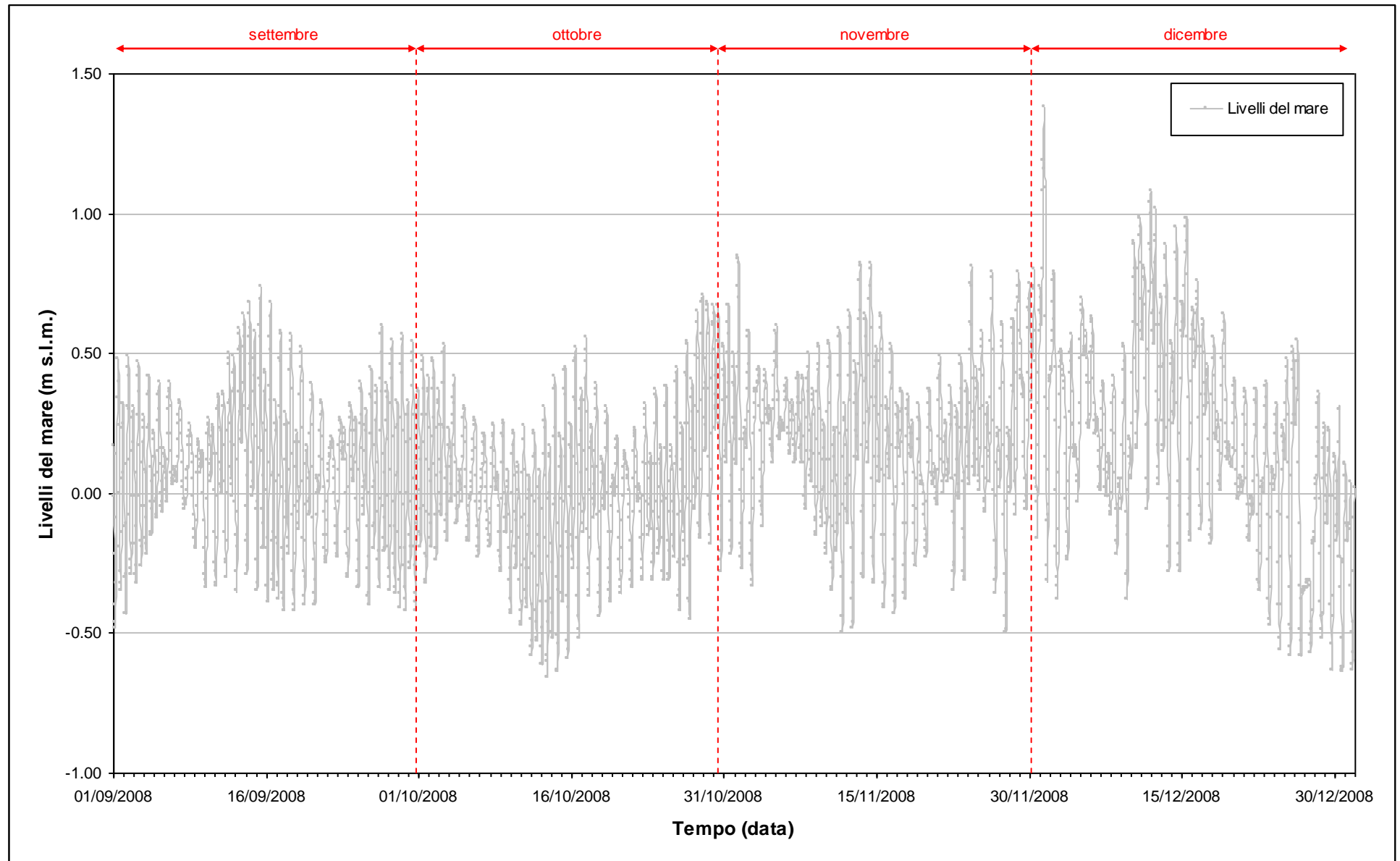
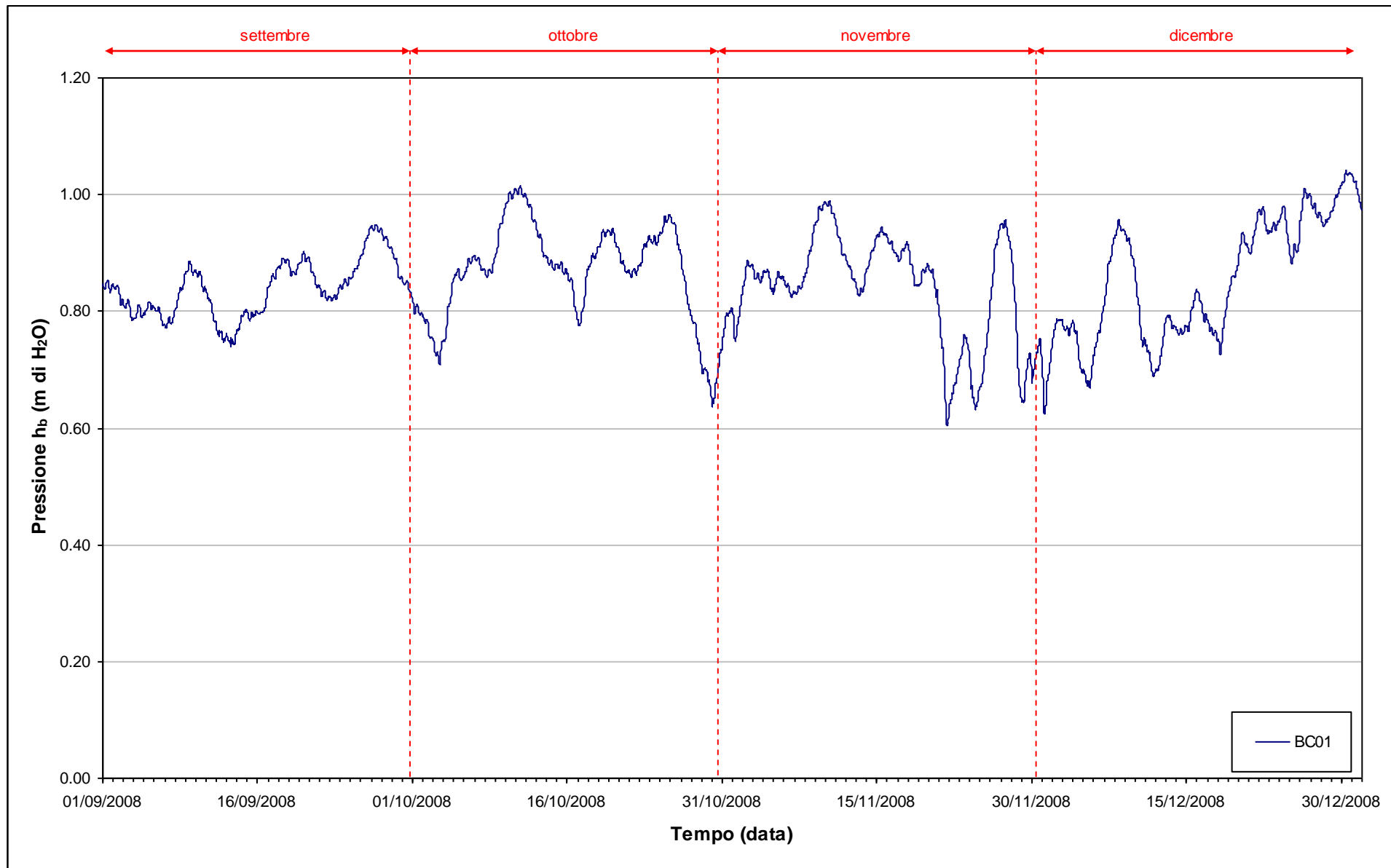


Fig. 9.3 - Livello del mare misurato in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia. I livelli sono riferiti al sistema IGM - "Genova 1942".

9.2.3 *Pressione atmosferica - h_v*

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

In Fig. 9.4 è riportato l'andamento del tracciato di misura del Barologger nel periodo di osservazione. Tali dati sono stati usati per la compensazione dei valori di livello dei due Levelogger installati nei piezometri PSC01 e PPC01.

Fig. 9.4- Tracciato di misura del Barologger BC01 (h_b).

9.3 Piezometro superficiale - primo livello acquifero (Strato A)

In questo capitolo vengono presentate ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti relativi al piezometro superficiale PSC01, finestrato in corrispondenza del primo livello acquifero (Strato A), calcolati secondo quanto descritto nel paragrafo 2.1.

9.3.1 Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{fl} (Fase A)

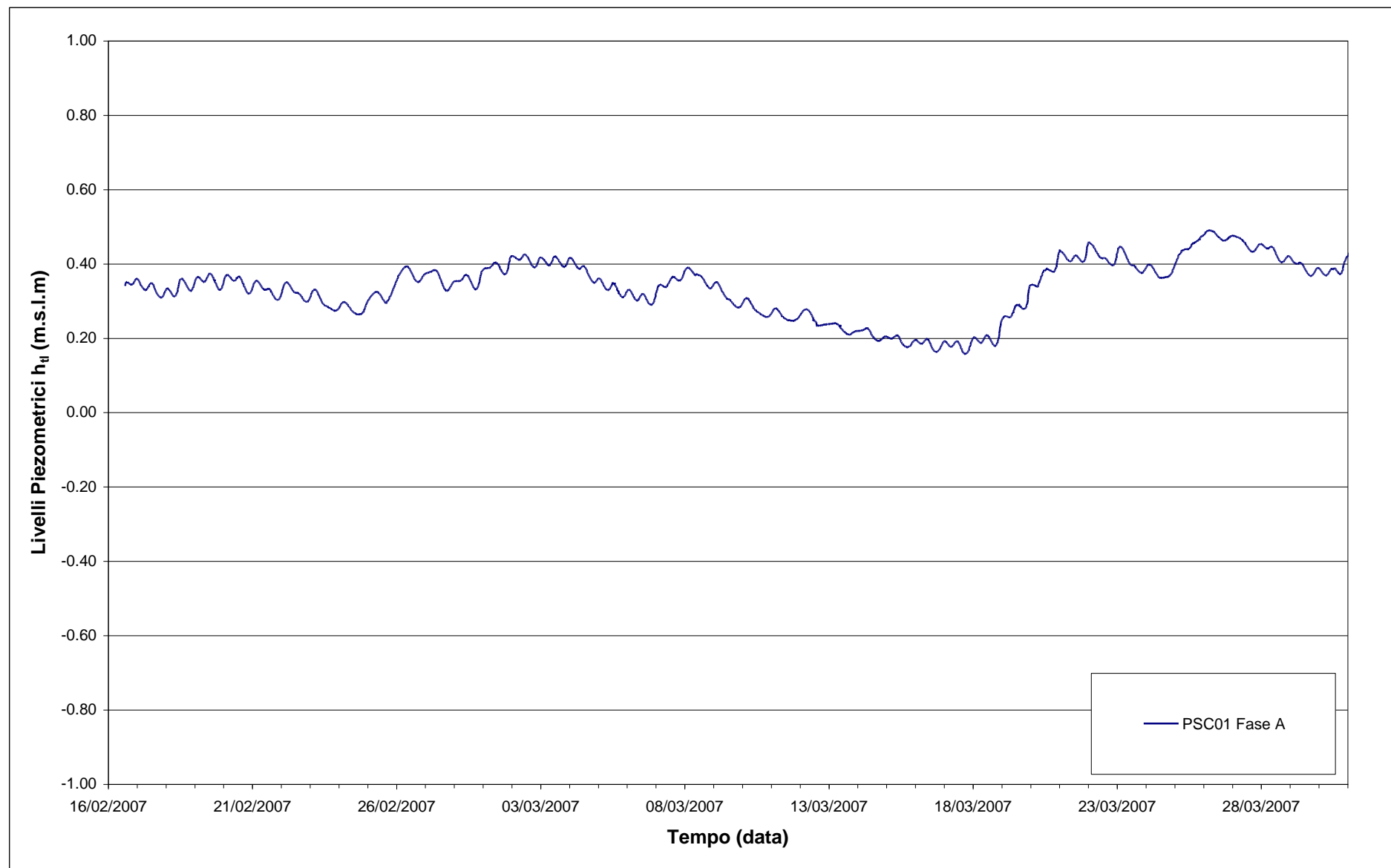
In Fig. 9.5 sono riportati i dati relativi ai livelli del piezometro PSC01 durante la Fase A (febbraio - marzo 2007).

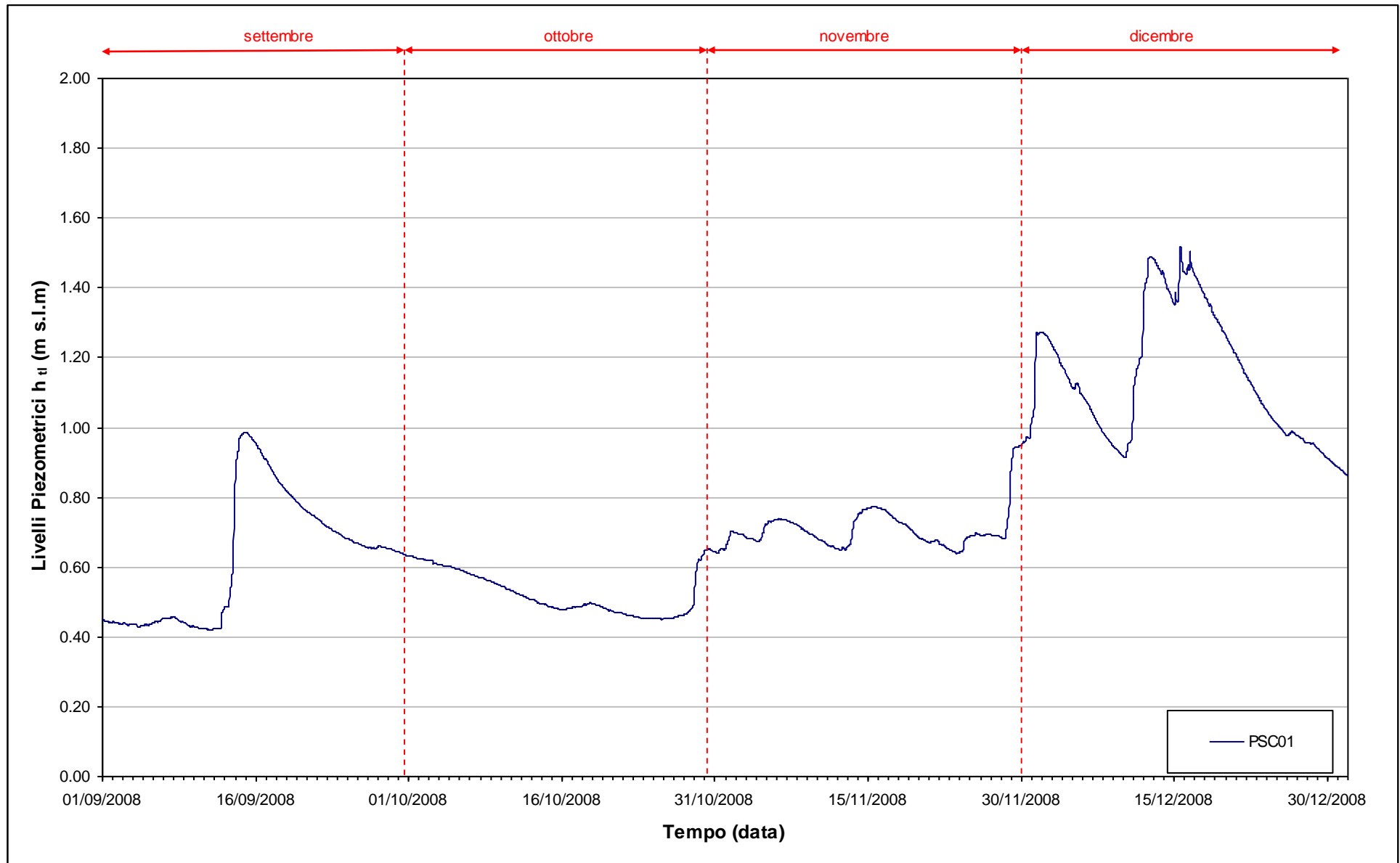
9.3.2 Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_{tl}

I dati riportati in Fig. 9.6 sono riferiti al quadrimestre di monitoraggio 1 settembre 2008 - 31 dicembre 2008.

Confrontando il tracciato del periodo settembre - dicembre 2008 con quelli relativi alla situazione *ante operam* si evidenzia un netto cambiamento nella dinamica piezometrica: a seguito dell'infissione dei palancolati nella porzione perimetrale della tura (avvenuta nel mese di gennaio 2008) i livelli registrati nel piezometro superficiale non seguono più le oscillazioni mareali ma risultano influenzati dagli eventi piovosi e dall'evapotraspirazione.

Nel periodo monitorato si osserva un aumento di livello di circa 40 cm attribuibile alle intense precipitazioni piovose.

Fig. 9.5 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale durante la Fase A.

Fig. 9.6- Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro superficiale nel quadrimestre di monitoraggio.

9.3.3 *Effetti mareali, delle precipitazioni e antropici*

In Fig. 9.7 è possibile confrontare i tracciati di misura del trasduttore posizionato in corrispondenza del piezometro PSC01 con le escursioni mareali registrate del mareografo Diga Sud Lido e con le precipitazioni registrate dalla centralina “Ceppe”.

Il grafico evidenzia come il livello nell’acquifero superficiale, in corrispondenza del piezometro PSC01, non risenta delle oscillazioni mareali.

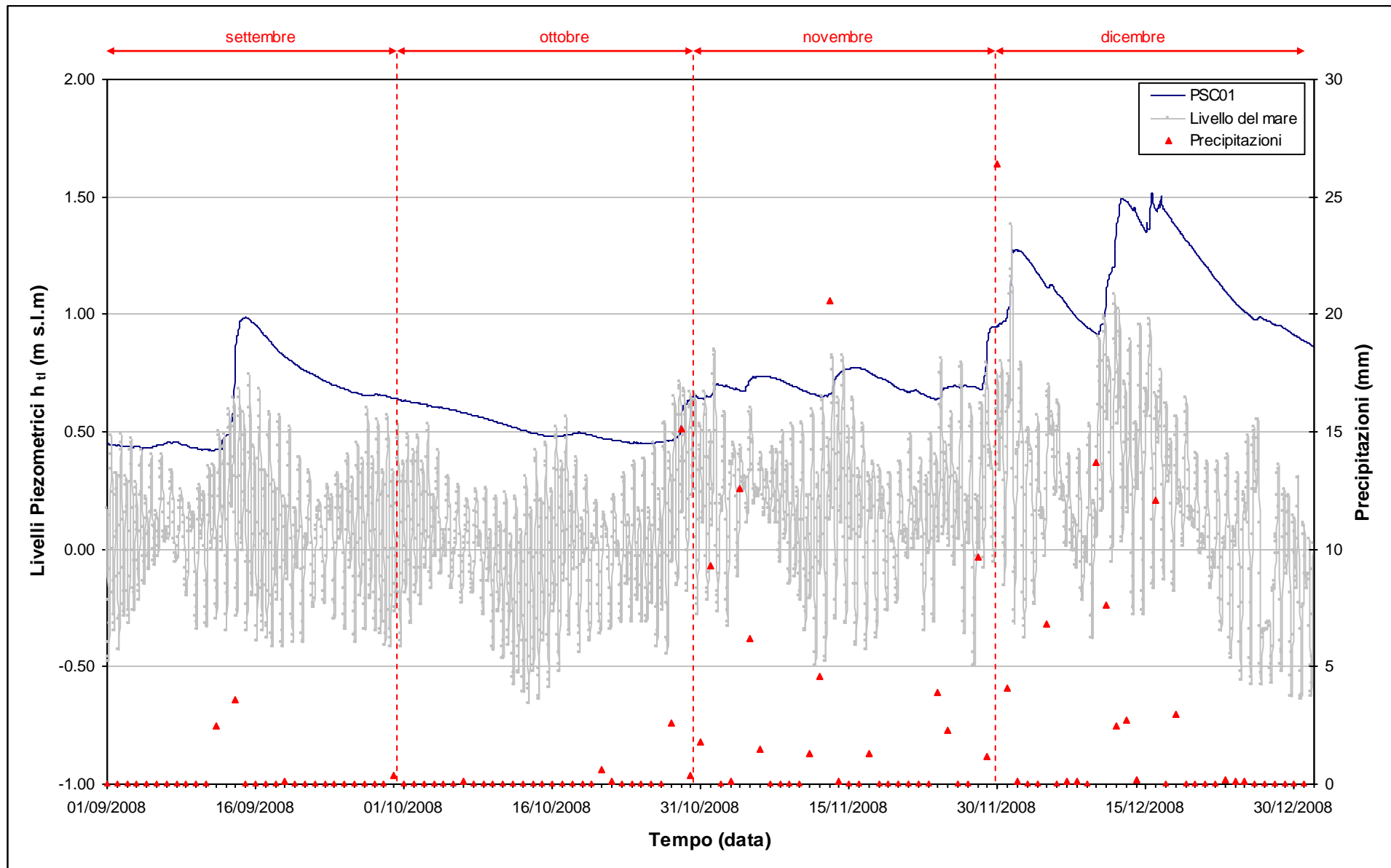


Fig. 9.7 - Livelli piezometrici del piezometro superficiale PSC01 e livelli del mare.

9.4 Piezometro profondo - secondo livello acquifero (Strato C)

Di seguito verranno presentati ed analizzate le serie temporali dei livelli piezometrici assoluti nel piezometro profondo finestrato in corrispondenza del secondo livello acquifero (Strato C), calcolati secondo quanto descritto nel paragrafo 2.1.

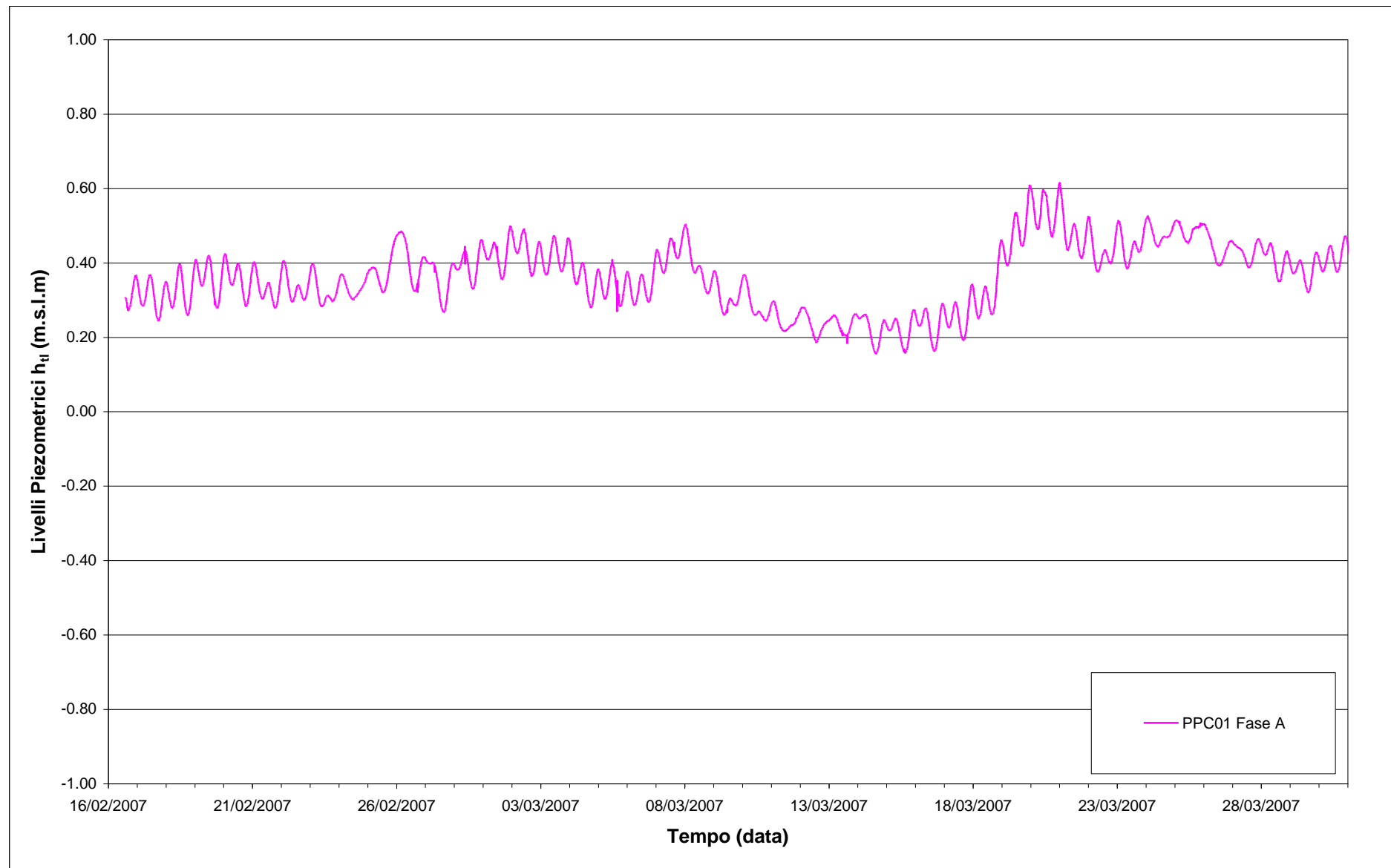
9.4.1 Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_H (Fase A)

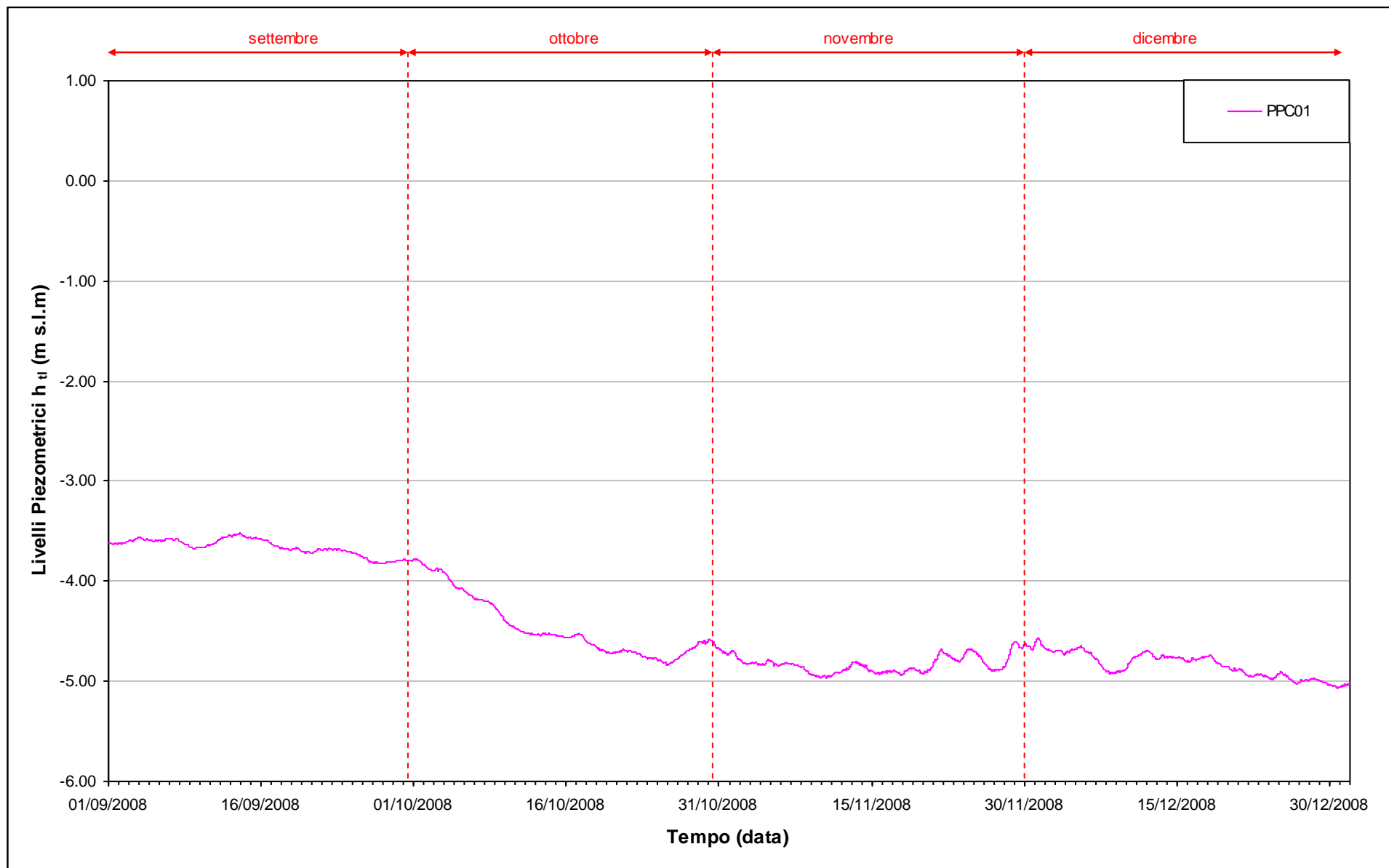
I dati riportati in Fig. 9.8 si riferiscono ai livelli piezometrici assoluti misurati in corrispondenza del piezometro profondo PPC01 nel periodo febbraio - marzo 2007 (Fase A).

9.4.2 Livelli piezometrici (carichi idraulici) - h_H

I dati riportati in Fig. 9.9 sono riferiti al quadrimestre di monitoraggio settembre - dicembre 2008.

Come risulta dal tracciato di Fig. 9.9, durante il periodo di monitoraggio si è verificato un netto declino del livello piezometrico del PPC01 (circa 1,4 m tra il 01/09/08 e il 31/12/08). Tale fenomeno è associato all'emungimento dei pozzi di dewatering della tura.

Fig. 9.8- Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo durante la Fase A.

Fig. 9.9 - Livelli piezometrici (h_t) relativi al piezometro profondo.

9.4.3 *Effetti mareali e antropici*

In Fig. 9.10 è possibile confrontare i tracciati di misura del trasduttore posizionato in corrispondenza del piezometro PPC01 con le escursioni mareali registrate in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia.

Rispetto alla fase A, nel periodo di monitoraggio (settembre-dicembre 2008) le oscillazioni di livello legate agli andamenti mareali hanno un'ampiezza minore. Tale fenomeno è attribuibile all'infissione dei palancoati perimetrali della tura, avvenuta nel mese di gennaio 2008.

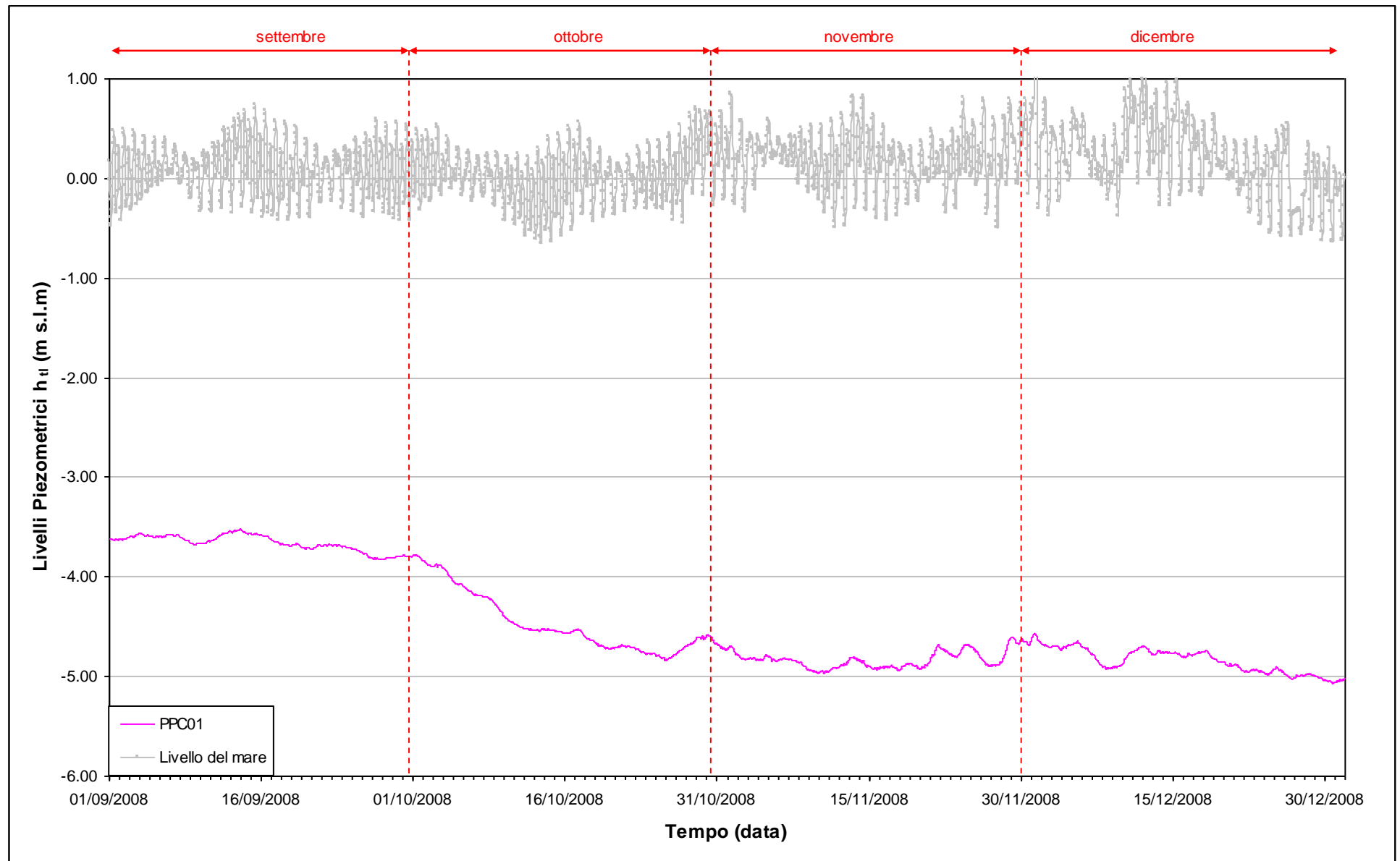


Fig. 9.10 - Livelli piezometrici del piezometro profondo PPC01 e livelli del mare.

10. CONTROLLO DELLA STRUMENTAZIONE

Nel corso del sopralluoghi effettuati durante i mesi di monitoraggio è stata controllata la funzionalità e l'efficienza della strumentazione installata.

Dalle verifiche effettuate durante l'elaborazione dei dati, a meno di saltuarie valutazioni puntuali errate, tutti i trasduttori risultano funzionare correttamente.

11. ANALISI DELLA DENSITÀ DELL'ACQUA DI FALDA

11.1 Il calcolo della densità dell'acqua

Allo scopo di elaborare dei profili di densità lungo le verticali dei piezometri PSC01 e PPC01, è stata elaborata una correlazione tra conduttanza specifica e densità, che permetta di utilizzare i dati acquisiti durante le acquisizioni in campo tramite sonda Solinst TLC. Il procedimento è analogo a quello sviluppato per i dati provenienti dai rilievi in località Punta Sabbioni (per ulteriori informazioni si rimanda al I Rapporto di Valutazione, Studio B.6.72 B/2).

L'algoritmo utilizzato per i le elaborazioni dei dati provenienti da Ca' Roman il seguente:

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

dove:

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

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

11.1.1 Profili verticali di densità

Mediante la formula (2) è possibile ricostruire i profili verticali di densità, a partire dalla temperatura dell'acqua e della conduttanza specifica misurate durante i sopralluoghi mensili. Nelle figure che seguono sono evidenziate (con un tratto più spesso) le posizioni della finestratura del piezometro profondo.

Dall'analisi dei profili si può notare che il piezometro profondo presenta una distribuzione quasi omogenea di densità lungo la verticale, mentre il piezometro superficiale manifesta un incremento di densità lungo la verticale.

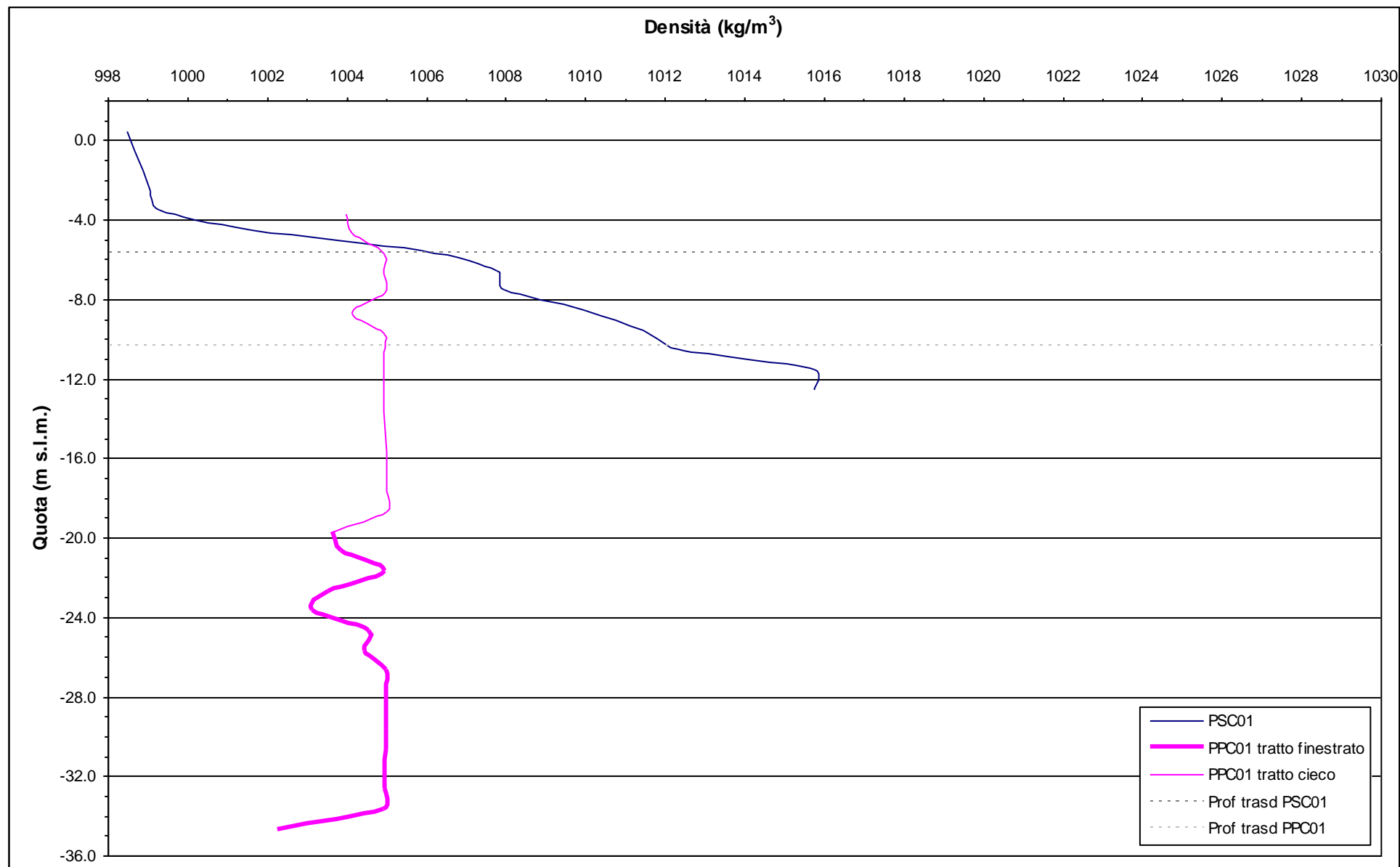


Fig. 11.1 Profili verticali di densità - 3 ottobre 2008.

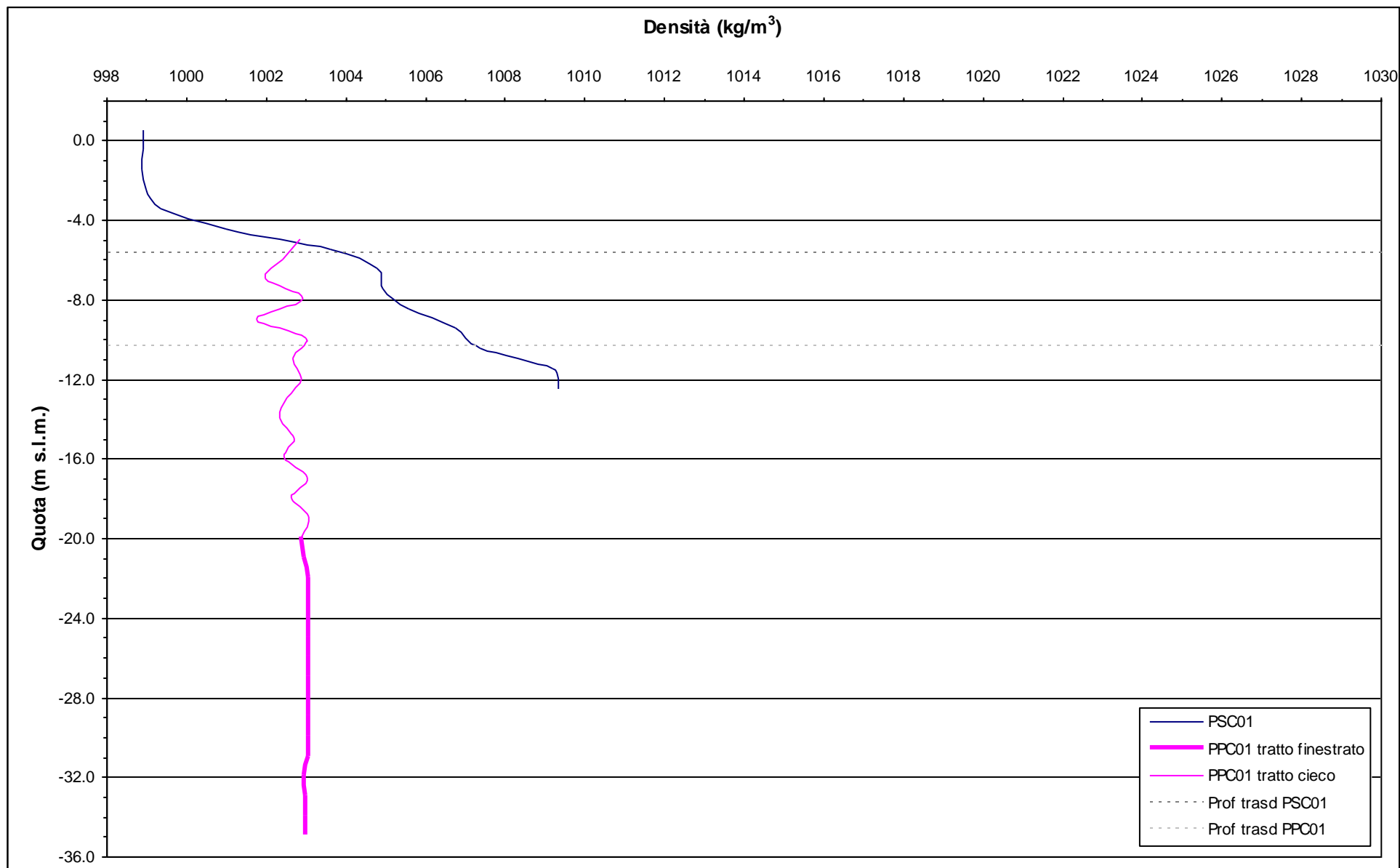
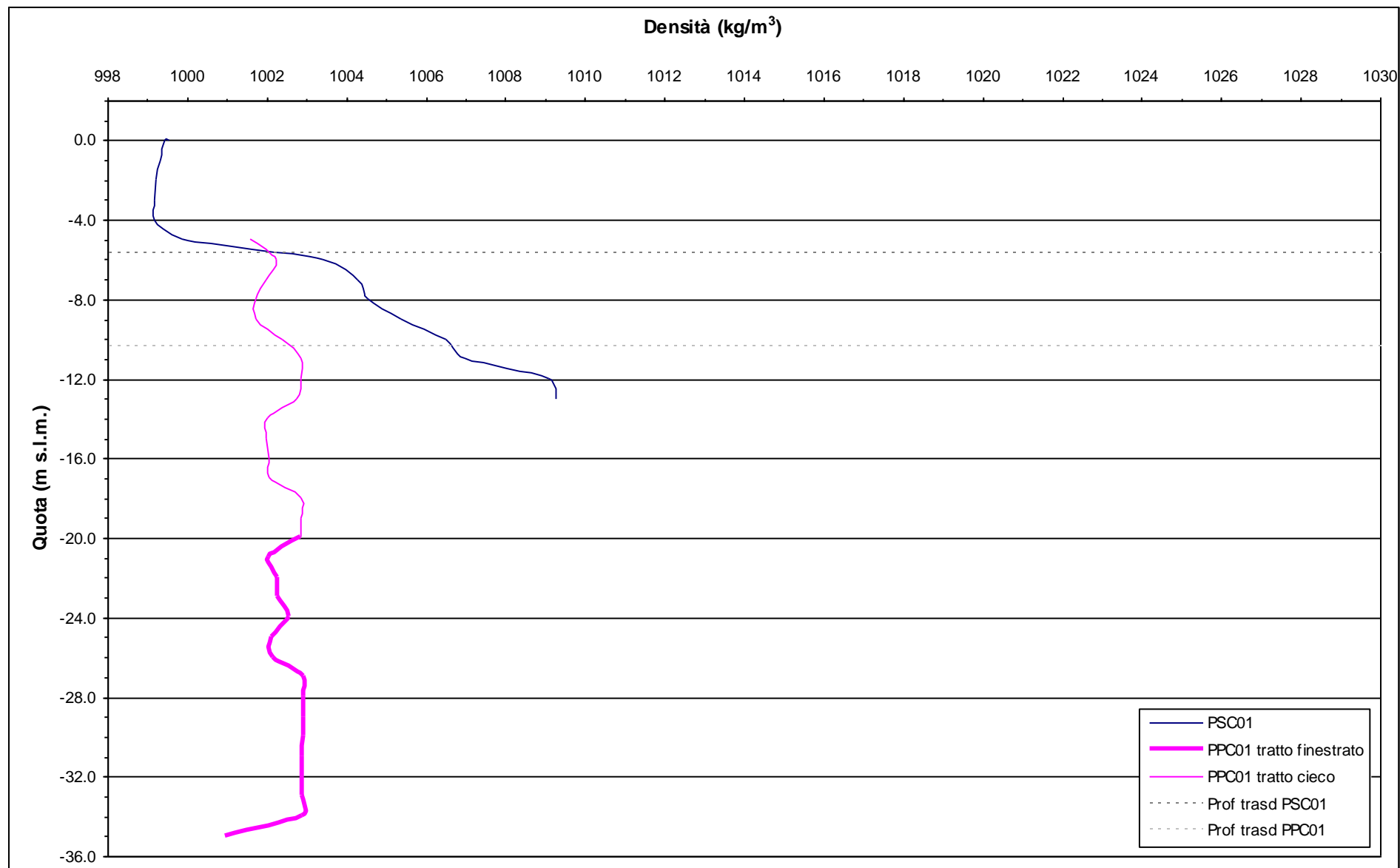
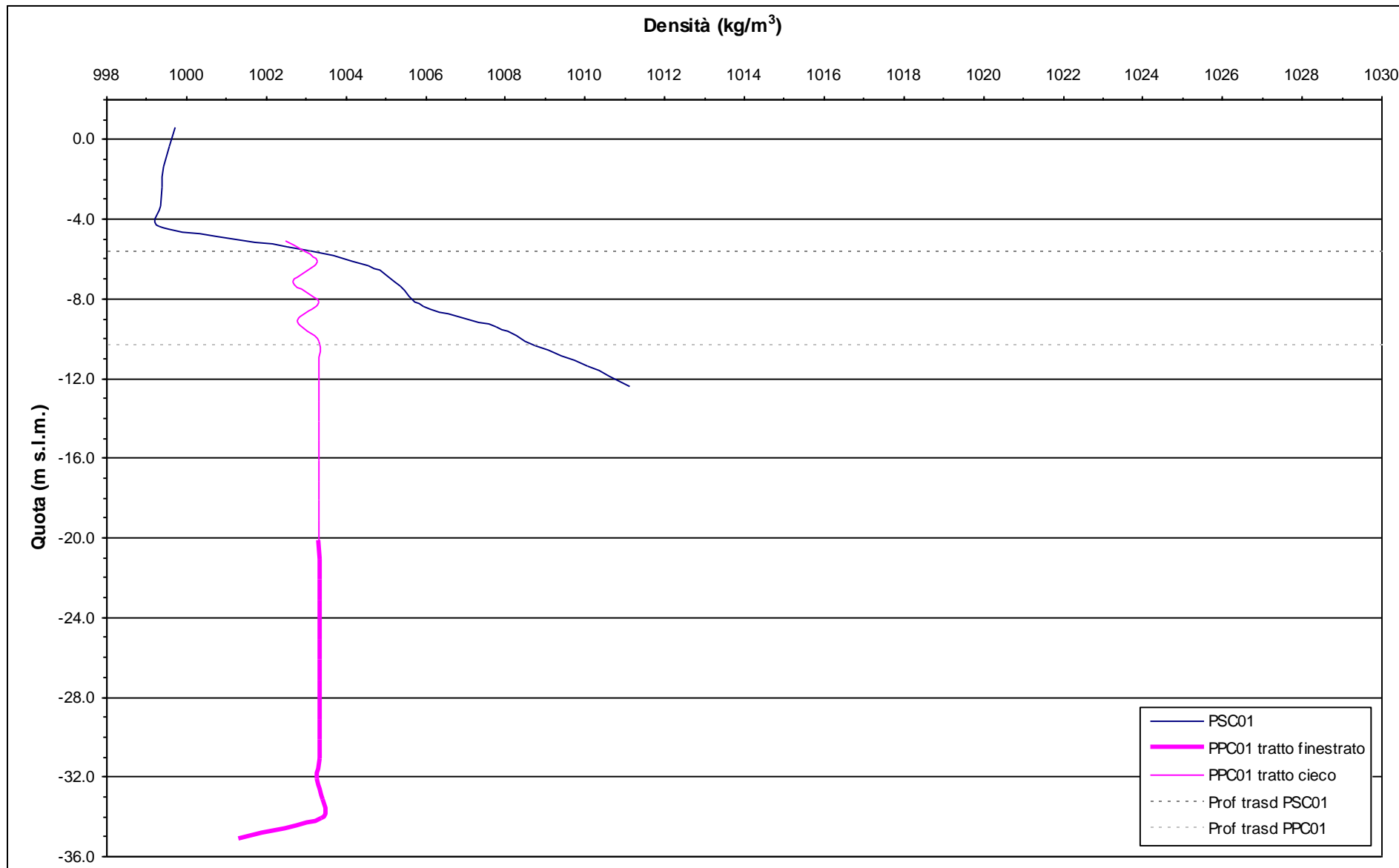


Fig. 11.2.- Profili verticali di densità - 5 novembre 2008.



Fig

. 11.3.- Profili verticali di densità - 4 dicembre 2008.



Fig

. 11.4.- Profili verticali di densità - 8 gennaio 2009.

12. VERIFICA DEL RISPETTO DELLE SOGLIE DI AZIONE

Le soglie identificate nel “Rapporto di Variabilità Attesa” (Studio B.6.72 B/2, marzo 2007) prendono in considerazione eventi quali il basso o l’alto livello piezometrico, valutati sui valori istantanei dei carichi idraulici e sui valori mediati su 24 ore, come definito dalle seguenti relazioni (vedasi Tab. 12.1):

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

Tab. 12.1- Identificazione preliminare delle soglie ed azioni correttive.

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

Durante l'intero periodo di monitoraggio (settembre - dicembre 2008):

- la soglia di Alto Livello Istantaneo è stata rispettata nei piezometri PSC01 e PPC01;
- le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio sono state rispettate nel piezometro superficiale PSC01;
- le soglie di Basso Livello Istantaneo e Medio sono state superate nel piezometro profondo PPC01.

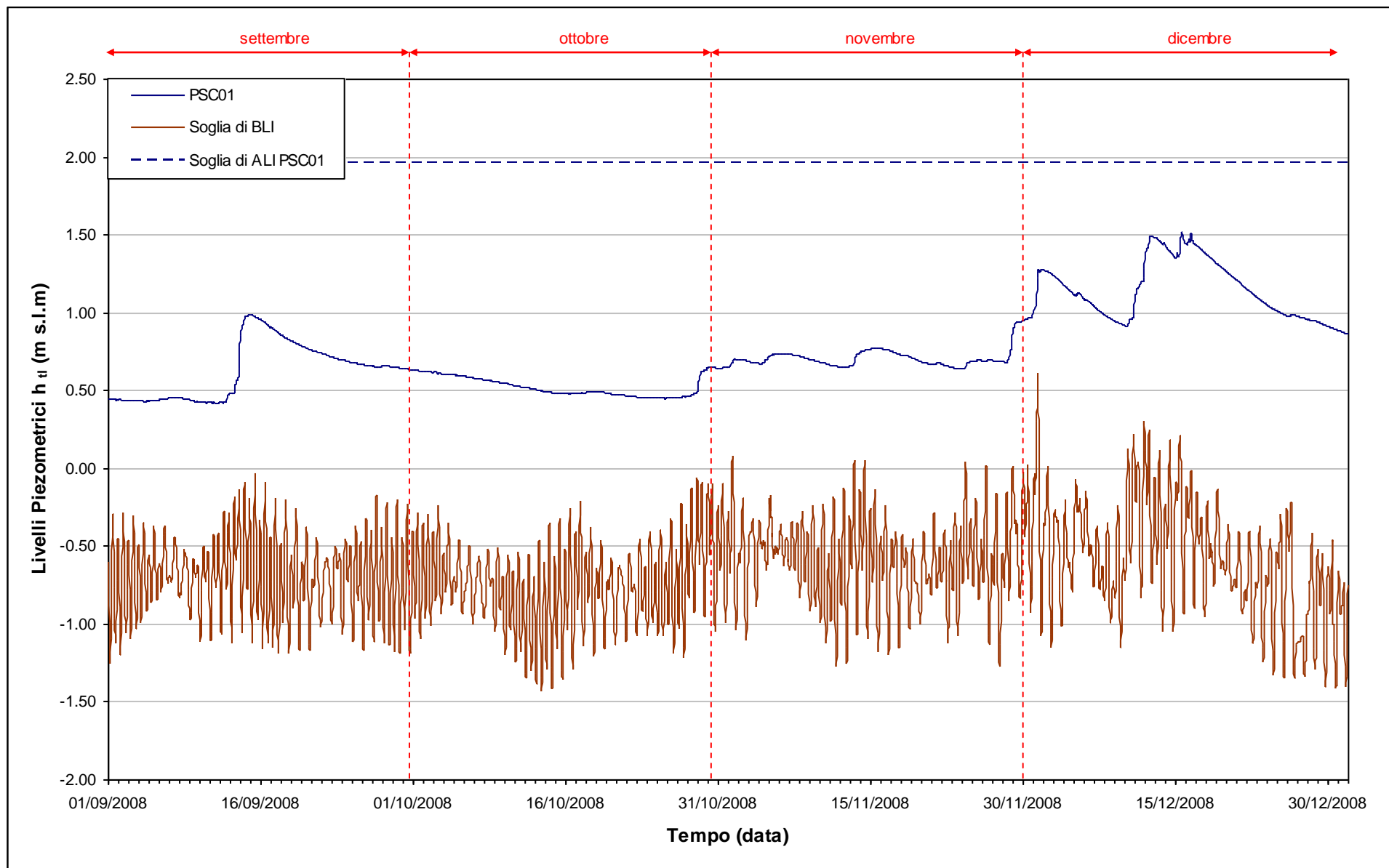


Fig. 12.1- Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo per il piezometro superficiale PSC01.

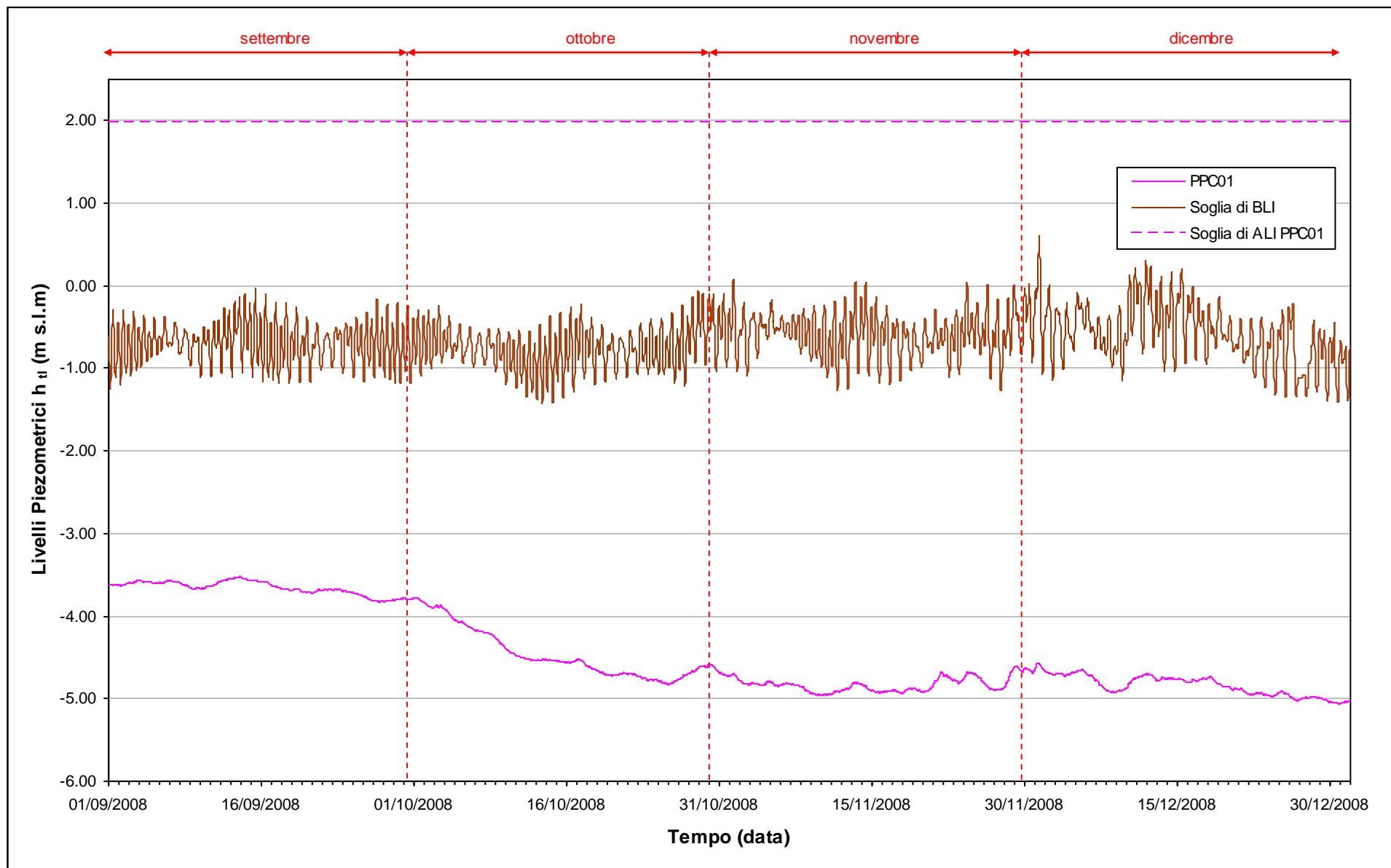


Fig. 12.2 - Soglie di Alto e Basso Livello Istantaneo per il piezometro profondo PPC01.

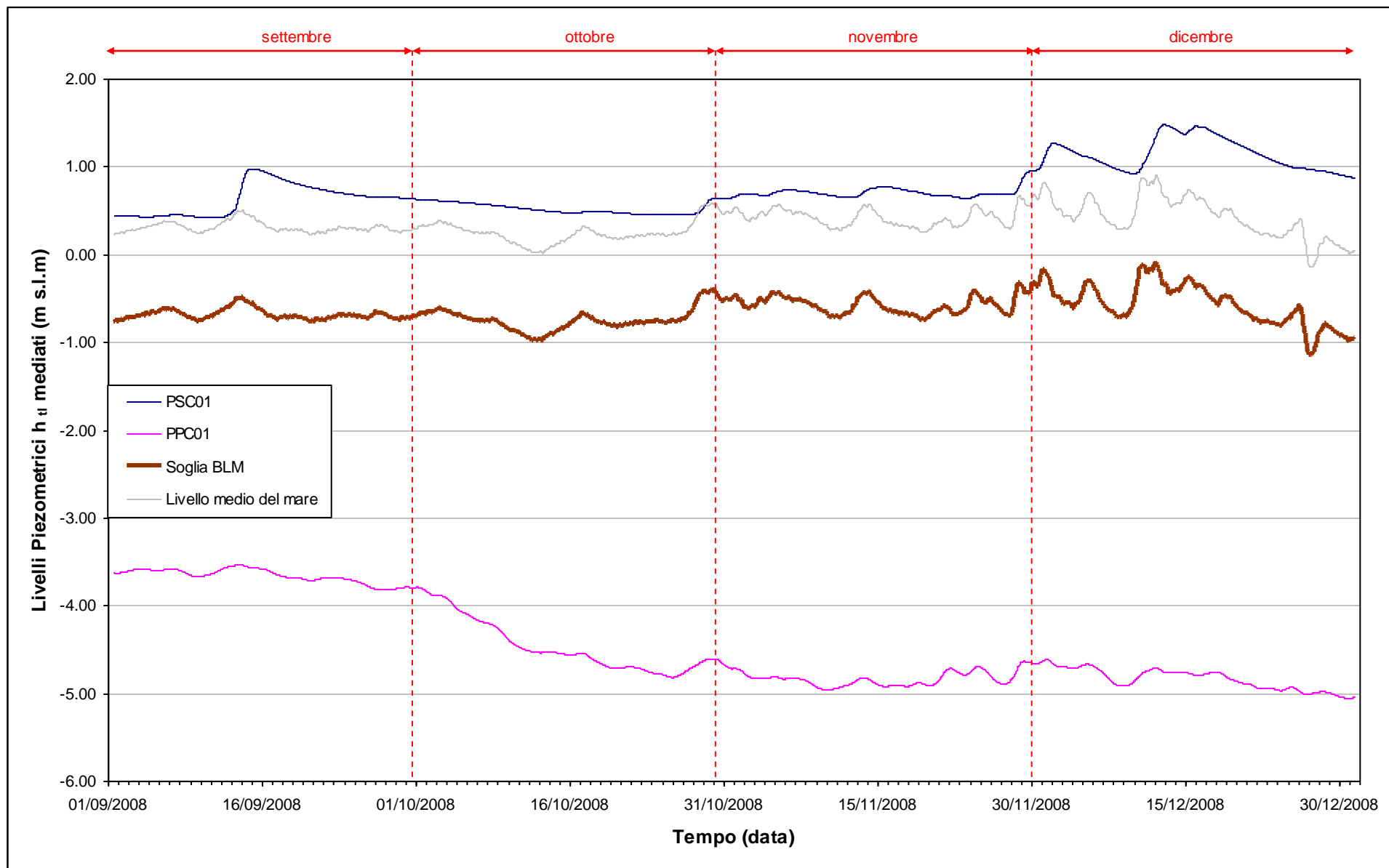


Fig. 12.3 - Soglia di Basso Livello Medio per i piezometri PSC01 e PPC01.

13. CONCLUSIONI

Nell'ambito del presente Rapporto di Valutazione, relativo al periodo di monitoraggio compreso tra il 01/09/2008 e il 31/12/2008, sono stati valutati gli andamenti dei livelli piezometrici all'interno del primo e secondo livello acquifero. Sono inoltre state analizzate le influenze delle forzanti naturali ed antropiche agenti sul sistema dinamico ed è stato effettuato uno studio sulla variazione spazio-temporale della densità dell'acqua di falda.

Diversamente da quanto osservato durante la fase A (febbraio - marzo 2007), a seguito del completamento della cinturazione della tura, i livelli registrati nel piezometro superficiale PSC01 non risentono più delle oscillazioni mareali.

Nel piezometro profondo PPC01, rispetto alla fase A, le variazioni di livello legate alle oscillazioni mareali presentano un'ampiezza minore: tale fenomeno è attribuibile all'infissione dei palancolati della tura.

A seguito dell'inizio dell'emungimento da parte dei pozzi di dewatering, iniziato nel mese di aprile 2008, si è verificato un consistente abbassamento del livello nel piezometro PPC01 (circa 1,4 m nel periodo 01/09/08 - 31/12/08); tale abbassamento non ha per ora interessato il piezometro superficiale PSC01.

ALLEGATI

- Allegato I: Livelli del mare misurati in corrispondenza del mareografo Diga Sud Lido.
- Allegato II Livelli del mare misurati in corrispondenza del mareografo Diga Sud Chioggia.