



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

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/2**

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

Contratto prot.n. 17128 si/gce/fbe

Documento **MATRICE: ACQUA
RAPPORTO FINALE**

Versione **1.0**

Emissione **3 Luglio 2007**

Verifica

Dott. Miroslav Gačić
(OGS)

Verifica

Dott. Luca Zaggia
(ISMAR-CNR)

Verifica

Prof. Giampaolo Di Silvio

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

1. INTRODUZIONE.....	4
2. STIMA DELLA PRODUZIONE DI TORBIDA E DEL TRASPORTO DI MATERIALE RILASCIATO DURANTE IL DRAGAGGIO	6
2.1 Sommario delle campagne di misura effettuate.....	6
2.2 Bocca di Malamocco	7
2.3 Bocca di Lido	8
2.4 Bocca di Chioggia	9
3. MISURE GRANULOMETRICHE DEL PARTICOLATO SOSPESO ESEGUITE IN SITU NELLA COLONNA D'ACQUA.....	10
4. ANALISI EMPIRICA DEL DECADIMENTO DEL PLUME.....	13
5. COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA DEL MATERIALE SCARICATO DALLA DRAGA ASTRA IN RELAZIONE A QUELLA DEL MATERIALE DRAGATO.....	24
5.1 Primo modello di selezione granulometrica nella stiva della draga	24
5.2 Rilievi granulometrici dei sedimenti del fondo.....	34
5.3 Modello del pennacchio con immissione variabile nel tempo	45
6. RILEVAZIONE DELLA TORBIDITÀ IN CONTINUO.....	60
6.1 La rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.....	60
6.2 Strumentazione per la misura della torbidità	64
6.3 Descrizione dell'attività di gestione della rete di stazioni fisse.....	65
6.4 Metodologia per il trattamento dei dati registrati.....	67
6.4.1 <i>Procedura per la filtrazione dei picchi istantanei</i>	71
6.4.2 <i>Correzione per il fouling</i>	72
6.5 Calibrazione dei sensori di torbidità per la stima della concentrazione di SPM.....	74
6.6 Serie temporali della torbidità/SPM.....	79
6.7 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche.....	166
6.8 Analisi dei picchi di torbidità in relazione alle condizioni meteorologiche.....	185
6.8.1 <i>Analisi dei dati del periodo giugno-dicembre 2006</i>	185
6.8.2 <i>Analisi dei dati del periodo gennaio-maggio 2007</i>	190
7. CONCLUSIONI	196
8. BIBLIOGRAFIA.....	197

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

Alla stesura del presente rapporto hanno contribuito:

F. Arena (OGS, Trieste)

F. Costa (ISMAR – CNR, Venezia)

C. Dabalà (CORILA)

C. Dall’Angelo (CORILA)

V. Defendi (ISMAR – CNR, Venezia)

G. Di Silvio (IMAGE – UNIPD)

S. Donà (ISMAR – CNR, Venezia)

M. Gacic (OGS, Trieste)

V. Kovacevic (OGS, Trieste)

G. Lorenzetti (Università di Padova, Dipartimento di Geoscienze)

F. Simionato (ISMAR – CNR, Venezia)

L. Zaggia (ISMAR – CNR, Venezia)

1. INTRODUZIONE

Come già espresso nel Rapporto Finale dello Studio B.6.72 B/1, l'effetto certamente più immediato del dragaggio è l'aumento della risospensione di sedimenti lungo la colonna d'acqua. La sua intensità dipende dalle condizioni idrodinamiche, dal tipo di suolo dragato e, in misura rilevante, dalle modalità di dragaggio adottate.

Nel corso del presente anno sono stati particolarmente esaminati gli effetti della granulometria del materiale sfiorato dalla draga, tendenzialmente più sottile di quello dragato. Si fa osservare comunque che, a partire dal 2 dicembre 2006, la draga a sfioro Astra ha terminato le operazioni alle bocche di porto.

Sulla linea di quanto già impostato l'anno scorso è stato definito un programma di monitoraggio delle attività in sincronia con le operazioni di scavo ed in grado di consentire l'acquisizione di un numero adeguato di misure affidabili, per tracciare in modo sufficientemente dettagliato la distribuzione spaziale e temporale dei valori di torbidità, cioè il pennacchio di sedimenti prodotto e la sua evoluzione nel tempo. Inoltre, il programma di monitoraggio ha permesso di verificare che le possibili restrizioni da imporre alle attività di dragaggio sono realistiche e garantiscono un livello adeguato di protezione all'ambiente.

Il Disciplinare Tecnico dello Studio B.6.72 B/2, come il precedente B/1, prevede specifiche attività per la misura della concentrazione e del flusso di particellato solido sospeso generato dalle attività di cantiere dentro e fuori le sezioni del canale di bocca. Tali attività intendono monitorare la torbidità generata dalle operazioni di scavo in relazione ai seguenti parametri:

- A) torbidità prodotta direttamente dai sistemi di scavo (draghe);
- B) variabilità spaziale e temporale del particellato sospeso in condizioni naturali, cioè in assenza di dragaggio.

Nel caso A) le misure servono per determinare la torbidità prodotta direttamente dalle attività di cantiere allo scopo di descrivere le diverse tipologie di "sorgente" in periodi limitati ed in diverse condizioni operative.

Nel caso B) le acquisizioni si riferiscono, invece, alla misura della torbidità in continuo mediante strumenti fissi (torbidimetri), opportunamente posizionati, nelle aree di pertinenza dei tre canali di bocca, sia entro la laguna sia all'esterno delle bocche. In questo caso la misura puntuale della torbidità fornisce un'indicazione della presenza del particellato sospeso al variare dei campi di corrente nei diversi cicli di marea e del moto ondoso in laguna e in mare.

Per una migliore integrazione dei dati sperimentali raccolti ed una loro interpretazione in termini di causa-effetto è stato predisposto un modello di dispersione/deposizione dei sedimenti messi in sospensione dalla draga, soprattutto con riferimento al tipo "idrorefluente a sfioro". Nel corso del presente anno il modello è stato perfezionato mettendo in conto gli effetti di selezioni granulometrica che hanno luogo nella stiva della draga stessa. Questo modello, tarato e verificato, potrà essere utilmente applicato sia alla pianificazione delle operazioni di controllo dei limiti imposti alle operazioni di dragaggio, sia all'ottimizzazione delle operazioni stesse.

Sulla base dei risultati dell'attività sperimentale sono stati confermati i valori soglia per la torbidità generata.

Nel Capitolo 2 del presente rapporto sono richiamate in forma sintetica tutte le campagne di misura di torbidità effettuate nel periodo ottobre 2006-giugno 2007 delle quali era stato peraltro riferito in dettaglio nei Rapporti di campagna già consegnati. I risultati vengono poi brevemente

descritti nei successivi paragrafi, distinguendo rispettivamente quelli relativi alla Bocca di Malamocco (2.2), di Lido (2.3) e di Chioggia (2.4).

Nel Capitolo 3 vengono illustrate le campagne di rilievo del particellato sospeso nella colonna d'acqua nonché la nuova apparecchiatura impiegata (LISST: *Laser In Situ Scattering and Transmissometry*) che consente di valutare la distribuzione granulometrica delle particelle in sospensione. Sebbene in futuro la tecnica LISST possa essere applicata sistematicamente durante il funzionamento della draga "Astra", le misure qui descritte sono state effettuate in assenza di dragaggio e non sono state pertanto utilizzate per la taratura del modello.

Nel Capitolo 4 le misure di torbidità effettuate (durante il funzionamento della draga Astra) nel periodo giugno 2005-giugno 2006 sono state sottoposte ad un'analisi statistica per valutare a posteriori le eventuali violazioni della soglia di ammissibilità per la concentrazione (30 mg/l) , con contestuale riferimento peraltro alla corrispondente area limite di impatto totale (50000 m²).

Il Capitolo 5 riporta il modello semistazionario del plume, già elaborato e descritto nel precedente rapporto, completato con il sottomodello che simula la selezione granulometrica a cui è sottoposto prima dello sfioro il materiale che arriva nella stiva della draga (5.1). Attraverso questo processo, il materiale sfiorato dalla draga si presenta molto più sottile del materiale dragato (5.2) nonché con concentrazione progressivamente crescente nel tempo. Il modello finale del pennacchio (5.3) incorpora pertanto anche l'immissione nella colonna d'acqua di un materiale più fino di quello che costituisce il fondo indisturbato del canale, con una portata solida progressivamente crescente del tempo.

Il Capitolo 6 è dedicato alle misure in continuo della torbidità alle bocche di porto, eseguite in sette stazioni fisse (sei situate nei canali di accesso alle bocche, una ubicata poco fuori della bocca di Lido) nel periodo giugno 2006-maggio 2007. Il capitolo 6 fornisce nei diversi paragrafi la descrizione delle stazioni (6.1), delle apparecchiature impiegate (6.2), delle modalità di gestione della rete (6.3), delle tecniche di trattamento dei dati (6.4), della calibrazione dei sensori (6.5). Le serie temporali della torbidità (6.6) sono analizzate sia in relazione alle attività di scavo (6.7) sia in relazione alle condizioni meteorologiche (6.8), mettendo in evidenza come i superamenti della soglia di 30 mg/l siano quasi invariabilmente da attribuirsi a sole cause naturali.

Il CORILA, pur mantenendo la supervisione tecnico-scientifica ed il coordinamento, anche attraverso un Responsabile Scientifico appositamente incaricato, ha affidato all'Istituto di Scienze Marine del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Venezia (ISMAR-CNR Venezia) ed all'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS) la realizzazione delle attività necessarie al Piano di Monitoraggio.

2. STIMA DELLA PRODUZIONE DI TORBIDA E DEL TRASPORTO DI MATERIALE RILASCIATO DURANTE IL DRAGAGGIO

2.1 Sommario delle campagne di misura effettuate

Nell'ambito del monitoraggio delle attività di scavo per la costruzione delle opere alle bocche di porto della laguna di Venezia sono state svolte le seguenti campagne di misura, eseguite da CNR-ISMAR e da OGS.

La seguente tabella specifica la bocca di porto interessata dallo scavo, il tipo di draga impiegato nello scavo ed il tipo di campagna effettuata.

Tabella 2.1: Elenco delle attività sperimentali sinora eseguite nell'ambito del progetto di monitoraggio delle opere di scavo alle bocche di porto della Laguna di Venezia.

Bocca di porto	Data	Ora	N. transetti	N. profili	N. campioni	Esecutore
I campagna Malamocco	23/10/2006	11.00 - 16.30	8	2	7	OGS
	24/10/2006	05.30 - 16.00	18	6	22	
	25/10/2006	06.00 - 16.00	16	5	16	
	26/10/2006	06.00 - 16.00	17	7	20	
	27/10/2006	06.00 - 12.30	6	2	6	
II campagna Malamocco	15/01/2007	11.30 - 16.30	4	1	3	OGS
	16/01/2007	06.30 - 14.00	14	4	12	
	17/01/2007	06.30 - 16.00	18	8	19	
	18/01/2007	07.00 - 16.00	15	7	20	
	19/01/2007	06.30 - 12.00	7	3	8	
II campagna Malamocco	19/02/2007	11.30 - 16.30	4	1	5	OGS
	20/02/2007	06.30 - 16.00	22	9	28	
	21/02/2007	06.30 - 16.00	16	5	17	
	22/02/2007	07.00 - 16.30	16	8	24	
	23/02/2007	06.30 - 12.00	6	2	6	
I campagna Lido-Treporti	15/03/2007	12.00 - 21.00	16	8	35	CNR-ISMAR
	16/03/2007	8.00 - 16.00	16	9	40	
	19/03/2007	9.00 - 14.00	10	1	3	
	22/03/2007	8.00 - 16.00	19	8	40	
I campagna Lido-Treporti	02/04/2007	12.00 - 17.00	12	5	24	CNR-ISMAR
	03/04/2007	8.00 - 17.00	10+10	6+6	26+26	
	04/04/2007	Nessuna attività				
	05/04/2007	8.00 - 12.00	10	6	26	
	06/04/2007	8.00 - 12.01	10	6	26	
II campagna Malamocco	16/04/2007	11.00 - 16.00	7	2	5	OGS
	17/04/2007	06.00 - 16.00	18	6	19	
	18/04/2007	06.00 - 16.00	14	7	21	
	19/04/2007	06.00 - 15.30	15	5	21	
	20/04/2007	06.00 - 12.00	5	2	8	
I campagna Chioggia	14/05/2007	14 .00- 21.00	10	5	22 +19 grain	CNR-ISMAR
	15/05/2007	0.00 - 6.00	10	5	22 + 22 grain	
	16/05/2007	14.00 - 21.00	10	5	22 + 19 grain	
	17/05/2007	(22.00) - 5.00	10	5	22 + 19 grain	

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

Bocca di porto	Data	Ora	N. transetti	N. profili	N. campioni	Esecutore
Il campagna Chioggia	05/06/2007	2.00 – 5.00 e 9.00 – 12.00	8	4	20 +20 grain e 21 + 21 grain	CNR- ISMAR
	07/06/2007	07.00 – 13.00	16	4	12	
	11/06/2007	07.00 – 13.00	20	5	15	
	13/06/2007	(22.00) – 2.00	10	5	22+ 4 grain	
	14/06/2007	5.00 – 8.00	10	5	23 + 4 grain	

2.2 Bocca di Malamocco

Nell'ambito delle attività di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari – 2° fase (Studio B.6.72 B/2) affidate ad OGS sono state effettuate quattro campagne di misura dal mese di ottobre 2006 ad aprile 2007.

Durante il periodo ottobre 2006 - aprile 2007, in cui sono state svolte le campagne di monitoraggio affidate ad OGS, erano in corso i lavori riguardanti la realizzazione della conca di navigazione di Malamocco. Nel canale di bocca continuavano i lavori relativi alla costruzione della spalla lato sud, del coronamento del molo sud, i lavori connessi alla realizzazione della spalla e rinforzo del molo nord e, verso la laguna, i lavori di consolidamento e restauro della sponda lato Forte San Pietro. Inoltre, era in corso il dragaggio del bacino di evoluzione con il refluimento del materiale dragato nell'area di prefabbricazione dei cassoni (Syncrolift).

Le campagne di misura si sono svolte principalmente all'interno di tale bacino in prossimità del canale di bocca dove, mediante l'impiego di draghe idrorefluenti, è stato prelevato materiale sabbioso che è stato refluito nell'area conterminata con materiale lapideo e doppio palancolato, destinata alla prefabbricazione dei cassoni sopraccitata.

Lo scopo del monitoraggio era di verificare:

- la produzione di torbida delle draghe idrorefluenti;
- l'eventuale fuoriuscita di materiale solido in sospensione attraverso l'apertura esistente tra le conterminazioni del citato bacino del syncrolift;
- la possibile diffusione del materiale solido in sospensione all'esterno del bacino di evoluzione in maniera tale da interessare il canale di bocca e la laguna stessa.

Durante tutte le campagne sono state effettuate misure con ADCP, profili con la sonda CTD e sono stati raccolti campioni d'acqua, anche nel canale di bocca, per confrontare tali dati con quelli raccolti all'interno del bacino di evoluzione. I transetti di misura erano posizionati attorno alle draghe e lungo la sezione dell'ADCP fisso in bocca di porto. Inoltre, sono state eseguite misure lungo i transetti "a dente di sega" a valle della sorgente del sito di dragaggio per seguire la dispersione del materiale sospeso con la corrente di marea.

Il monitoraggio ha confermato il modesto impatto in termini di aumento del materiale solido in sospensione provocato dalla draga idrorefluente nonché un rilascio di materiale solido abbastanza discontinuo, attraverso l'apertura esistente nel bacino di refluimento, in relazione all'attività di scavo. La torbidità prodotta, nei periodi monitorati, è rimasta generalmente confinata nel bacino di evoluzione che, essendo un bacino quasi chiuso è stato interessato solo in modo molto limitato dalla corrente di marea. In generale, è stato dimostrato che il pennacchio del materiale sospeso rimane distinto solo fino a qualche centinaia di metri dalla sorgente. Infatti, nel caso di fuoriuscita di torbida dall'apertura esistente nel bacino di refluimento del materiale dragato, dopo circa 400 metri di distanza dal punto di fuoriuscita, quindi sempre all'interno del bacino di evoluzione, si è

notato che il pennacchio non è più distinguibile. I valori misurati di concentrazione del materiale sospeso che fuoriusciva da tale varco solo in un caso hanno raggiunto il valore di circa 200 mg/l ed in tre casi un valore prossimo ai 100 mg/l, in una sola campagna di misura (nei giorni 20 e 22 febbraio 2007). Un solo profilo, in un'altra campagna, ha permesso il prelievo di due campioni con valori di concentrazione che hanno sfiorato i 100 mg/l, il giorno 18 gennaio 2007. I valori massimi sopraccitati sono stati misurati sempre entro un raggio di 150 metri dall'apertura esistente nel bacino di refluimento. I valori medi di concentrazione dei solidi sospesi misurati all'interno del bacino di evoluzione, durante le quattro campagne di misura, sono compresi tra 4,6 mg/l (nella campagna dal 23 al 27 ottobre 2006) e 22,6 mg/l (nella campagna dal 19 al 23 febbraio 2007).

I valori di concentrazione dei solidi sospesi ottenuti dalla calibrazione dei transetti effettuati attorno alle draghe idrorefluenti, operative all'interno del bacino di evoluzione, hanno evidenziato come l'azione dell'attrezzo di scavo provochi un modesto aumento del materiale in sospensione. In particolare, nelle immediate vicinanze delle draghe i valori erano generalmente inferiori ai 20-25 mg/l e, solo in alcuni casi, si sono raggiunti i 40 mg/l ed anche 60 mg/l. Questi ultimi valori massimi erano sempre localizzati nello spazio a qualche decina di metri di distanza dalle draghe stesse, in presenza di valori di velocità della corrente media quasi sempre inferiori a 0.1 m/s, salvo un caso in cui si sono raggiunti circa 0.2 m/s di velocità (giorno 17 gennaio 2007).

Queste attività hanno nuovamente dimostrato l'importanza di questo tipo di monitoraggio allo scopo di verificare il possibile impatto dei lavori di costruzione all'ambiente marino, della laguna e delle zone costiere in prossimità alle isole di Lido e Pellestrina.

2.3 Bocca di Lido

Le due campagne, affidate ad ISMAR-CNR, svolte alla bocca di porto di Lido nei giorni 15-22 Marzo 2007 e 2-6 aprile 2007, sono state eseguite in assenza di operazioni di scavo. Data la mancanza di attività in grado di influenzare significativamente la torbidità della colonna d'acqua, sono state adottate le stesse modalità operative utilizzate per le campagne intensive condotte alla bocca di Lido ad Ottobre 2006 (torbidità-rapporto campagne validazione modello-ottobre2006, Studio B.6.72 B/1).

Le campagne rientrano nell'ambito delle indagini integrative per indagare gli effetti delle opere già realizzate sull'idrodinamica, in termini di possibili modificazioni della portata o del campo di velocità.

Come previsto dalla nota interna (Technital, Settembre 2006 "Campagne intensive a supporto delle analisi di sedimentazione nelle trincee dei cassoni di fondazione delle paratoie mobili" attività eseguita nell'ambito dello studio B.6.72 B/I), le acquisizioni sono state effettuate in condizioni di marea di sizigia, sia in fase crescente che calante, in presenza di velocità medie sulla verticale superiori a 0.5 m/s.

Le attività di misura si sono svolte adottando la strumentazione (correntometro ADCP, una sonda CTD munita di torbidimetro ottico e campionatore a rosetta per il prelievo di campioni d'acqua) e l'approccio sperimentale già utilizzati e consolidati nel corso delle precedenti campagne di monitoraggio delle attività di scavo delle opere alle bocche di porto.

Lo scopo principale delle operazioni sperimentali è il monitoraggio delle condizioni idrodinamiche e del trasporto solido nella bocca di Porto di Lido in corrispondenza del nodo idraulico individuato dai canali di S. Nicolò e Treporti dall'isola nuova e dal nuovo canale tra la stessa isola e l'area a basso fondale denominata Bacan. Sono state acquisite informazioni sull'andamento della velocità della corrente e della concentrazione del particolato solido in sospensione in corrispondenza della verticale dei punti di calibrazione concordati ed indicati nelle mappe incluse nelle sezioni specificamente dedicate alla campagna NODO.

2.4 Bocca di Chioggia

Le campagne di monitoraggio condotte alla Bocca di Porto di Chioggia, affidate ad ISMAR-CNR, sono avvenute il 14-18 Maggio 2007 ed il 5-14 Giugno 2007.

Data l'assenza di importanti operazioni di scavo (nella campagna di maggio era presente solamente una draga con benna a grappolo, operante in area confinata all'interno del Porto rifugio lato mare), anche in questo caso si è ritenuto di operare con le modalità utilizzate per le campagne intensive condotte nella stessa Bocca di Chioggia nell'Ottobre 2006 (torbidità-rapporto campagne validazione modello-ottobre2006, Studio B.6.72 B/1), comprendendo nei punti di indagine anche la sezione individuata dall'ADCP fisso, posizionato sul fondo della Bocca in una nuova posizione rispetto al passato.

Tali campagne, quindi, più che monitorare gli effetti dei cantieri in termini di alterazione della torbidità, possono interessare per la valutazione degli effetti delle opere già realizzate alla Bocca di Chioggia, eventualmente con riferimento alla variazione delle intensità e direzioni della velocità di corrente alla bocca, alla composizione granulometrica, ecc.

La Torbidità misurata nel corso delle campagne ha, infatti, valori che rientrano nei valori caratteristici delle Bocche in assenza di operazioni di scavo e vanno quindi ad arricchire la serie temporale di dati riferiti alla bocca di Chioggia a partire dall'agosto 2004.

3. MISURE GRANULOMETRICHE DEL PARTICOLATO SOSPESO ESEGUITE IN SITU NELLA COLONNA D'ACQUA

La distribuzione granulometrica del particolato solido sospeso è un parametro di fondamentale importanza per la valutazione della dispersione del sedimento risospeso per effetto di fattori naturali (correnti, moto ondoso) o per effetto di interventi di dragaggio con finalità diverse. Nel Piano di monitoraggio questo aspetto assume particolare interesse, soprattutto ai fini delle simulazioni numeriche di dispersione del materiale prodotto dalle sorgenti di scavo, effettuate con modelli matematici.

Le misure granulometriche su campioni d'acqua prelevati e successivamente analizzati in laboratorio con strumentazione laser scatter presentano dei limiti intrinseci, in particolare in presenza di basse concentrazioni, come spesso accade alle bocche lagunari. In questi casi, questo approccio non garantisce risultati affidabili rendendo necessarie diverse ripetizioni delle analisi, con un aggravio dei costi ed una dilatazione dei tempi di lavoro.

Per ovviare ai limiti sopracitati è stata utilizzata la metodologia LISST (*Laser In Situ Scattering and Transmissometry*) in alternativa all'analizzatore di particelle da laboratorio. La distribuzione granulometrica del materiale analizzato (*particle size distribution*, PSD) viene determinata dal LISST mediante il principio della diffrazione di un fascio laser.

Lo strumento LISST-100X [Sequoia Scientific Inc., 2004] misura il diametro medio delle particelle solide in 32 classi nel range 1.25 – 250 μm e la concentrazione volumetrica delle particelle sia nelle singole classi sia come totale. Il LISST-100X è stato utilizzato per la valutazione della distribuzione granulometrica del particolato solido sospeso nel corso di 15 sessioni di misura, sia in laboratorio che in campo (Tabella 3.1). Per quanto riguarda le applicazioni in campo, lo strumento è stato impiegato alle bocche di Lido e di Chioggia, con modalità di campionamento diverse in diverse condizioni ambientali (Rapporto di Valutazione: da maggio 2006 ad aprile 2007, maggio 2007).

La metodologia di misura è stata affinata progressivamente durante le 15 sessioni di misura, verificando continuamente l'accuratezza e la precisione della risposta dello strumento nelle diverse modalità di misura e nelle varie situazioni ambientali tipiche della laguna e delle bocche di porto.

Tabella 3.1. Elenco delle 15 sessioni di utilizzo ed analisi eseguite con il LISST-100X. Non si sono registrate attività di dragaggio alle bocche di porto di Lido e Chioggia durante le 15 sessioni di utilizzo del LISST.

Campagna	Data	Bocca di Porto	Attività svolta
LISST_1	24/05/2006	Lido, Canale S. Felice	Quota fissa. Per problemi di funzionamento del sensore di profondità le misure non sono attendibili e dunque non riportate
LISST_2	19/07/2006	Lido, Canale Treporti	Quote fisse, in presenza di tracimazione del materiale di rifluimento dall'isola nuova
LISST_3	19/09/2006	Lido	Quota dal fondo = 0.45 m. Modalità di acquisizione in continuo su un ciclo di marea
LISST_4	20/09/2006		
LISST_5	21/09/2006		
LISST_6 (*)	07/11/2006	Lido, Canale Treporti	Utilizzo del LISST in laboratorio e confronto dei risultati con metodologia laser scatter

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

Campagna	Data	Bocca di Porto	Attività svolta
LISST_7 (*)	15/11/2006	Lido, Canale San Nicolò	
LISST_8 (*)	23/11/2006	Chioggia	
LISST_9	23/01/2007	Lido, Canale Treporti	Quote fisse
LISST_10	26/02/2007	Lido, Canale Treporti	Profilo verticale
LISST_11	27/02/2007	Lido	Profilo verticale
LISST_12	21/03/2007	Lido	Profilo verticale
LISST_13	04/04/2007	Lido	Profilo verticale
LISST_14	17- 19/04/2007	Chioggia	Quota dal fondo = 1 m. Modalità di acquisizione in continuo per 48h
LISST_15	19/04/2007	Chioggia	Profilo verticale

(*) campioni raccolti durante la campagna intensiva del 4 Ottobre 2006 alla bocca di Porto di Lido [campagna intensiva validazione modello-ottobre2006, dicembre 2006, Studio B.6.72 B/1]

(*) campioni raccolti durante la campagna intensiva del 7 Ottobre 2006 alla bocca di Porto di Chioggia [campagna intensiva validazione modello-ottobre2006, dicembre 2006, Studio B.6.72 B/1]

La strumentazione LISST è in grado di discriminare in modo soddisfacente l'intervallo delle classi granulometriche che caratterizza il particolato solido in sospensione nelle bocche di porto lagunari, con particolare riferimento alle bocche di Lido e Chioggia. Peraltro le misure condotte in condizioni meteorologiche particolari, caratterizzate dalla presenza di moto ondoso e di vento anche di modesta entità, hanno confermato come le caratteristiche granulometriche si discostino dall'andamento generale (prevalenza di sabbie limose e limi sabbiosi) ed evidenziando anche la presenza di materiale argilloso, normalmente molto scarso.

I valori rilevati in tutte le 15 sessioni di misura (11 per l'area del Lido e 4 per quella di Chioggia) e raccolti nei diagrammi triangolari di Shepard (torbidità-LISST-rapporto valutazione.pdf), riassumono per ciascuna bocca il *range* di granulometrie e quindi di tipologie dei materiali in sospensione che transitano alle bocche.

Tra i vantaggi dell'utilizzo in campo dello strumento va sottolineato come la metodologia LISST costituisca una valida alternativa alle analisi di laboratorio eseguite con la tradizionale strumentazione laser scatter che spesso si è dimostrata inadatta ad operare in presenza di basse concentrazioni di materiale sospeso, caratteristiche delle bocche. Va evidenziato inoltre, tra i vantaggi, come la possibilità di analisi diretta sulla matrice consenta di eliminare i problemi di contaminazione legati a manipolazione, raccolta, trasporto e conservazione di campioni d'acqua anche voluminosi.

Tra i limiti del sistema, con riferimento alle modalità di impiego, va ricordata la difficoltà ad operare profili di granulometrie sulla colonna d'acqua, quando questi vengono eseguiti da imbarcazione e magari in presenza di moto ondoso, in grado di causare oscillazioni della quota di misura, significative. Lo strumento, infatti, si presta meglio ad operare su stazioni fisse ad una quota prestabilita, con posizionamento orizzontale.

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

Nonostante questa indicazione, per ragioni meccaniche e di ingombro, i profili granulometrici effettuati nel corso di alcune campagne di misura, sono stati eseguiti utilizzando lo strumento montato verticalmente sul cestello del profilatore CTD Rosette operante da imbarcazione. In questo modo il LISST può essere fermato su ciascuna delle quote pre-stabilite sulla colonna d'acqua sul sito di misura, per un periodo di tempo sufficiente ad ottenere un valore mediato, riferibile ad un preciso strato (50 - 100 cm) della colonna d'acqua investigata. È stato possibile in questo modo ridurre significativamente gli effetti delle oscillazioni della quota di misura dovuti al moto ondoso.

Tabella 3.2. Ripartizione dei materiali analizzati nelle campagne LISST in base alla classificazione di Shepard [1954], e valori caratteristici del D₅₀.

	Sabbia (%)	Sabbia limosa (%)	Limo sabbioso (%)	Limo (%)	Limo argilloso (%)
Lido	7.1	35.7	49.3	7.9	-
Chioggia	8.5	32.0	40.4	17.0	2.2
	D₅₀^{med} (μ m)	D₅₀^{max} (μ m)	D₅₀^{min} (μ m)	D₅₀^{II-quar} (μ m)	D₅₀^{III-quar} (μ m)
Lido	66.2	221.3	6.3	55.2	88.2
Chioggia	60.3	174.9	9.2	41.4	75.1

Nella Tabella 3.2 sono riportate alcune informazioni riassuntive sulle caratteristiche dei materiali in sospensione nelle bocche di porto di Lido e Chioggia durante le campagne LISST. Come evidenziato dalla ripartizione percentuale dei campioni secondo la classificazione di Shepard [1954], la maggior parte dei materiali in sospensione ricade entro le categorie della sabbia limosa e del limo sabbioso. Una percentuale minore dei materiali analizzati appartiene invece alle classi del limo e della sabbia. I valori caratteristici del D₅₀ evidenziano un intervallo di variazione piuttosto ampio. Tale variabilità, nel caso della bocca di porto di Chioggia (9.2-174.9 μ m), è legata alla movimentazione di materiali grossolani durante l'evento meteomarinico verificatosi durante la campagna LISST 15. Nel caso della bocca di porto di Lido (6.3-221.3 μ m), oltre alle condizioni idrodinamiche, intervengono anche altri fattori come la posizione del punto di misura nella sezione. Nel caso del punto 83 e del punto di misura corrispondente all'ADCP fisso i valori del D₅₀ medio sono pari a 98.7 e 75.0 rispettivamente. La variabilità osservata, tuttavia, interessa una frazione limitata dell'insieme dei materiali investigati, come dimostra l'intervallo limitato dei diametri corrispondenti al secondo e terzo quartile.

A livello generale, quindi, si può parlare di una prevalenza di materiali quali sabbie limose e limi sabbiosi con valori più frequenti del D₅₀ compresi fra 40 e 60 μ m. La presenza di materiali sabbiosi in sospensione è limitata ai picchi della velocità di corrente, in prossimità del fondo ed al verificarsi di eventi meteomarinici che comportino la risospensione dei materiali del fondo nelle aree prospicienti le bocche di porto, o all'interno delle stesse, come nel caso della zona a basso fondale in prossimità del molo nord della bocca di Lido.

4. ANALISI EMPIRICA DEL DECADIMENTO DEL PLUME

Nel Rapporto Finale dello Studio B.6.72 B/1 è stato analizzato empiricamente il decadimento del plume, con riferimento alla diminuzione della massima concentrazione nella sezione trasversale del pennacchio all'aumentare della distanza.

Poiché tuttavia i criteri di tolleranza per la torbidità fanno riferimento alla superficie liquida caratterizzati da valori superiori al valore limite di $C_{\max}=30$ mg/l (Zona di Impatto Totale), nel presente rapporto il comportamento del pennacchio è stato esaminato, sempre empiricamente, in termini di variazione della Zona di Impatto Totale in dipendenza dalla velocità della corrente.

La superficie della Zona di Impatto Totale, all'interno delle quale si ammette che i valori di torbidità possano essere anche notevolmente superiori al valore di 30 mg/l, è stata fissata pari a 50000 m². La Zona di Impatto Totale, a seconda delle modalità di scavo, delle condizioni idrodinamiche e della granulometria del materiale dragato, potrà avere forma più o meno allungata nella direzione della corrente, ma generalmente di lunghezza non inferiore a 500-1000 m.

Così come per l'analisi descritta nel precedente rapporto sono stati selezionati, tra tutti i percorsi fatti in presenza di draga, i transetti (segmenti di percorso), anche singoli, in cui le misure non sono state disturbate dalla presenza di scie di imbarcazioni o di bolle. Si elencano nella tabella 4-1 le 14 giornate e i 39 percorsi considerati nell'analisi empirica del decadimento del plume. Il totale dei transetti considerati è pari a 166.

Tabella 4-1. Giornate e relativi percorsi utilizzati nell'analisi del decadimento del plume.

Data	Percorsi utilizzati
16/06/2005	percorso 2
13/09/2005	3001; 3002; 3007; 3009; 3011
14/09/2005	3018; 3021
15/09/2005	3029
25/10/2005	4001; 4003; 4005; 4006
26/10/2005	4012
28/11/2005	5004; 5006; 5008; 5010
29/11/2005	5012; 5013; 5015; 5017; 5018; 5020
30/11/2005	5026; 5027; 5030; 5032
1/12/2005	5036; 5038; 5039
15/12/2005	1 unico percorso
16/05/2006	1 unico percorso
13/06/2006	6014; 6015; 6017; 6018
14/06/2006	6032; 6034

Per ogni percorso si individua una $C_{\text{background}}$ (o C_{back}) scelta come la C_{minima} di tutti i transetti che compongono il percorso. La $C_{\max}$ di ciascun transetto è la concentrazione massima così come rilevata nel grafico a campana (c.f.r. Rapporti di Campagna).

Per ogni percorso in cui si ha il superamento della soglia di 30 mg/l si calcola la

$$C_{\text{massima ammissibile}} = 30\text{mg/l} + C_{\text{back}}$$

e si individua quindi per ogni transetto la larghezza della campana (B) in corrispondenza di tale valore assunto dalla concentrazione. (questo è stato possibile non per i 67 transetti ma per 59 poiché in alcuni casi la campana non è definita).

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

Per calcolare l'area di impatto totale in funzione di X (distanza dal baricentro della zona di scavo) si procede per passi successivi a partire dal primo transetto posto a distanza X_1 dalla zona di scavo. Per questo primo transetto si suppone che l'area di impatto totale sia data dal prodotto di tale distanza X_1 per la corrispondente larghezza della campana B_1 :

$$A_1 = B_1 X_1$$

Per i transetti successivi si assume quindi:

$$A_2 = B_2(X_2 - X_1) + A_1$$

$$A_i = B_i(X_i - X_{i-1}) + A_{i-1}$$

Così per ogni transetto avrò un'area pari all'area del transetto precedente più un rettangolo che ha come base il $B(C_{\max \text{ amm}})$ del transetto considerato e come altezza la differenza tra le due distanze dall'area di scavo. All'interno di tale area la concentrazione supera la concentrazione massima ammissibile che sarà diversa da ogni percorso perché dipende da C_{back} ; si considera che il valore di soglia sia stato realmente superato se tale area è maggiore del valore massimo della Z.I.T che è di 50000 m².

Si riporta di seguito la tabella con i valori di B e delle aree per ogni transetto, evidenziando i transetti per cui tale area supera il limite di 50000 m².

Tabella 4-2. Per ogni transetto si riporta la distanza del suo punto medio dal baricentro dell'area di scavo (X, in metri), la concentrazione limite 30 mg/l, la concentrazione di background (mg/l), la somma tra le due concentrazioni (cioè la concentrazione massima ammissibile) (mg/l), la larghezza della campana in corrispondenza della Concentrazione massima ammissibile (m) e l'area entro la quale la Concentrazione massima ammissibile è raggiunta (m²). In rosso vengono segnati i transetti che hanno un'area maggiore di 50000 m².

Campagna	Percorso	Trans.	X	C_{limite}	C_{back}	$C_{\text{max amm}}$	C_{max}	$B(C_{\text{max amm}})$	$A_i = A_{i-1} + (x_i - x_{i-1})B_i$
16-giu-05	16/06/2005 perc 2	1	441	30	3	33	168.25	60	26460
		2	485	30	3	33	120.74	71	29584
		3	589	30	3	33	31.84		
		4	644	30	3	33	36.18	11	31333
		5	789	30	3	33	26.39		
		6	834	30	3	33	24.54		
		7	983	30	3	33	20.03		
		8	1000	30	3	33	21.07		
		9	1120	30	3	33	21.02		
		10	1200	30	3	33	20.69		
		11	1460	30	3	33	15.01		
13-set-05	13/09/2005 3001	01-02	120	30	1.8	31.8	16.84		
		02-03	300	30	1.8	31.8	9.54		
		03-04	550	30	1.8	31.8	7.2		
		04-05	860	30	1.8	31.8	6.2		
	13/09/2005 3002	06-07	330	30	1.9	31.9	7.2		
		07-08	550	30	1.9	31.9	6.33		
		08-09	830	30	1.9	31.9	5.2		
		09-10	1230	30	1.9	31.9	11.96		
	13/09/2005 3007	10-80	1540	30	1.9	31.9	7.05		
		11-12	770	30	2.4	32.4	4.65		
		12-13	1030	30	2.4	32.4	4.23		

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

Campagna	Percorso	Trans.	X	C _{limite}	C _{back}	C _{maxammis}	C _{max}	B(C _{max amm})	A _i =A _{i-1} +(x _i -x _{i-1})B _i
		13-14	1260	30	2.4	32.4	5.44		
		14-15	1500	30	2.4	32.4	6		
	13/09/2005 3009	16-17	480	30	2.26	32.26	10.5		
		17-18	270	30	2.26	32.26	7.94		
		18-19	110	30	2.26	32.26	7.03		
	13/09/2005 3011	20-21	810	30	2	32	7.35		
		21-22	1050	30	2	32	8.01		
		22-23	1270	30	2	32	5.02		
		23-24	1560	30	2	32	4.2		
14-set-05	14/09/2005 3018	25-26	105	30	2.8	32.8	35.44	10	1050
		26-27	215	30	2.8	32.8	24.21		
		27-28	290	30	2.8	32.8	12.71		
		28-29	505	30	2.8	32.8	8.38		
		29-30	705	30	2.8	32.8	7.5		
		30-31	1180	30	2.8	32.8	7.77		
	14/09/2005 3021	34-35	220	30	3.5	33.5	67.43	56	12320
		35-36	390	30	3.5	33.5	37.82	35	18270
		36-37	660	30	3.5	33.5	18.53		
		37-38	920	30	3.5	33.5	11.04		
		38-39	1010	30	3.5	33.5	10.13		
		39-40	1220	30	3.5	33.5	8.18		
		40-41	1500	30	3.5	33.5	7.57		
		41-80	1670	30	3.5	33.5	6.87		
		80-fn	2200	30	3.5	33.5	7.17		
		fn-fs	2390	30	3.5	33.5	6		
15-set-05	15/09/2005 3029	42-43	270	30	4.2	34.2	31.29		
		43-44	440	30	4.2	34.2	14.82		
		44-45	565	30	4.2	34.2	11.17		
		45-46	550	30	4.2	34.2	11.8		
25-ott-05	25-10-2005 4001	01-02	600	30	3	33	25.09		
		02-03	720	30	3	33	24.44		
		03-04	850	30	3	33	15.03		
		04-05	1000	30	3	33	10.01		
		05-06	1200	30	3	33	4.3		
	25-10-2005 4003	07-08	570	30	3.5	33.5	55.24	19	10830
		08-09	680	30	3.5	33.5	15.7		
		09-10	770	30	3.5	33.5	18.16		
		10-11	880	30	3.5	33.5	14.63		
		11-12	970	30	3.5	33.5	11.03		
		12-13	1090	30	3.5	33.5	9.08		
		13-14	1170	30	3.5	33.5	9.14		
		14-15	1260	30	3.5	33.5	8.2		
	25-10-2005 4005	80-82	1800	30	3.4	33.4	6.4		
	25-10-2005 4006	82-80	1800	30	3.18	33.18	7.3		
26-ott-05	25-10-2005 4012	21-22	430	30	3.6	33.6	32.17		
		22-23	500	30	3.6	33.6	13.04		

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

Campagna	Percorso	Trans.	X	C _{limite}	C _{back}	C _{maxammis}	C _{max}	B(C _{max amm})	A _i =A _{i-1} +(x _i -x _{i-1})B _i
		23-24	640	30	3.6	33.6	11.17		
		24-25	720	30	3.6	33.6	8.55		
		25-26	870	30	3.6	33.6	7.88		
		26-27	980	30	3.6	33.6	4.85		
28-nov-05	28-11-2005 5004	05-06	190	30	14	44	69.84	74	14060
		06-07	290	30	14	44	57.32	90	23060
		08-09	520	30	14	44	43		
	28-11-2005 5006	80-82	1800	30	10	40	28		
		10-11	135	30	9	39	37.91		
	28-11-2005 5008	11-12	285	30	9	39	27.7		
		13-14	570	30	9	39	21.68		
		14-15	650	30	9	39	23.11		
	28-11-2005 5010	16-17	0	30	9.55	39.55	26.74		
29-nov-05	29-11-2005 5012	19-20	445	30	17	47	72.76	22	9790
		20-21	570	30	17	47	48.67	3	10165
		21-22	770	30	17	47	38		
	29-11-2005 5013	23-24	170	30	20	50	66.8	50	8500
		24-25	170	30	20	50	73.68	25	8500
		25-26	170	30	20	50	67.34	32	8500
		26-27	170	30	20	50	68.46	66	8500
	29-11-2005 5015	29-30	260	30	16	46	44.69		
		30-31	460	30	16	46	37.19		
		31-32	670	30	16	46	37.35		
		32-33	825	30	16	46	37.49		
		33-34	1020	30	16	46	33.81		
	29-11-2005 5017	80-82	1800	30	18.3	48.3	39.04		
	29-11-2005 5018	35-36	120	30	20	50	124.62	45	5400
		36-37	225	30	20	50	52.64	6	6030
		37-38	325	30	20	50	31.74		
		38-39	455	30	20	50	30.94		
	29-11-2005 5020	40-41	430	30	20	50	141.47	47	20210
		41-42	430	30	20	50	177.19	62	20210
		42-43	430	30	20	50	89.48	59	20210
30-nov-05	30-11-2005 5026	44-45	370	30	32	62	172.19	143	52910
		45-46	570	30	32	62	93.69	100	72910
		46-47	810	30	32	62	86.3	39	82270
		47-48	1020	30	32	62	99.98		
		48-49	1305	30	32	62	105.86		
	30-11-2005 5027	50-51	210	30	39.37	69.37	101.6	66	13860
	30-11-2005 5030	52-53	220	30	27	57	118.96	63	13860
		53-54	310	30	27	57	102.52		
		54-55	400	30	27	57	102.52		
		55-56	520	30	27	57	70.16	82	38460
		56-57	640	30	27	57	72.73	119	52740

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

Campagna	Percorso	Trans.	X	C _{limite}	C _{back}	C _{maxammis}	C _{max}	B(C _{max amm})	A _i =A _{i-1} +(x _i -x _{i-1})B _i
	30-11-2005 5032	58-59	980	30	27	57	83.43	94	84700
		59-60	1210	30	27	57	70.38		
		61-62	475	30	23	53	123.9	99	47025
		62-63	540	30	23	53	79.94	71	51640
		63-64	635	30	23	53	49.92		
		64-65	765	30	23	53	44.34		
01-dic-05	1-12-2005 5036	66-67	550	30	25	55	73.96	15	8250
		67-68	550	30	25	55	77.87	36	8250
		68-69	550	30	25	55	115.88	113	8250
		69-70	550	30	25	55	97.84	61	8250
		70-71	550	30	25	55	49.35		
	1-12-2005 5038	72-73	565	30	18	48	68.91	63	35595
		73-74	720	30	18	48	58	37	41330
		74-75	1020	30	18	48	34.01		
	1-12-2005 5039	76-77	280	30	14	44	64.26	63	17640
		77-78	375	30	14	44	45.06	4	18020
		78-79	460	30	14	44	39.6		
		79-80a	555	30	14	44	36.09		
		80a-81	665	30	14	44	36.95		
		81-82a	780	30	14	44	33.64		
15-dic-05	15/12/2005	sp1_sp2	450	30	19	49	127.12	44	19800
		sp2_sp3	680	30	19	49	60	64	34520
		sp3_sp4	900	30	19	49	73.39	92	54760
		sp4_sp5	1220	30	19	49	57.89	61	74280
		sp5_sp6	1440	30	19	49	44		
		sp6_82	1660	30	19	49	56.7		
16-mag-06	16/05/2006	1-2	269	30	3	33	22.9		
		2-3	561	30	3	33	12.3		
		3-4	952	30	3	33	10.32		
		4-5	1400	30	3	33	9.15		
		5-ls	1609	30	3	33	6.8		
13-giu-06	13-06-2006 6014	01-02	185	30	9.8	39.8	66.9	16	2960
		03-04	25	30	8	38	94.64	90	2250
	13-06-2006 6015	04-05	160	30	8	38	83.66		
		05-06	260	30	8	38	66.67		
	13-06-2006 6017	07-08	55	30	8	38	99.04	111	6105
		08-09	185	30	8	38	75.65	58	13645
		09-10	385	30	8	38	39.78	24	18445
	13-06-2006 6018	11-12	170	30	8.2	38.2	101.87	90	15300
		12-13	245	30	8.2	38.2	86.42	129	24975
		13-14	425	30	8.2	38.2	54.39	52	34335
		14-15	620	30	8.2	38.2	40.97	25	39210
		15-16	1000	30	8.2	38.2	46.08	23	47950
		16-17	1315	30	8.2	38.2	24		
14-giu-06	14-06-2006 6032	18-19	100	30	23	53	100.73	56	5600
		19-20	250	30	23	53	64.18	19	8450
		20-21	450	30	23	53	57.67	35	15450

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

Campagna	Percorso	Trans.	X	C _{limite}	C _{back}	C _{maxammis}	C _{max}	B(C _{max amm})	A _i =A _{i-1} +(x _i -x _{i-1})B _i
	14-06-2006 6034	21-22	540	30	23	53	40.45		
		22-23	800	30	23	53	32.34		
		24-25	100	30	24	54	104.44	91	9100
		25-26	180	30	24	54	94.58	93	16540
		26-27	290	30	24	54	77.45	91	26550
		27-28	460	30	24	54	70.36	26	30970
		28-29	600	30	24	54	51.1		

I valori dell'area di impatto totale in funzione della distanza X sono riportati nel seguente grafico, suddivisi per giornate.

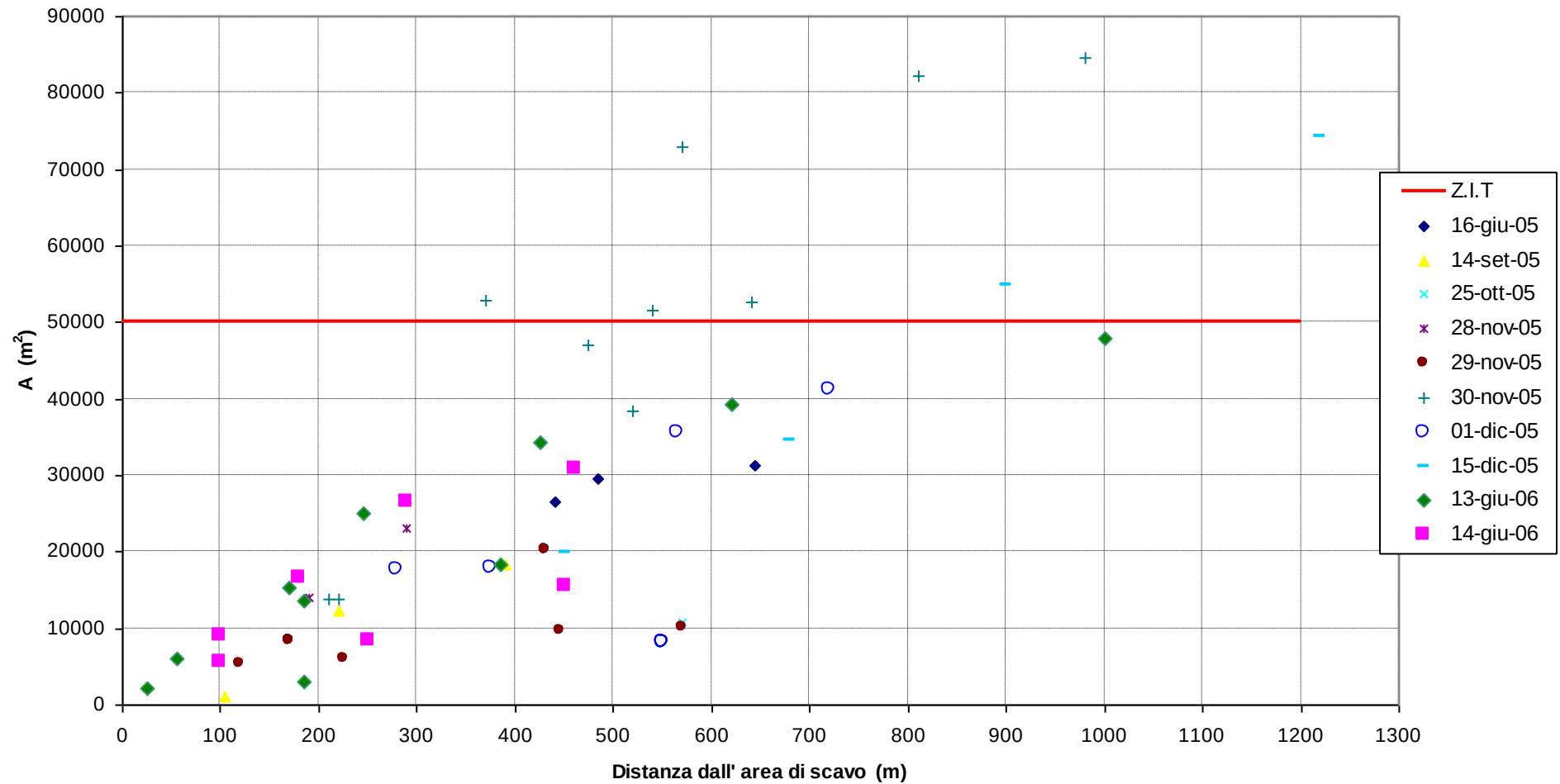
ANDAMENTO DELL' AREA IN FUNZIONE DI X

Figura 4-1 Andamento dell' Area in funzione della distanza dall'area di scavo. Ogni giornata è individuabile da un colore e da un simbolo diverso. La linea rossa è il valore di 50000 m² che indica il valore limite della Z.I.T

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

Dall'analisi del grafico risulta che i transetti la cui Concentrazione limite è superata al di fuori della della Z.I.T sono 8 su 59 (circa 13 %) e che corrispondono alle seguenti campagne di misura e percorsi:

Tabella 4-3 Percorsi e transetti la cui area è superiore alla Z.I.T.

30/11/2005	5026 5030 5032
15/12/2005	

Per valutare l'effetto della velocità della corrente sull'area, i percorsi sono stati suddivisi in funzione della velocità misurata in ciascun transetto. Le classi di velocità considerate sono:

$v_1 = 0 - 0.2 \text{ m/s}$

$v_2 = 0.2 - 0.4 \text{ m/s}$

$v_3 = 0.4 - 0.6 \text{ m/s}$

$v_4 = 0.6 - 0.8 \text{ m/s}$

$v_5 = 0.8 - 1.0 \text{ m/s}$

$v_6 = 1.0 - 2.29 \text{ m/s}$

Tabella 4-4 Suddivisi per classi di velocità, per ogni transetto si riporta la distanza del punto medio dello stesso dal baricentro dell'area di scavo (X in metri), la velocità della corrente (m/s), la larghezza della campana in corrispondenza della Concentrazione massima ammissibile (m), e l'area entro la quale la Concentrazione massima ammissibile è raggiunta (m²). In rosso sono evidenziati i transetti che hanno una area maggiore di 50000 m².

	Velocità	Percorso	Trans.	B(C _{max amm})	Area	x
$v_1 = 0 - 0.2 \text{ m/s}$	0.15	13-06-2006 6014	01-02	16	2960	185
	0.18	25-10-2005 4003	07-08	19	10830	570
$v_2 = 0.2 - 0.4 \text{ m/s}$	0.21	13-06-2006 6015	03-04	90	2250	25
	0.24	13-06-2006 6017	09-10	24	18445	385
	0.26	13-06-2006 6017	07-08	111	6105	55
	0.26	13-06-2006 6017	08-09	58	13645	185
	0.27	16/06/2005 perc 2	2	71	29584	485
	0.28	29-11-2005 5020	42-43	59	20210	430
	0.29	16/06/2005 perc 2	1	60	26460	441
	0.29	16/06/2005 perc 2	4	11	31333	644
	0.29	28-11-2005 5004	06-07	90	23060	290
	0.3	13-06-2006 6018	11-12	90	15300	170
	0.31	13-06-2006 6018	12-13	129	24975	245
	0.32	28-11-2005 5004	05-06	74	14060	190
	0.32	13-06-2006 6018	14-15	25	39210	620
	0.33	13-06-2006 6018	13-14	52	34335	425
	0.39	29-11-2005 5020	41-42	62	20210	430
	0.39	13-06-2006 6018	15-16	23	47950	1000
	0.4	14-06-2006 6032	20-21	35	15450	450
$v_3 = 0.4 - 0.6 \text{ m/s}$	0.43	14/09/2005 3018	25-26	10	1050	105
	0.43	29-11-2005 5020	40-41	47	20210	430
	0.45	14-06-2006 6032	18-19	56	5600	100

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

	Velocità	Percorso	Trans.	B(C _{max amm})	Area	x
	0.457	30-11-2005 5032	61-62	99	47025	475
	0.47	15/12/2005	sp1_sp2	44	19800	450
	0.47	15/12/2005	sp2_sp3	64	34520	680
	0.473	30-11-2005 5032	62-63	71	51640	540
	0.48	29-11-2005 5018	35-36	45	5400	120
	0.49	14-06-2006 6032	19-20	19	8450	250
	0.5	15/12/2005	sp4_sp5	61	74280	1220
	0.53	29-11-2005 5018	36-37	6	6030	225
	0.53	15/12/2005	sp3_sp4	92	54760	900
	0.55	30-11-2005 5030	56-57	119	52740	640
	0.55	1-12-2005 5036	67-68	36	8250	550
	0.56	1-12-2005 5039	77-78	4	18020	375
	0.58	30-11-2005 5030	55-56	82	38460	520
	0.59	14/09/2005 3021	35-36	35	18270	390
	0.59	1-12-2005 5039	76-77	63	17640	280
	0.6	1-12-2005 5038	73-74	37	41330	720
v ₄ = 0.6 - 0.8 m/s	0.61	14/09/2005 3021	34-35	56	12320	220
	0.62	30-11-2005 5030	52-53	63	13860	220
	0.63	1-12-2005 5038	72-73	63	35595	565
	0.69	1-12-2005 5036	66-67	15	8250	550
	0.73	1-12-2005 5036	68-69	113	8250	550
	0.8	29-11-2005 5013	26-27	66	8500	170
v ₅ = 0.8 - 1.0 m/s	0.82	29-11-2005 5013	25-26	32	8500	170
	0.82	1-12-2005 5036	69-70	61	8250	550
	0.85	29-11-2005 5012	19-20	22	9790	445
	0.85	29-11-2005 5012	20-21	3	10165	570
	0.86	30-11-2005 5026	44-45	143	52910	370
	0.86	30-11-2005 5027	50-51	66	13860	210
	0.87	29-11-2005 5013	23-24	50	8500	170
	0.87	29-11-2005 5013	24-25	25	8500	170
	0.93	30-11-2005 5030	58-59	94	84700	980
	0.99	30-11-2005 5026	45-46	100	72910	570
v ₆ = 1.0 - 2.29 m/s	1.04	30-11-2005 5026	46-47	39	82270	810
	1.56	14-06-2006 6034	26-27	91	26550	290
	1.59	14-06-2006 6034	27-28	26	30970	460
	1.65	14-06-2006 6034	25-26	93	16540	180
	2.29	14-06-2006 6034	24-25	91	9100	100

I valori dell'area suddivisi per classi di velocità sono riportati in un grafico in funzione di X:

ANDAMENTO DELL' AREA IN FUNZIONE DI X E PER CLASSI DI VELOCITA'

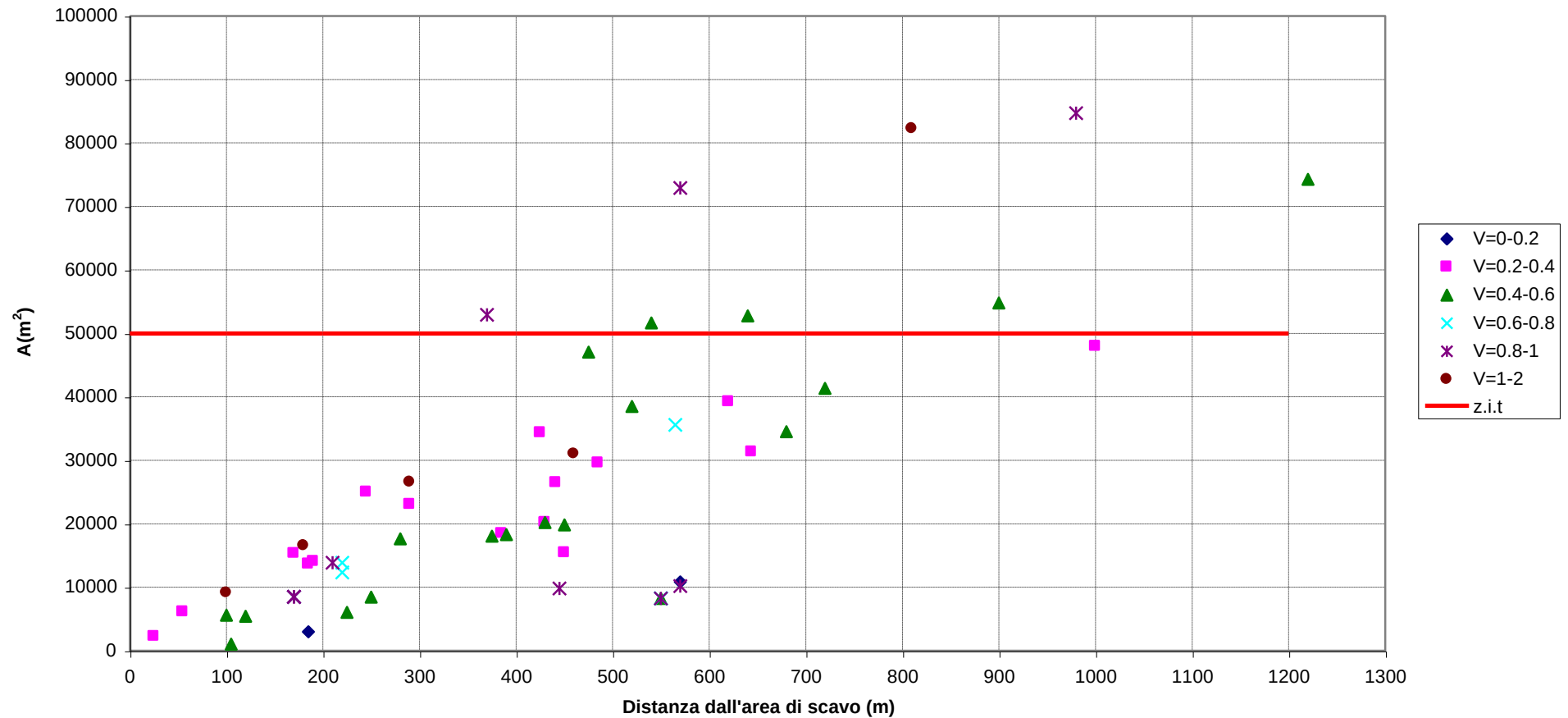


Figura 4-2 Andamento dell' area in funzione della distanza dall'area di scavo, per classi di velocità. Ogni classe di velocità è individuabile da un colore e da un simbolo diverso. La linea rossa è il valore di 50000 m² che indica la Z.I.T

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

Per i percorsi nei quali si ha il superamento della zona di impatto totale massima, non si osserva una chiara dipendenza dalla velocità, anche se in tutte le campagne la velocità era superiore a 0.4 m/s. C'è da ritenere quindi che il superamento di questa soglia sia piuttosto dovuto alle particolari modalità operative adottate dalla draga in quelle occasioni.

5. COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA DEL MATERIALE SCARICATO DALLA DRAGA ASTRA IN RELAZIONE A QUELLA DEL MATERIALE DRAGATO

Nel Rapporto Finale dello Studio B.6.72 B/1 è stato descritto un modello di comportamento del plume di torbidità sotto le ipotesi di granulometria non uniforme del materiale sfiorato dalla draga e di immissione costante da considerarsi come dato di input per il modello. Per quanto riguarda la composizione del materiale sfiorato dalla draga, si è supposta costante nel tempo e pari a quella del materiale dragato.

In effetti, come già accennato, l'immissione di materiale durante le operazioni di dragaggio non è costante ma risulta generalmente crescente nel corso del tempo. Tale circostanza non dipende dall'aumento della portata liquida ma da un aumento della concentrazione del materiale sfiorato dovuto, come vedremo, al progressivo riempimento della stiva. Per l'implementazione del modello semplificato del plume è necessario conoscere la composizione granulometrica del materiale scaricato. Inoltre, il materiale scaricato dalla draga è, come vedremo, più sottile del materiale dragato, cioè del materiale che costituisce il fondo, ma tende a diventare sempre meno sottile al trascorrere del tempo.

Per dare ragione di questi fenomeni è stato quindi impostato un sottomodulo del modello che descrive il comportamento della miscela dragata all'interno della stiva e della conseguente più sottile composizione del materiale di scarico.

5.1 Primo modello di selezione granulometrica nella stiva della draga

La draga inizia a scavare e a caricare il materiale nella stiva, le particelle più grossolane si depositano mentre quelle più fini restano in sospensione a causa della turbolenza.

Per aumentare il carico stivato, la miscela viene fatta fuoriuscire attraverso un'apertura laterale sulle pareti della stiva.

Con questo semplice modello (a parametri concentrati) è possibile valutare la quantità di materiale che si deposita e quella che sfiora, nonché le caratteristiche granulometriche del materiale sfiorato ed immesso nella colonna d'acqua.

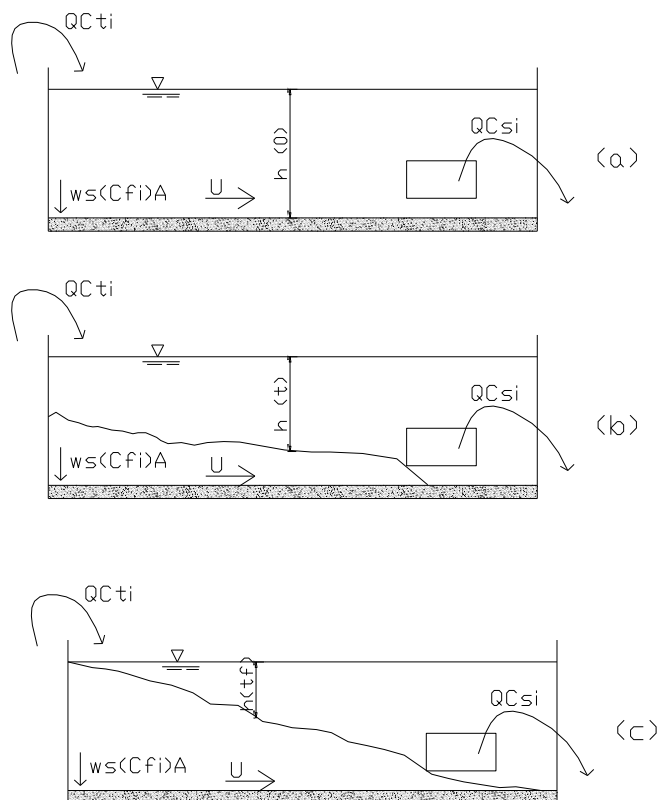
I dati di ingresso al modello in questo caso sono la granulometria del terreno scavato (pari a quella dei sedimenti del fondale) e la sua concentrazione (dipendente dalle caratteristiche operative della draga).

Quando la draga inizia a scavare e ad immettere la miscela nella stiva, la velocità longitudinale dell'acqua diretta verso lo sfioro, U , è abbastanza bassa in quanto il tirante d'acqua medio h (vedi figura 5-1) è piuttosto elevato essendo la stiva ancora praticamente vuota.

In questo modo viene facilitata la sedimentazione delle particelle, specialmente di quelle più grosse, che iniziano a formare un letto di sabbia. Tale processo continua per un certo tempo durante il quale aumenta lo spessore del letto di sabbia fino al raggiungimento del carico massimo. Nell'istante generico si possono quindi individuare due volumi, il volume del letto di fondo e il volume della miscela. A misura che aumenta il volume del letto di fondo e diminuisce il volume della miscela, la velocità della corrente aumenta e, conseguentemente, aumenta la concentrazione del materiale convogliato verso lo scarico e scaricato a mare.

Aumentando il volume sedimentato nella stiva la sezione liquida diminuisce, la velocità longitudinale dell'acqua comincia a prevalere rispetto a quella di sedimentazione, e iniziano ad uscire le particelle più grosse.

Questa fase termina quando le perdite sono elevate e non è più conveniente scavare.



(a) situazione iniziale al tempo $t=0$. (b) situazione intermedia al tempo t . (c) situazione finale al tempo t_f

Il bilancio sarà scritto per ciascuna frazione granulometrica "i" (i=0,1,2,3,4,5).

Tabella 5-1 Per ogni classe granulometrica si indica il diametro medio e la velocità di sedimentazione

CLASSE	INTERVALLO DI DIAMETRI	DIAMETRO MEDIO D(μm)	VELOCITÀ DI SEDIMENTAZIONE (m/s)
0	1 μm <D<3μm	D1=1.73	0.000002
1	3 μm <D<10μm	D1=5.47	0.000015
2	10 μm <D<30 μm	D2=17.32	0.0002
3	30 μm <D<100 μm	D3=54.77	0.0018

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

CLASSE	INTERVALLO DI DIAMETRI	DIAMETRO MEDIO D(μm)	VELOCITÀ DI SEDIMENTAZIONE (m/s)
4	100 μm <D<300 μm	D4=173.20	0.016
5	300 μm <D<1000 μm	D5=547.72	0.08

Indicando con:

Q= portata (m³/s);

C_t= concentrazione del materiale entrante (kg/m³);

C_s= concentrazione del materiale di scarico (kg/m³);

C_f= concentrazione del materiale che si deposita (in vicinanza al fondo) (kg/m³);

A= area del fondo della stiva (m²);

si possono distinguere, sempre per ciascuna frazione granulometria, i seguenti flussi:

Materiale entrante nell'unità di tempo: Q C_t (kg/s)

Materiale uscente nell'unità di tempo: Q C_s (kg/s)

Materiale che si deposita nell'unità di tempo: w s C_f A (kg/s)

Ipotizzando che il materiale che si deposita sia una frazione (da determinare) del materiale uscente introduciamo il coefficiente ψ_i che dipende dalla granulometria del materiale.

$$C_f = \psi_i C_s \quad (1)$$

Facendo il bilancio si ottiene:

$$Q C_t = Q C_s + w s C_f A$$

$$Q C_t = Q C_s + w s \psi_i C_s A$$

da cui si ottiene:

$$C_s = \frac{C_t \cdot \alpha_i}{1 + \frac{w s_i A \psi_i}{Q}} \quad (2)$$

Si è sostituito

$$C_t = C_t \alpha_i \quad (3)$$

Ove il coefficiente α_i rappresenta la percentuale della frazione granulometria "i" del materiale dragato.

Indicando con

$$C_s = \sum_{i=0}^5 C_{s_i} \quad (4)$$

la concentrazione totale del materiale scaricato, sostituendo nella (2) si ottiene:

$$C_s = \sum_{i=0}^5 \frac{C_t \alpha_i}{1 + \frac{w s_i A \psi_i}{Q}} \quad (5)$$

La (5) fornisce anche l'espressione della composizione granulometrica del materiale scaricato

$$\beta_i = C_{Si} / C_s = \frac{C_t \cdot \alpha_i}{C_s \left(1 + \frac{w_{Si} A \psi_i}{Q}\right)} \quad (6)$$

Il rapporto ψ_i , oltre che dal diametro della frazione considerata, dipende anche dalle caratteristiche turbolente del moto, cioè dal rapporto fra la velocità di caduta del materiale w_{Si} e la velocità d'attrito sul fondo lungo la stiva u^* . La sua determinazione, frazione per frazione in funzione delle caratteristiche idrodinamiche all'interno della stiva non è agevole per mancanza di tutte le informazioni necessarie. Si può tentare però una sua valutazione globale in funzione del "diametro rappresentativo" della miscela, di volta in volta presente nel volume d'acqua della stiva. A questo scopo nella equazione (5) si può considerare un valore costante del rapporto ψ , rappresentativo della miscela considerata, il quale può essere al contrario tarato sulla base delle informazioni disponibili. Si fa presente che poiché la miscela scaricata a mare tende a diventare sempre più grossolana il valore del rapporto ψ tende a diventare sempre più piccolo.

Sotto l'ipotesi di ψ costante l'espressione (2) fornisce :

$$C_{Si} = \frac{C_t \cdot \alpha_i}{1 + \frac{w_{Si} A \psi}{Q}} \quad (7)$$

mentre l'espressione (5) fornisce

$$C_s = \sum_{i=0}^5 \frac{C_t \alpha_i}{1 + \frac{w_{Si} A \psi}{Q}} \quad (8)$$

Noti nel corso del tempo i valori misurati di C_s (concentrazione dello scarico) e C_t (concentrazione del terreno dragato), nonché i valori di α_i (composizione del materiale dragato) è possibile per tentativi determinare i valori di ψ che nei diversi istanti durante le operazioni di dragaggio minimizzano gli scostamenti tra i valori misurati e quelli forniti dall'equazione (9).

Una volta noto il valore di ψ l'equazione (8) fornisce la composizione β_i della miscela scaricata :

$$\beta_i = C_{Si} / C_s \quad (9)$$

Per la taratura del modello (cioè per la valutazione del parametro ψ_i , rapporto, per ciascuna classe granulometrica fra la concentrazione del materiale depositato nel fondo della stiva e quello scaricato) abbiamo a disposizione i seguenti dati, relativi a 5 giornate (14-15-16-17-18 settembre 2005) e 9 cicli di scavo, forniti dal personale della draga:

- l'ora di inizio dello scavo, l'ora di inizio dello sfioro, l'ora di fine dello scavo che si suppone coincidente con la fine dello sfioro;
- le misure di consistenza (densità) del materiale dragato e scaricato effettuate ad intervalli di 5 minuti;
- la velocità media del materiale all'interno del tubo aspirante pari a 6 m/s;
- il diametro del tubo aspirante pari a 600 mm;
- il volume occupato dal carico circa 1300 m³;
- posizione delle aperture per l' *overflow*, collocate nella zona di prua ad una quota di 1.5 m dal fondo della stiva. Per cui il materiale si accumula nella stiva con altezze variabili dal valore massimo a poppa di 7.73 m fino a 1.5 m a prua.

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

Non si hanno invece informazioni dirette sulla granulometria del materiale dragato in quelle stesse giornate.

In mancanza di dati certi è stato assunto che il materiale scavato in quelle occasioni non fosse troppo diverso da quello scavato un anno dopo nella stessa zona.

Le informazioni sulla granulometria verranno date nel paragrafo successivo.

Con i dati che abbiamo a disposizione possiamo determinare:

$$S = \text{area del tubo} = 0.28 \text{ m}^2$$

$$Q = S \times v = 1.69 \text{ m}^3/\text{s}$$

Poiché la draga "Astra" è fornita di due rastrelli e di due tubazioni di immissione la portata totale è stimata pari a $Q = 3.39 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$A = \text{Area stiva} = V_{\text{carico}} / h = 168 \text{ m}^2$$

Dai dati di consistenza (densità) del materiale dragato e scaricato si ricavano i rispettivi valori di concentrazione sottraendo il valore relativo all'acqua pulita cioè $1025 \text{ kg}/\text{m}^3$.

$$C_t = \rho_t - 1025 \quad (10)$$

$$C_s = \rho_s - 1025 \quad (11)$$

C_t è piuttosto variabile per cui per ogni ciclo di scavo della draga conviene assumere $C_{t\text{medio}}$.

ρ_s assume valori che vanno da $1025 \text{ kg}/\text{m}^3$ all'inizio dello sfioro a $1030 \text{ kg}/\text{m}^3$ alla fine dello scavo. Raggiunta una tale consistenza infatti la draga interrompe le operazioni di scavo appositamente.

Questi dati sono stati utilizzati nel modello precedentemente descritto per determinare il rapporto ψ per ogni ciclo di scavo.

Si riporta nelle figure 5-2 e 5-3 l'andamento di tale rapporto per i vari cicli di scavo in funzione del tempo.

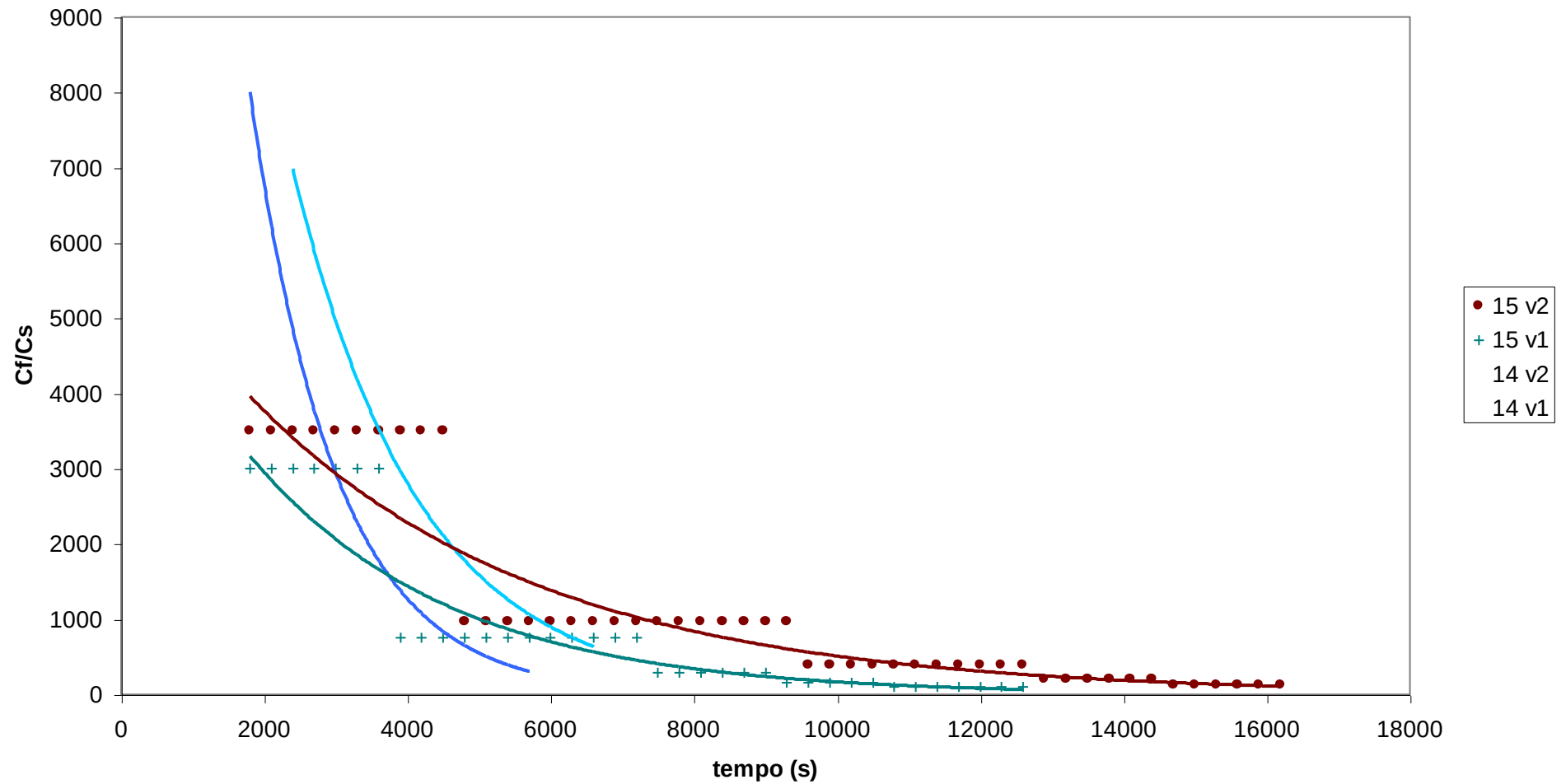
Andamento del rapporto C_f/C_s in funzione del tempo

Figura 5-2 Andamento del rapporto ψ fra la concentrazione al fondo e la concentrazione di scarico in funzione del tempo (dall'istante di inizio sfioro alla fine dello scavo). Il grafico è relativo ai cicli di scavo della draga dei giorni 14 e 15 settembre 2005

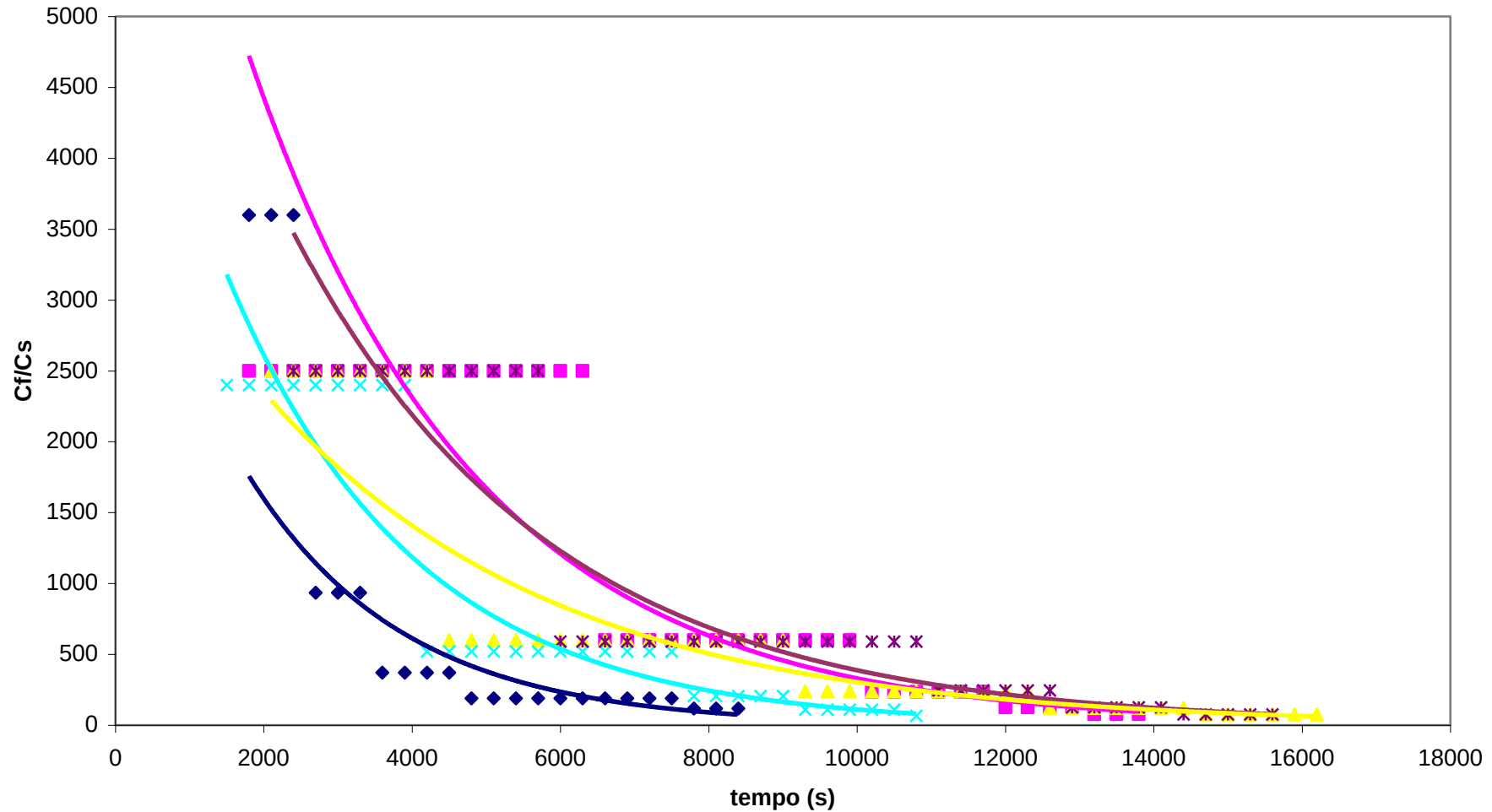
Andamento del rapporto C_f/C_s in funzione del tempo

Figura 5-3 Andamento del rapporto ψ fra la concentrazione al fondo e la concentrazione di scarico in funzione del tempo (dall'istante di inizio sfioro alla fine dello scavo) relativo ai cicli di scavo della draga dei giorni 16 , 17 e 18 settembre 2005

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

Una volta noto ψ si ricavano le percentuali per ogni classe granulometrica; si attribuisce a ciascuna il suo diametro e si costruisce così la curva del materiale scaricato dalla draga nella colonna d'acqua.

Nelle figure 5-4 e 5-5 sono riportate le curve così ricavate utilizzando come materiale entrante quello rappresentato dalle curve relative ai prelievi realizzati nel Canale di S.Nicolò (L1) e nel Canale di Treporti (T2).

Per l'ubicazione dei punti di prelievo si veda il paragrafo successivo.

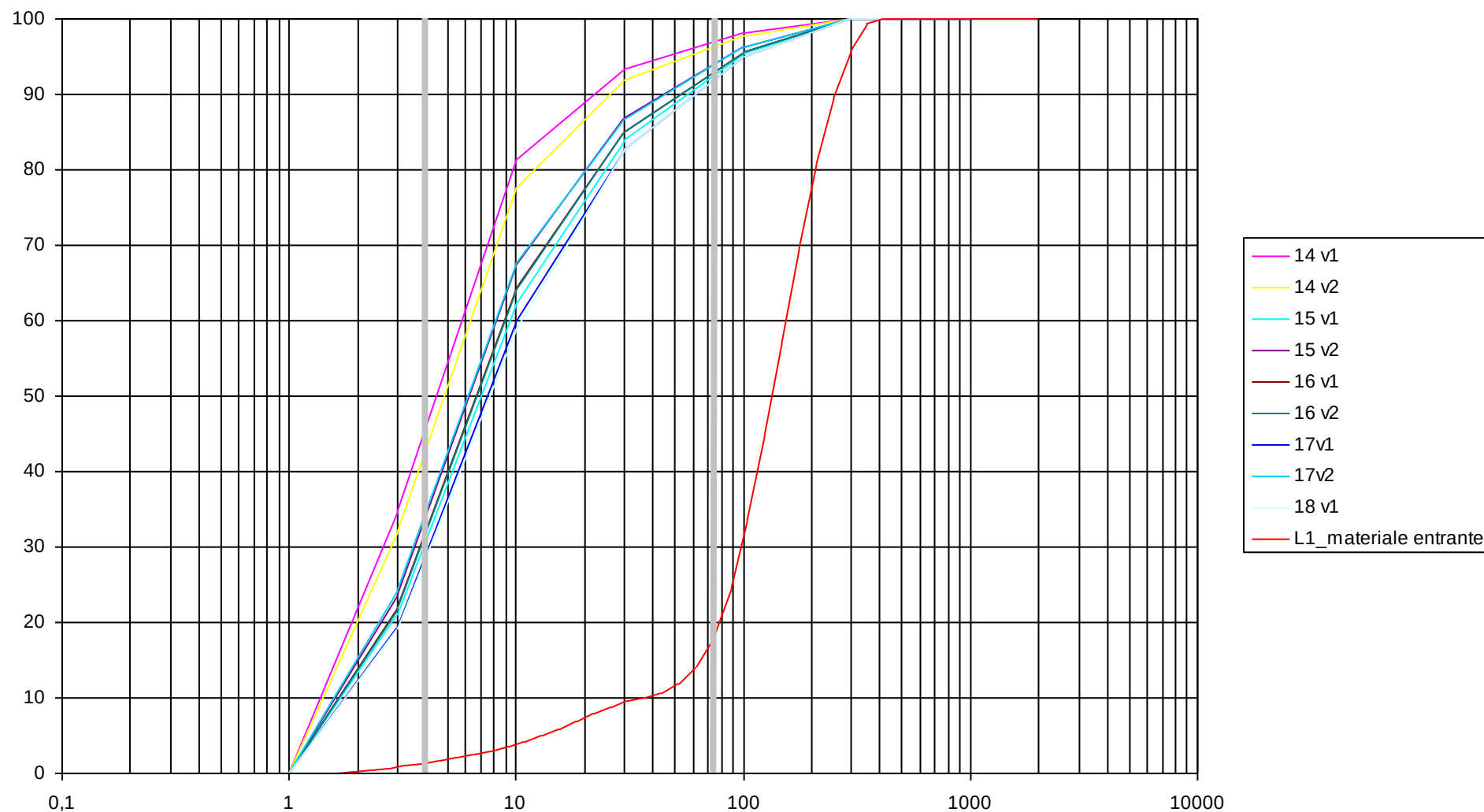


Figura 5-4 Curve granulometriche determinate con il "Primo modello di selezione granulometrica nella stiva della draga" a partire dalla curva del materiale entrante relativa al prelievo nel punto L1 nella di Bocca di Porto di Lido nel Canale di San Nicolò durante la campagna intensiva del 4 Ottobre 2006

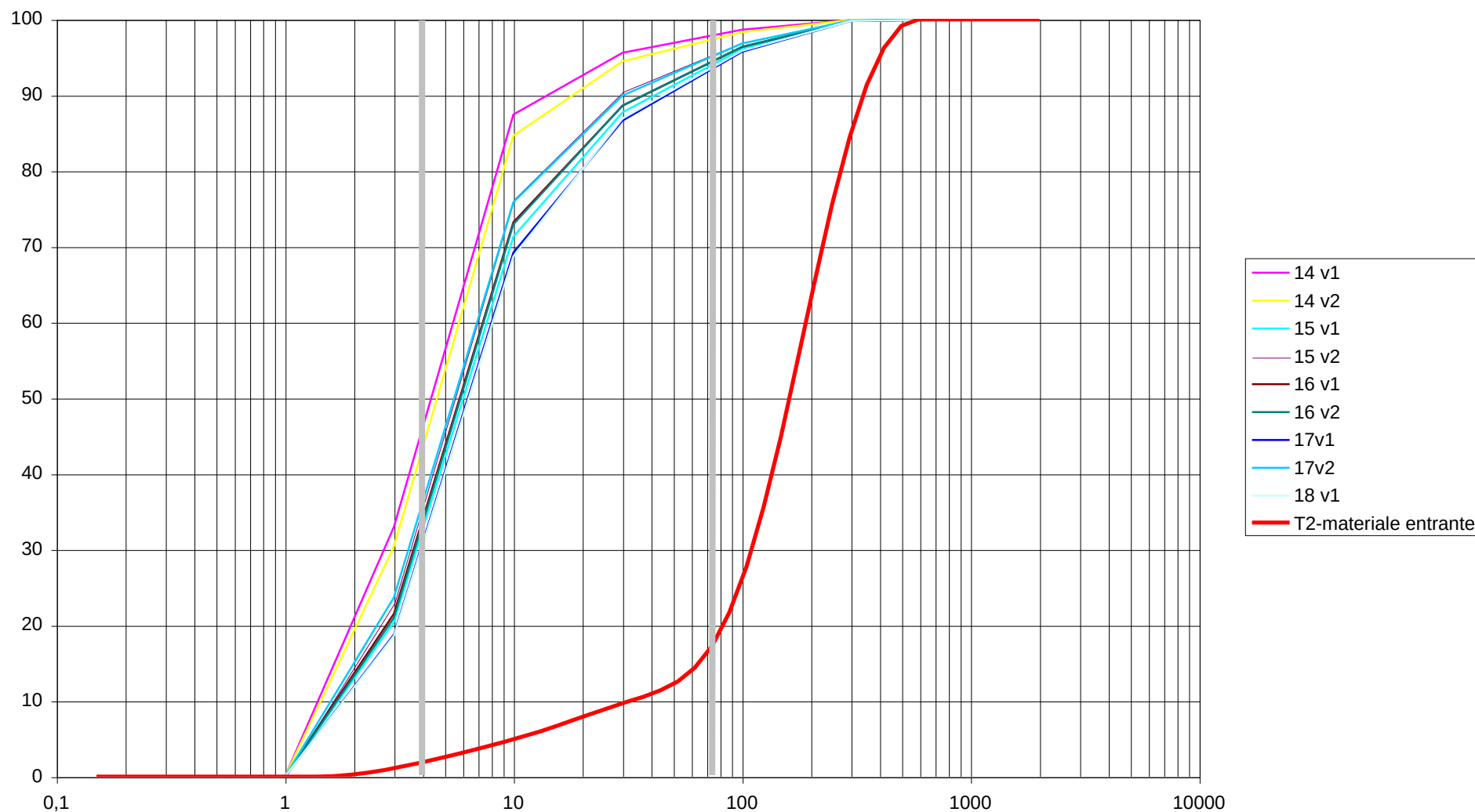


Figura 5-5 Curve granulometriche determinate con il "Primo modello di selezione granulometrica nella stiva della draga" a partire dalla curva del materiale entrante relativa al prelievo nel punto T2 nella di Bocca di Porto di Lido nel Canale di Treporti durante la campagna intensiva del 4 Ottobre 2006

Nelle figure 5-4 e 5-5 compaiono accanto alla curva del materiale entrante, molto più grossolana, le nove curve del materiale scaricato, calcolate come detto in precedenza per ciascuno dei nove viaggi della draga.

Tutte le curve danno valori molto più sottili di quelli del materiale entrante.

Come si vede, ad esclusione delle curve dei viaggi 1 e 2 del 14 settembre, molto più brevi e quindi caratterizzati da una curva del materiale di scarico più sottile, le rimanenti curve sono quasi coincidenti e alla fine si considera quella intermedia.

5.2 Rilievi granulometrici dei sedimenti del fondo

Come accennato nel paragrafo precedente abbiamo a disposizione le curve granulometriche del fondo ottenute dall'analisi dei campioni prelevati nella campagna intensiva del 4 ottobre 2006 alla bocca di porto di Lido.

Nella figura seguente si riportano le posizioni dei punti dove è stato eseguito il campionamento dei sedimenti del fondo.

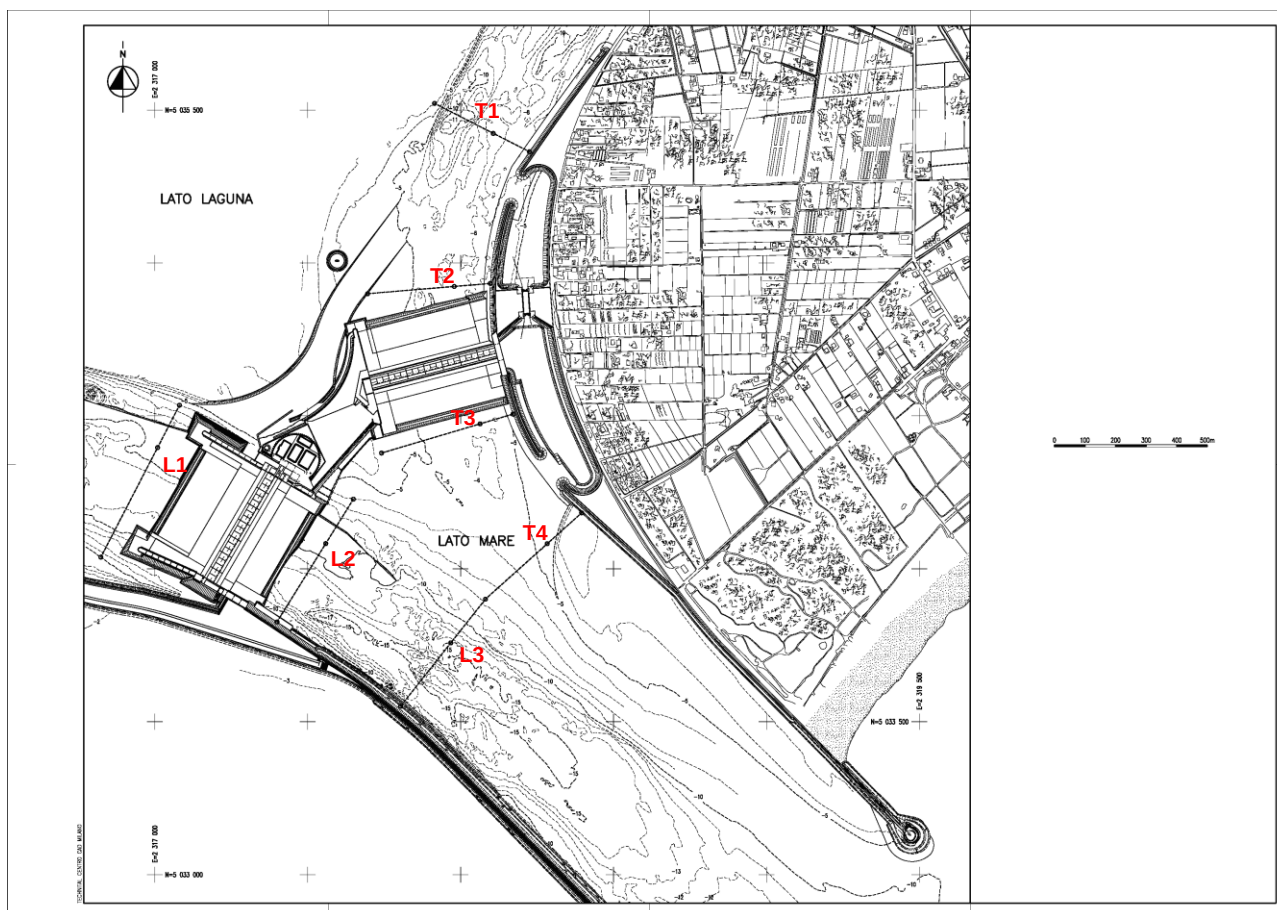


Figura 5-6 Bocca di Porto di Lido. Posizione dei punti di prelievo, lungo i transetti, della granulometria del materiale di fondo (T1, T2, T3 e T4 nel Canale di Treporti; L1, L2 e L3 nel Canale di San Nicolò) durante la campagna intensiva del 4 Ottobre 2006

Nella Tabella 5.2 sono sintetizzati i risultati delle analisi granulometriche per i campioni.

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

Tabella 5-2 Percentuali in volume delle frazioni granulometriche, classificazione secondo Shepard e D₅₀ dei sedimenti campionati presso la bocca di Porto di Lido.

Punti Indagine	Scala Wentworth			Classificazione Shepard (1954)	D50 µm
	Argilla %	Limo %	Sabbia %		
T1	0.9	9.2	90.0	sabbia	168.2
T2	1.9	12.1	86.0	sabbia	161.4
T3	3.1	14.9	82.0	sabbia	155.3
T4	0.1	2.8	97.1	sabbia	240.2
L1	1.4	12.2	86.4	sabbia	134.2
L2	10.2	55.8	34.0	limo-sabbioso	25.9
L3	0.0	1.1	98.9	sabbia	241.4

Le campagne utilizzate per la verifica -taratura del modello sono le seguenti:

16 giugno 2005 - percorso 2

13 settembre 2005 - percorsi 3001 - 3007 - 3011

14 settembre 2005 - percorsi 3018 - 3021

25 ottobre 2005 - percorsi 4001 - 4003

26 ottobre 2005 - percorso 4012

16 maggio 2006

13 giugno 2006 - 6017

14 giugno 2006 - 6034

Si riportano in Figura 5-7 le curve relative ai profili L1 L2 L3 L4 del Canale di Lido San Nicolò e in Figura 5-8 le curve relative ai punti di prelievo T1 T2 T3 T4 del canale di Treporti.

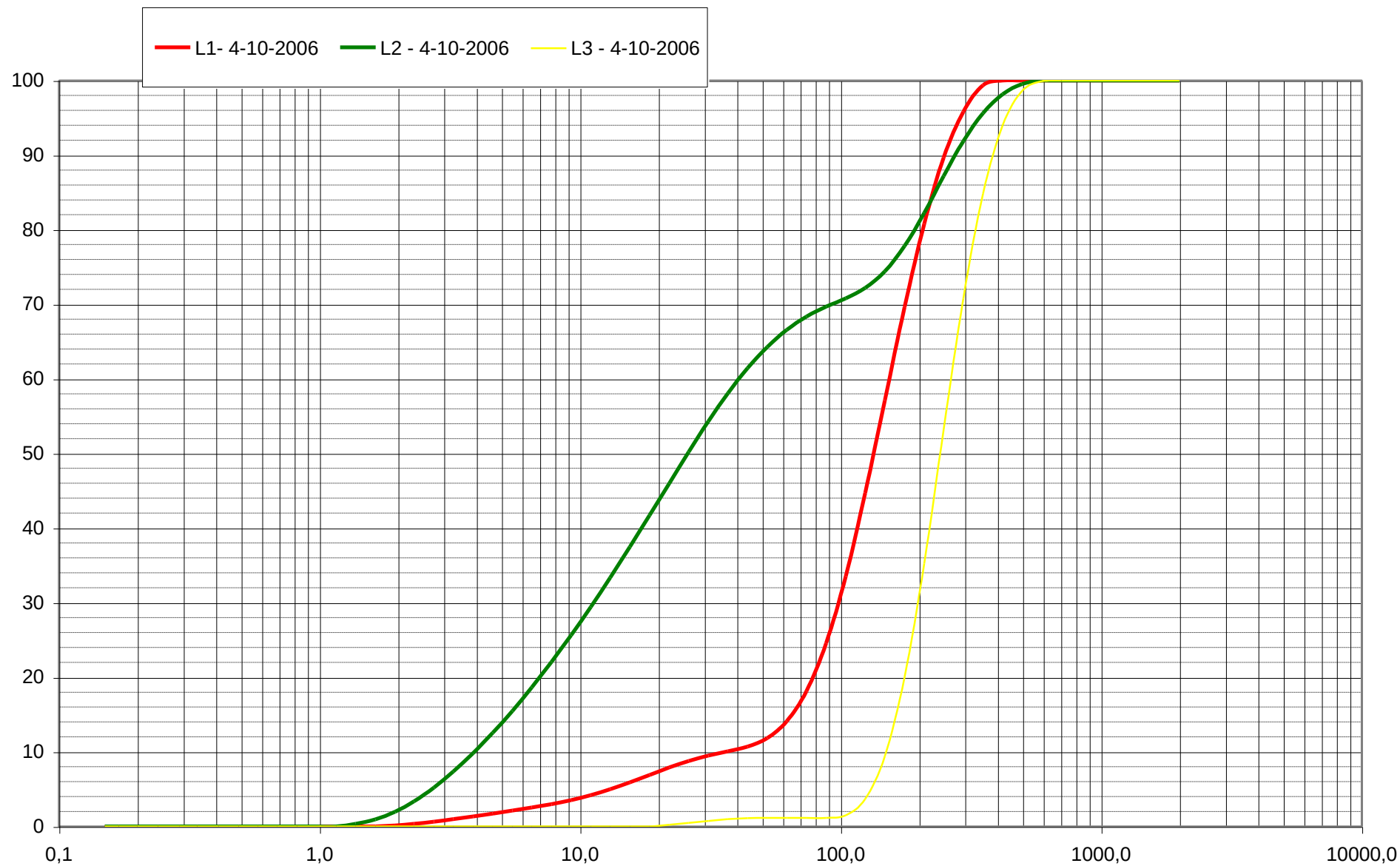


Figura 5-7 :Curve granulometriche relative ai punti di prelievo L1, L2, L3 nel canale di Lido San Nicolò.

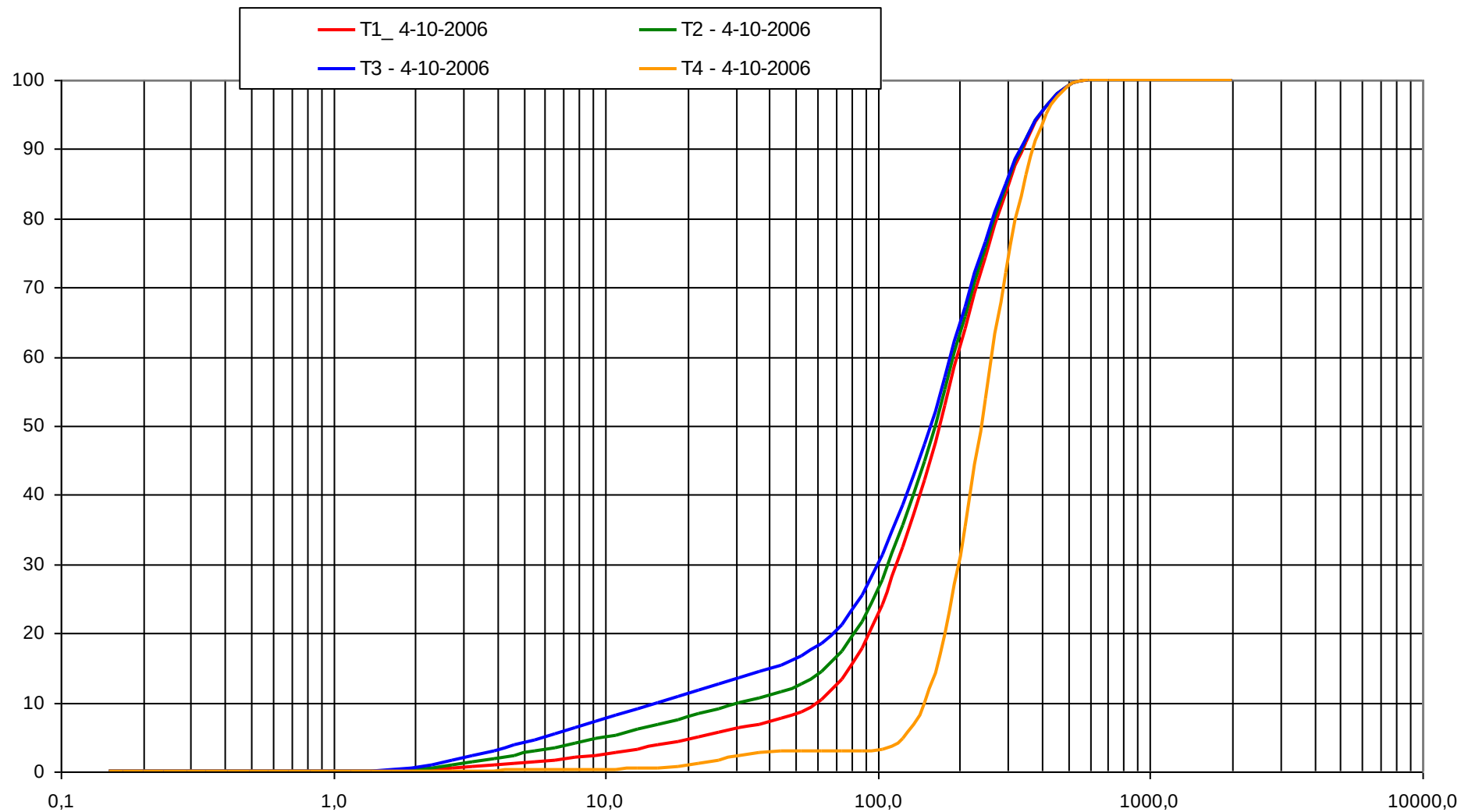


Figura 5-8 Curve granulometriche relative ai punti di prelievo T1, T2, T3, T4 nel canale di Treporti.

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

Per quanto riguarda il canale di Lido San Nicolo non si considera la curva L2 poiché il campione è stato prelevato in prossimità delle aree di scavo delle sezioni d'imposta delle paratoie mobili; pertanto è possibile che sia costituito da materiali più grossolani, appartenenti al livello sabbioso superficiale, e da materiali più fini propri dei livelli argillosi sottostanti.

Si riportano nelle figure di seguito per ogni campagna la posizione dei percorsi e della relativa area di scavo.

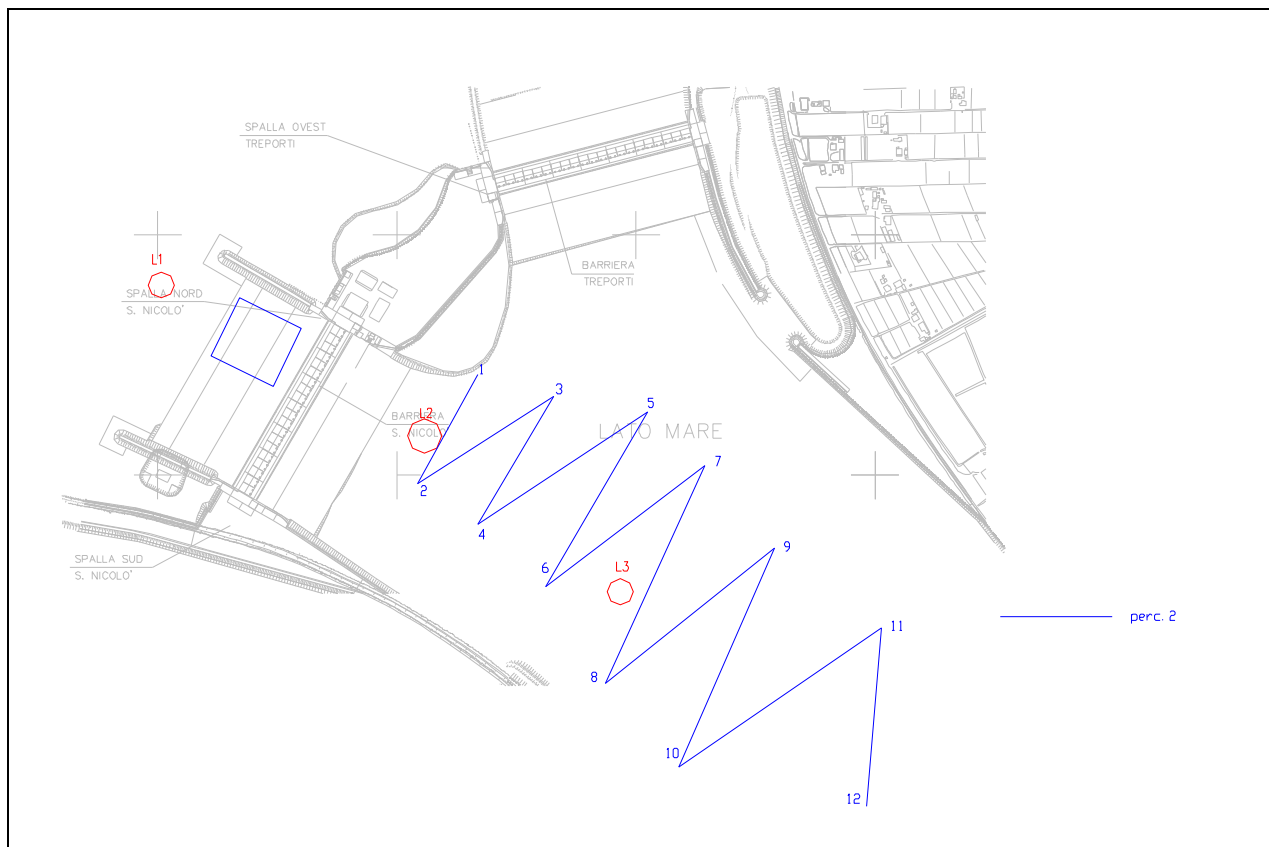


Figura 5-9 Percorso 2 del 16 giugno 2005 , area di scavo e punti di prelievo.

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

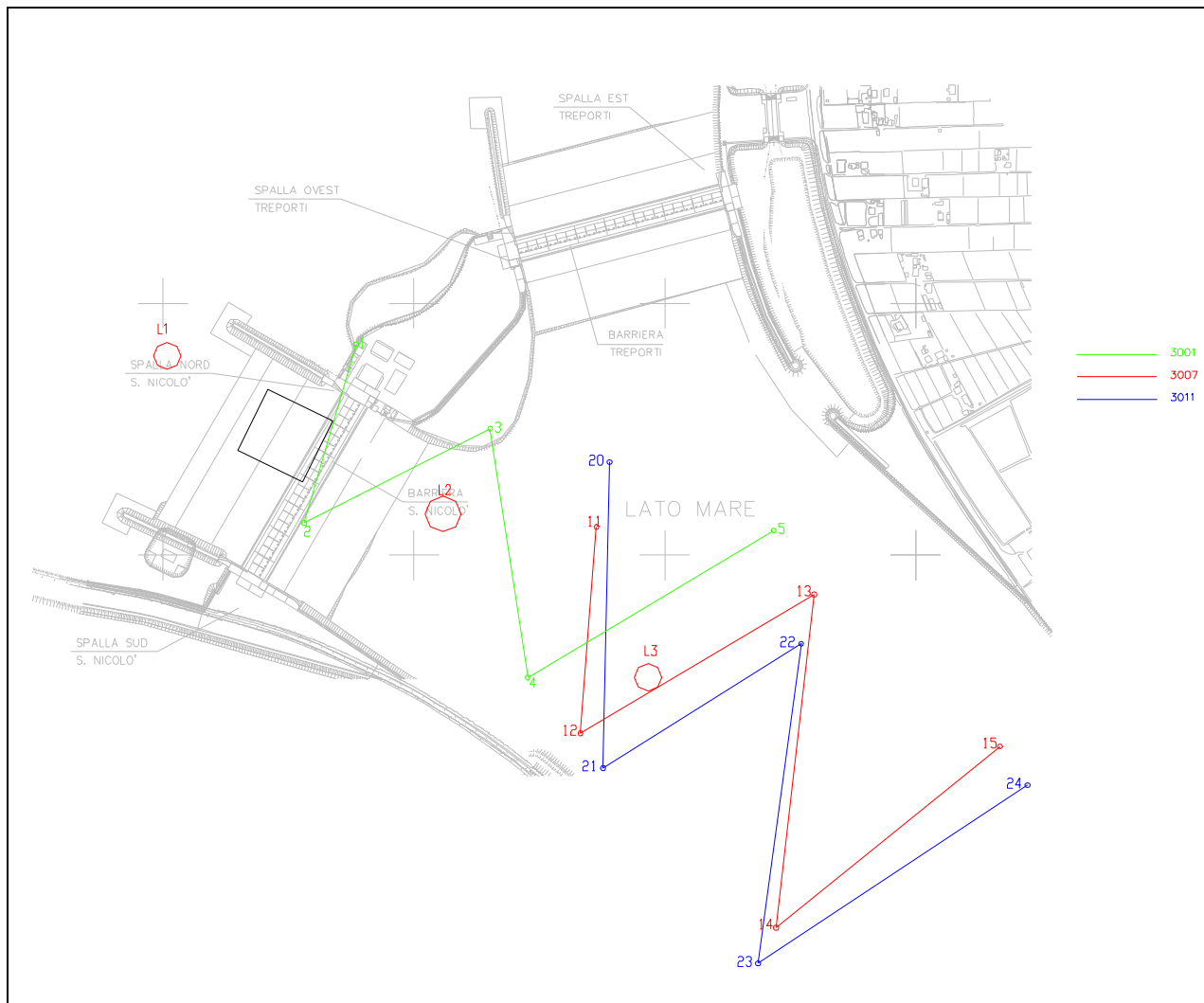


Figura 5-10 Percorsi 3001-3007-3011 del 13 settembre 2005 , area di scavo e punti di prelievo.

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

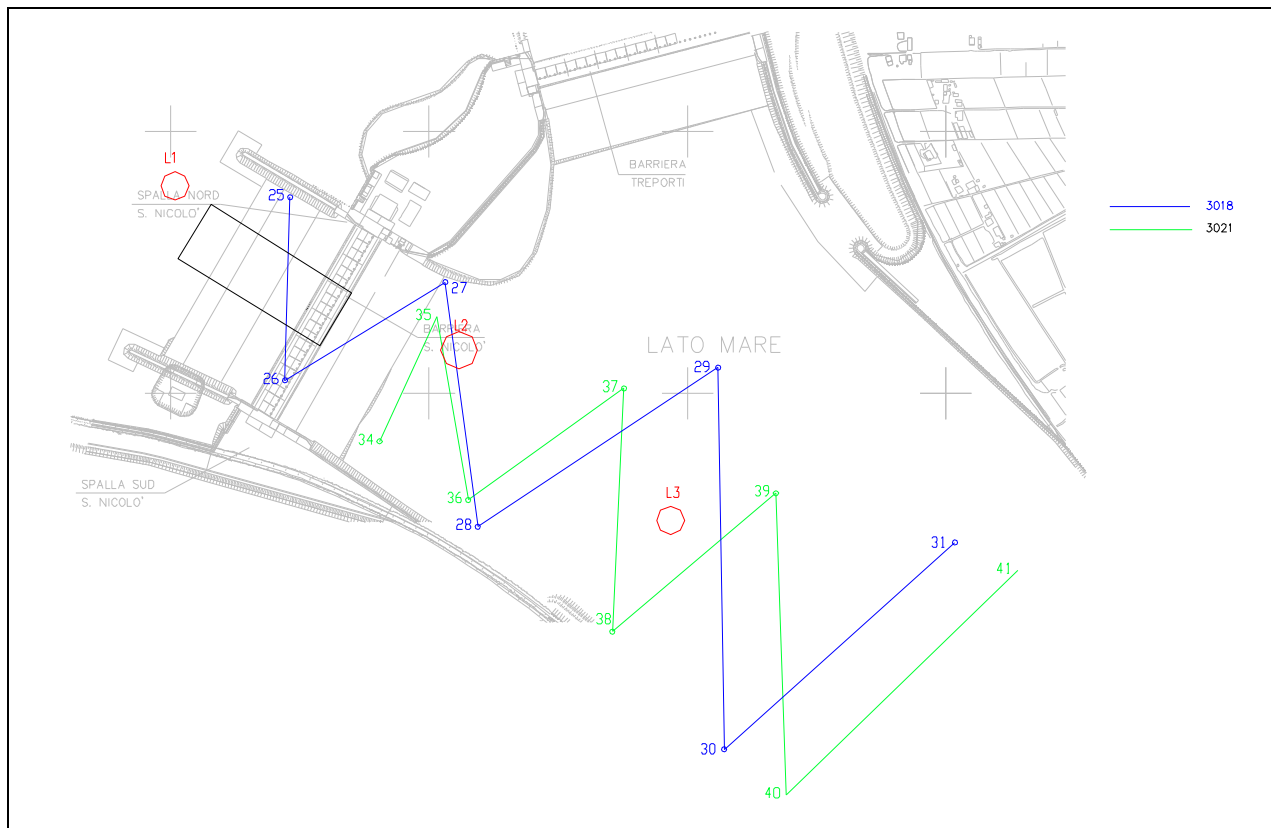


Figura 5-11 Percorsi 3018-3021 del 14 settembre 2005 , area di scavo e punti di prelievo.

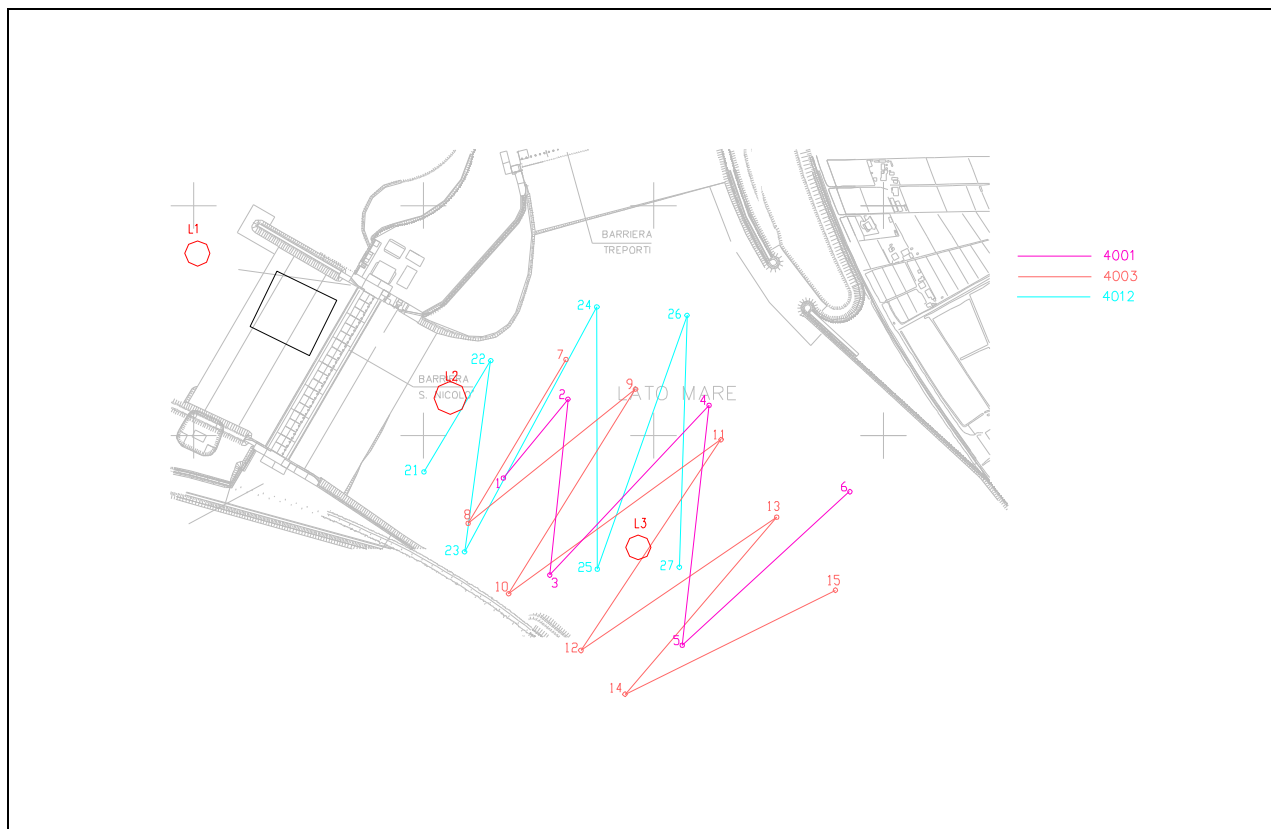


Figura 5-12 Percorsi 4001-4003- 4012 del 25-26 ottobre 2005 , area di scavo e punti di prelievo.

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

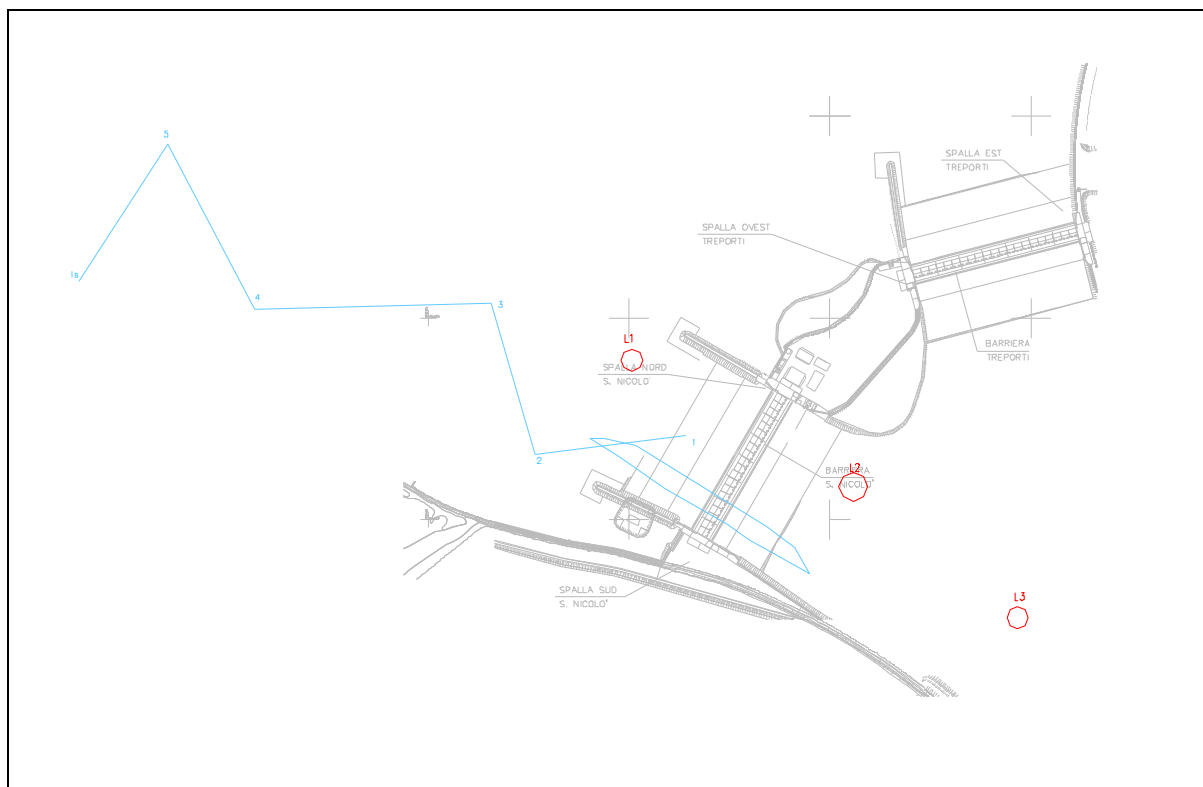


Figura 5-13 Percorso del 16 maggio 2006 , area di scavo e punti di prelievo

Le aree di scavo delle campagne considerate sono in prossimità del punto di prelievo L1 per quanto riguarda il canale di Lido San Nicolo e quindi le campagne del 2005 e di maggio 2006.

Si individuano così 6 frazioni granulometriche ognuna delle quali è caratterizzata da un diametro medio D_i (μm). Ad ogni diametro caratteristico si associa la percentuale α_i ricavata dalla curva granulometrica e la velocità di sedimentazione ws_i .

Tabella 5-3 Granulometria della curva relativa al punto di prelievo verticale L1, diametro medio e velocità di sedimentazione per ogni classe.

CLASSE	INTERVALLO DI DIAMETRI	DIAMETRO MEDIO $D(\mu\text{m})$	PERCENTUALE FRAZIONE α	VELOCITÀ DI SEDIMENTAZIONE (m/s)
0	$1 \mu\text{m} < D < 3 \mu\text{m}$	$D1=1.73$	0.01	0.000002
1	$3 \mu\text{m} < D < 10 \mu\text{m}$	$D1=5.47$	0.03	0.000015
2	$10 \mu\text{m} < D < 30 \mu\text{m}$	$D2=17.32$	0.06	0.0002
3	$30 \mu\text{m} < D < 100 \mu\text{m}$	$D3=54.77$	0.20	0.0018
4	$100 \mu\text{m} < D < 300 \mu\text{m}$	$D4=173.20$	0.66	0.016
5	$300 \mu\text{m} < D < 1000 \mu\text{m}$	$D5=547.72$	0.04	0.08

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

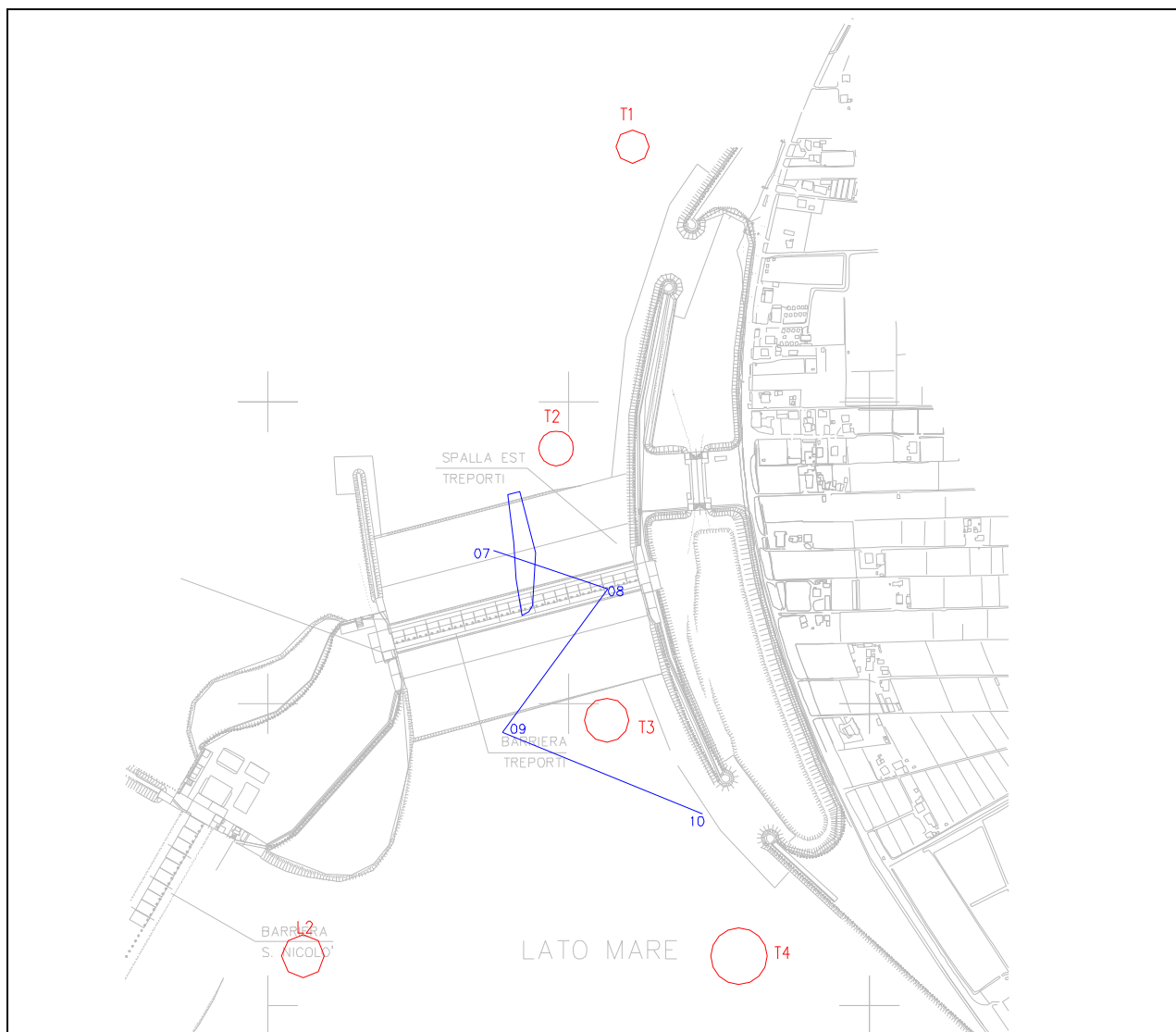


Figura 5-14 Percorso 6017 del 13 giugno 2006 , area di scavo e punti di prelievo.

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

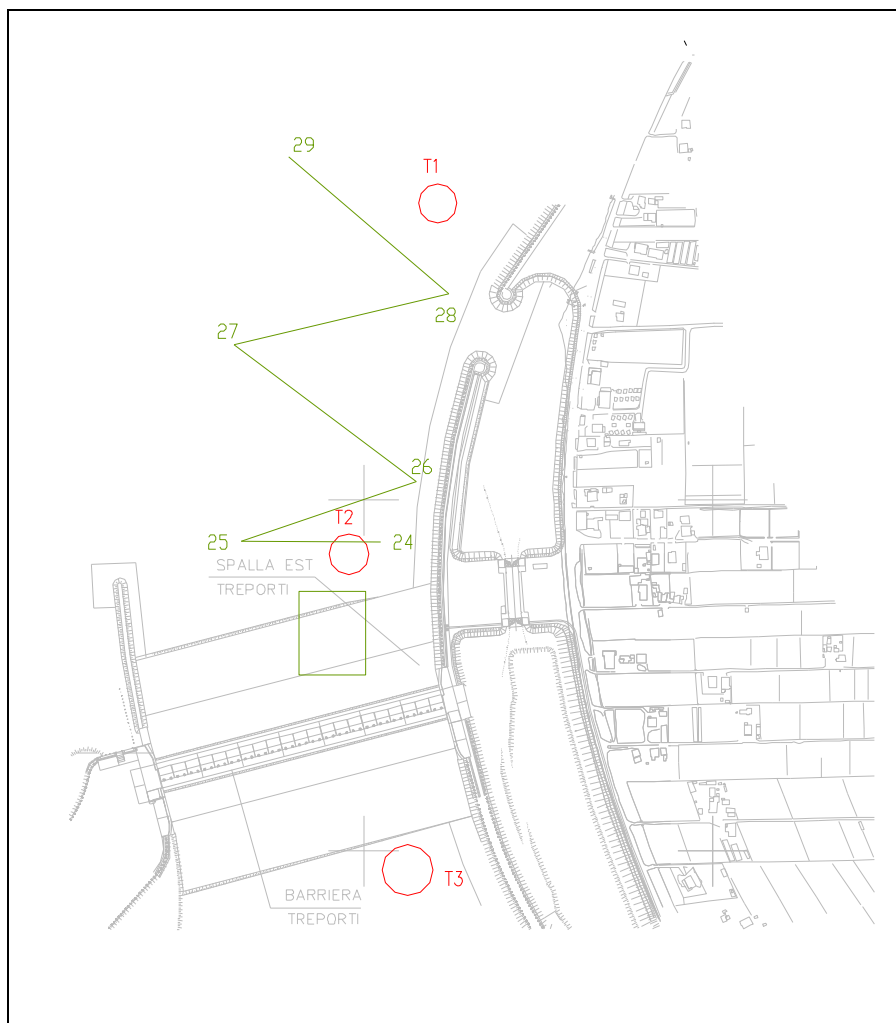


Figura 5-15 Percorso 6034 del 14 giugno 2006 , area di scavo e punti di prelievo.

Per quanto riguarda la campagna del 13-14 giugno 2006 l' area di scavo è nel canale di Treporti in prossimità del punto di prelievo T2.

Tale curva ha la seguente granulometria.

Tabella 5-4 Granulometria della curva relativa al punto di prelievo T2, diametro medio e velocità di sedimentazione per ogni classe.

CLASSE	INTERVALLO DI DIAMETRI	DIAMETRO MEDIO D(μm)	PERCENTUALE FRAZIONE α	VELOCITÀ DI SEDIMENTAZIONE (m/s)
0	1 μm <D<3 μm	D1=1.73	0.01	0.000002
1	3 μm <D<10 μm	D1=5.47	0.04	0.000015
2	10 μm <D<30 μm	D2=17.32	0.05	0.0002
3	30 μm <D<100 μm	D3=54.77	0.16	0.0018
4	100 μm <D<300 μm	D4=173.20	0.60	0.016
5	300 μm <D<1000 μm	D5=547.72	0.14	0.08

Per completezza si riportano i risultati del calcolo illustrati nel paragrafo 2.1 che forniscono le curve granulometriche del materiale scaricato. Si attribuisce quindi ad ogni transetto la curva granulometrica media del materiale sfiorato calcolata in funzione della curva di materiale entrante.

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

Tabella 5-5 Granulometria relativa alle curve del materiale immesso nella colonna d'acqua per ogni percorso

	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
3001	0.24	0.44	0.20	0.09	0.04	0.0004
3007	0.24	0.44	0.20	0.09	0.04	0.0004
3011	0.24	0.44	0.20	0.09	0.04	0.0004
3018	0.24	0.44	0.20	0.09	0.04	0.0004
3021	0.24	0.44	0.20	0.09	0.04	0.0004
4001	0.24	0.44	0.20	0.09	0.04	0.0004
4003	0.24	0.44	0.20	0.09	0.04	0.0004
4012	0.24	0.44	0.20	0.09	0.04	0.0004
perc 2	0.24	0.44	0.20	0.09	0.04	0.0004
16 maggio	0.24	0.44	0.20	0.09	0.04	0.0004
6017	0.23	0.53	0.14	0.07	0.03	0.0013
6034	0.23	0.53	0.14	0.07	0.03	0.0013

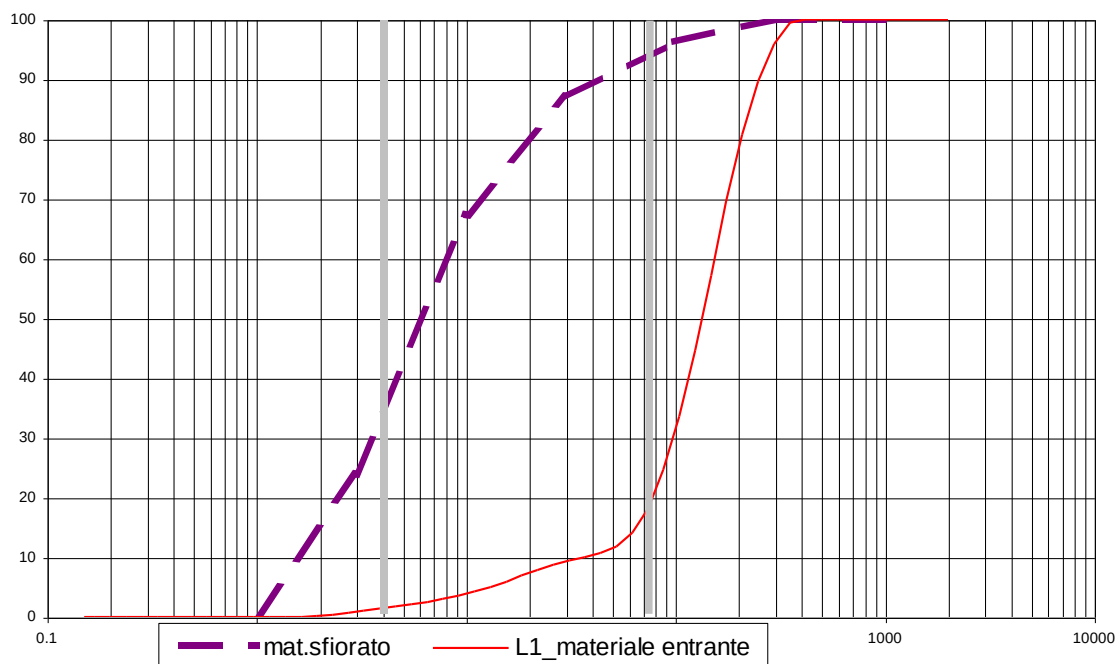


Figura 5-16 Curve granulometriche del materiale del fondo entrante nella stiva e curva del materiale immesso nella colonna d'acqua per il canale di Lido San Nicolò.

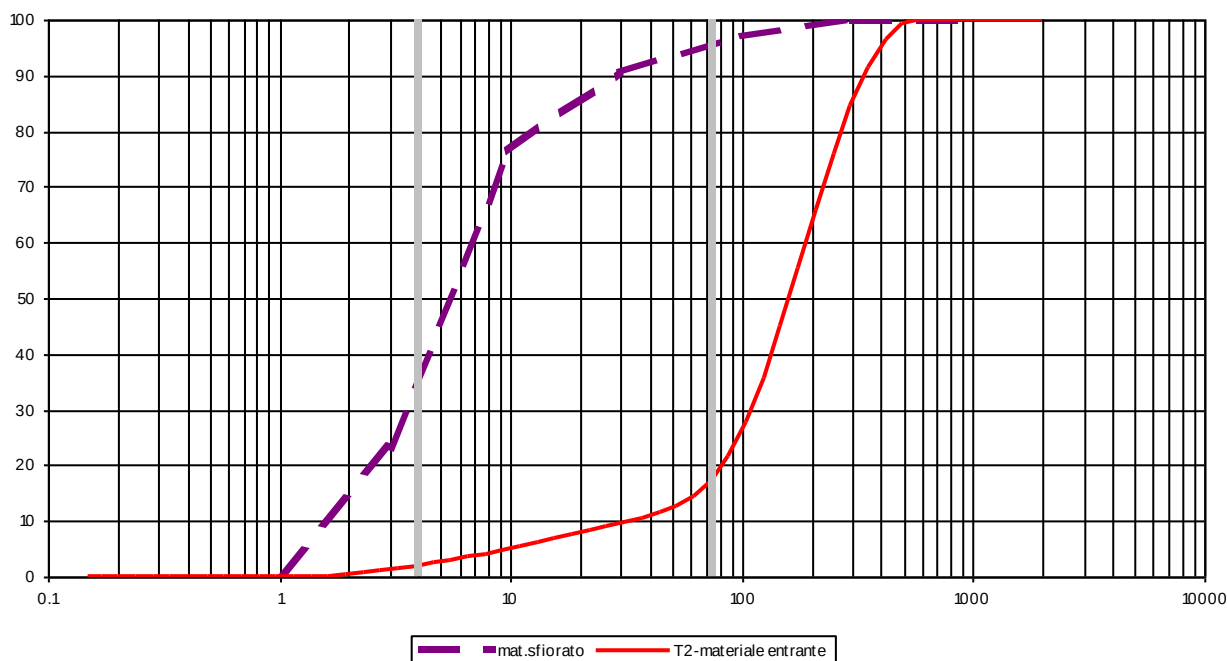


Figura 5-17 Curve granulometriche del materiale del fondo entrante nella stiva e curva del materiale immesso nella colonna d'acqua per il canale di Lido Treporti.

5.3 Modello del pennacchio con immissione variabile nel tempo

Riportiamo nel seguito la descrizione del modello già illustrato nel Rapporto Finale (Studio B.6.72 B/1) nella quale è si considera una immissione di materiale variabile nel tempo.

Ricapitoliamo i principali parametri del modello:

x = distanza dal baricentro dell'area di scavo (m)

g_0 = quantità di sedimenti immessi dalla draga nella colonna d'acqua (g/s)

R_0 = raggio della zona di scavo (m)

h = profondità dell'acqua (m)

U = velocità dell'acqua (m/s)

w_s = velocità di sedimentazione (funzione della granulometria delle particelle) (m/s)

k_r = coefficiente di dispersione laterale (m²/s)

γ = coefficiente di decadimento totale $\gamma = \frac{w_s}{h} + \frac{6k_r}{R_0^2}$ (1/s) (12)

t_f = tempo che intercorre tra l'istante di inizio scavo e l'istante di misura (s)

$t_e = X/U$ = tempo impiegato dall'acqua per percorrere la distanza tra la zona di scavo e il punto di misura (s)

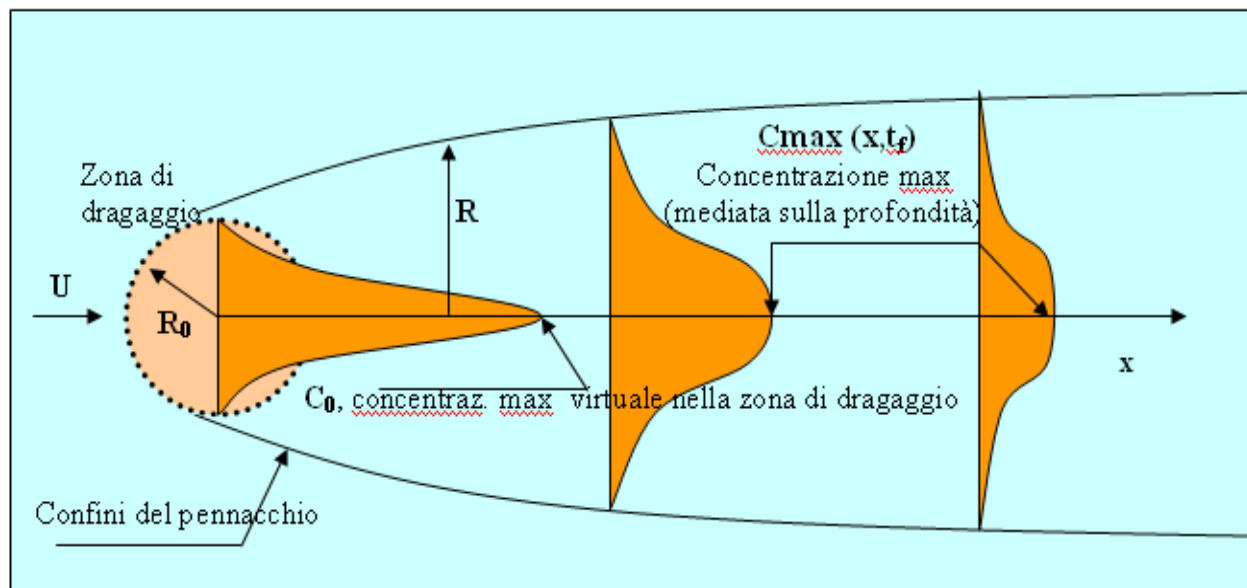


Figura 5-18 Pennacchio di torbidità prodotto da uno scavo che immette, in continuo, una quantità costante di sedimenti g_0 .

La grandezza g_0 , variabile nel tempo, dipende in misura considerevole dalle modalità di rimozione dei sedimenti dal fondo, di trasferimento degli stessi a bordo della draga e dall'eventuale loro rilascio in mare (perdite).

Dalle misure condotte a bordo dell' "Astra" risulta che la quantità di sedimenti rifluiti in mare, g_0 , non è costante nel tempo ma tende a crescere quasi linearmente nel corso delle operazioni di dragaggio e può essere calcolata come il prodotto tra la portata liquida della pompa e la concentrazione dei sedimenti rifluiti (differenza tra "consistenza" del materiale e "consistenza" dell'acqua pulita).

Considerando le C_s calcolate come descritto nel paragrafo 2.1 possiamo calcolare g_0 utilizzando il valore di portata $Q=3.39 \text{ m}^3/\text{s}$.

Poiché C_s cresce linearmente nel tempo, g_0 assume il suo massimo valore al termine dello scavo.

Vediamo cosa succede dal momento di inizio dello sfioro al momento in cui viene effettuata la misura della concentrazione.

Si riporta per semplicità un esempio:

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

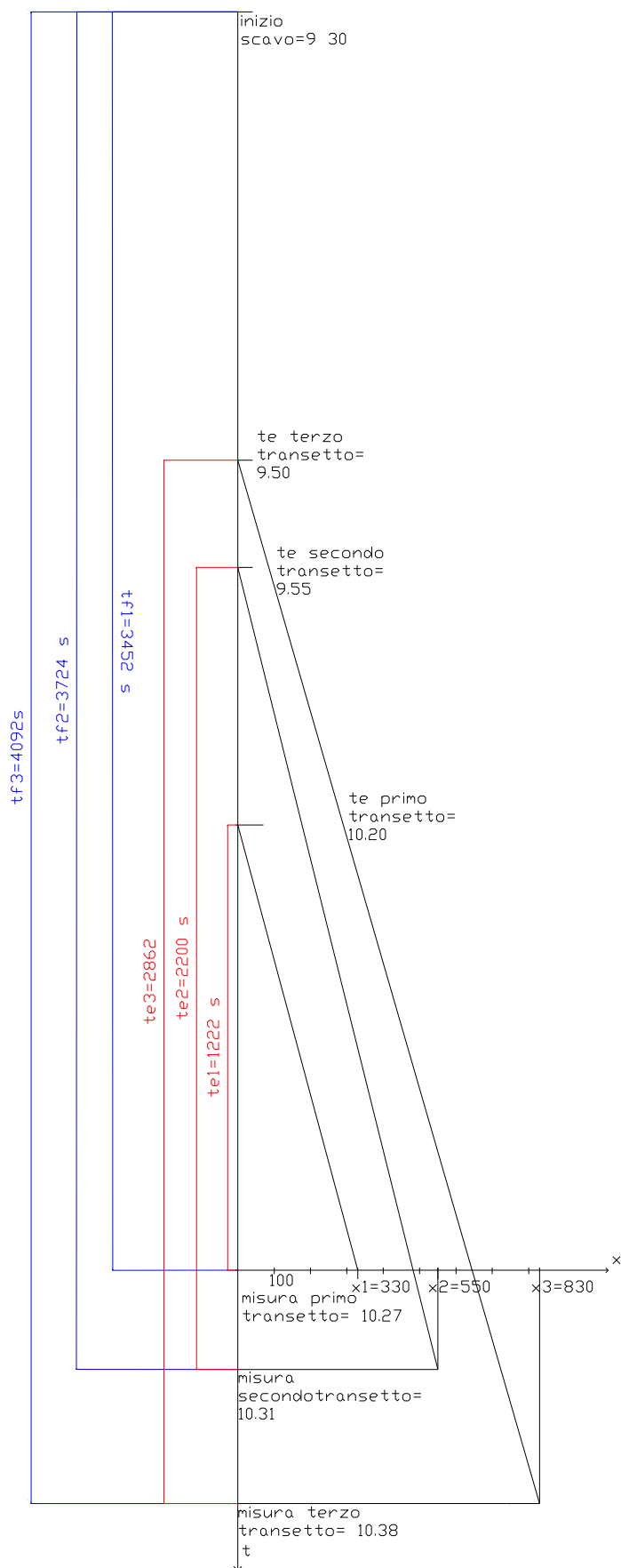


Figura 5-19 Schematizzazione rilascio sedimenti

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

Il rilascio inizia alle 9.30, la misura del primo transetto viene effettuata alle 10.27; il punto medio del transetto si trova a 330 m dal baricentro dell'area di scavo e la velocità della corrente è pari a 0.27 m/s.

Pertanto il tempo impiegato dall'acqua per percorrere tale distanza è pari a 1222 s cioè circa 20 minuti. Conseguentemente il materiale che viene rilasciato prima delle 10.20 arriva al transetto in tempo per la misura, mentre quello che viene scavato dopo non viene misurato.

Se si assume come origine del tempo l'istante di misura, si può ricostruire cosa è accaduto precedentemente, imponendo che g_0 sia nullo all'inizio dello sfioro e aumenti linearmente nel tempo. Si ammette quindi che la portata del materiale refluito vari secondo la legge:

$$g_0 = \alpha_t (t_f - t) \quad (14)$$

e si considera come istante iniziale t_f e come istante finale t_e .

Per cui all'inizio quando $t=t_f$ $g_0=0$

alla fine quando $t=t_e$ $g_0= \alpha (t_f-t_e)$ che è il valore massimo.

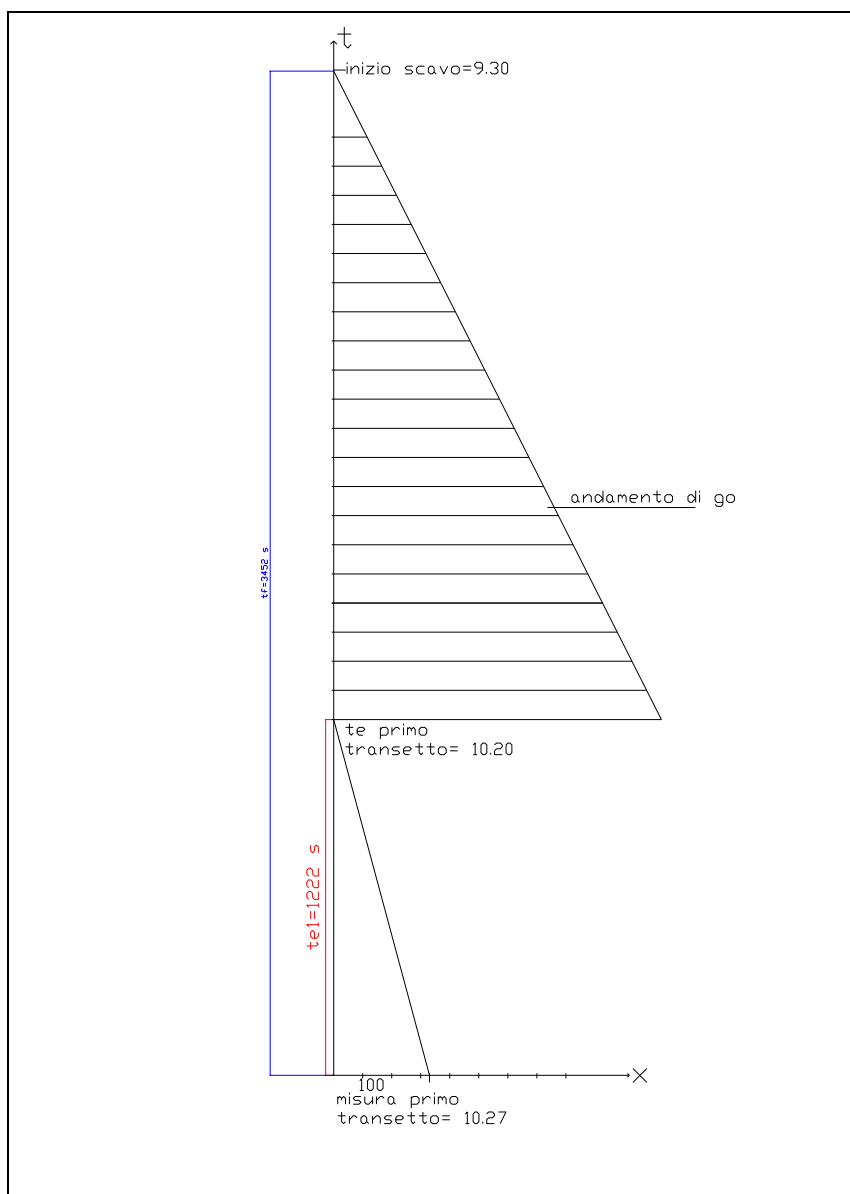


Figura 5-20 Andamento di g_0 nel tempo dall'istante di inizio sfioro all'istante di misura

Per determinare α_t si considerano i cicli di scavo precedentemente descritti e si riporta in ascissa il tempo (da inizio scavo a fine sfioro) e in ordinata i corrispondenti valori di g_o ($g_o=Cs \times Q$) e interpolando i dati si ricava il coefficiente angolare della retta.

Si riportano nelle figure seguenti i grafici relativi ad ogni ciclo di scavo.

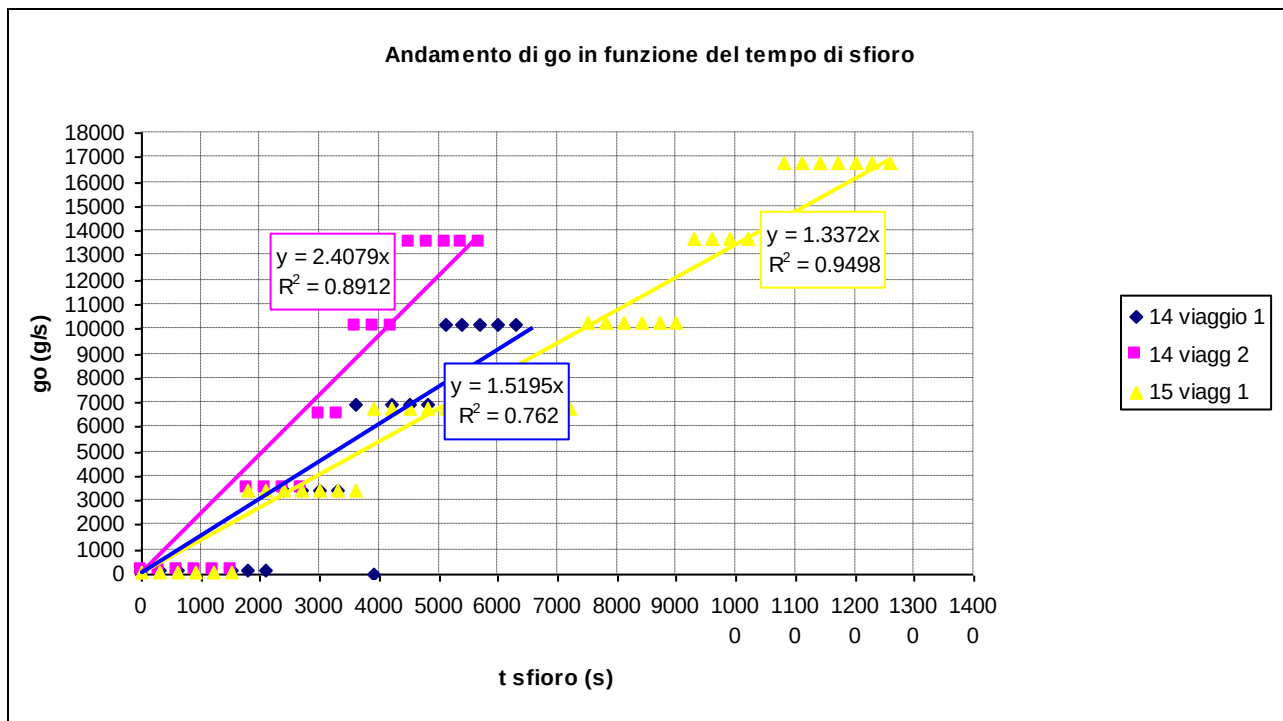


Figura 5-21 Andamento di g_o nel tempo (dall'istante di inizio scavo all'istante di fine scarico e fine sfioro) per i viaggi 1 e 2 del giorno 14 settembre 2005 e per il viaggio 1 del giorno 15 settembre 2005.

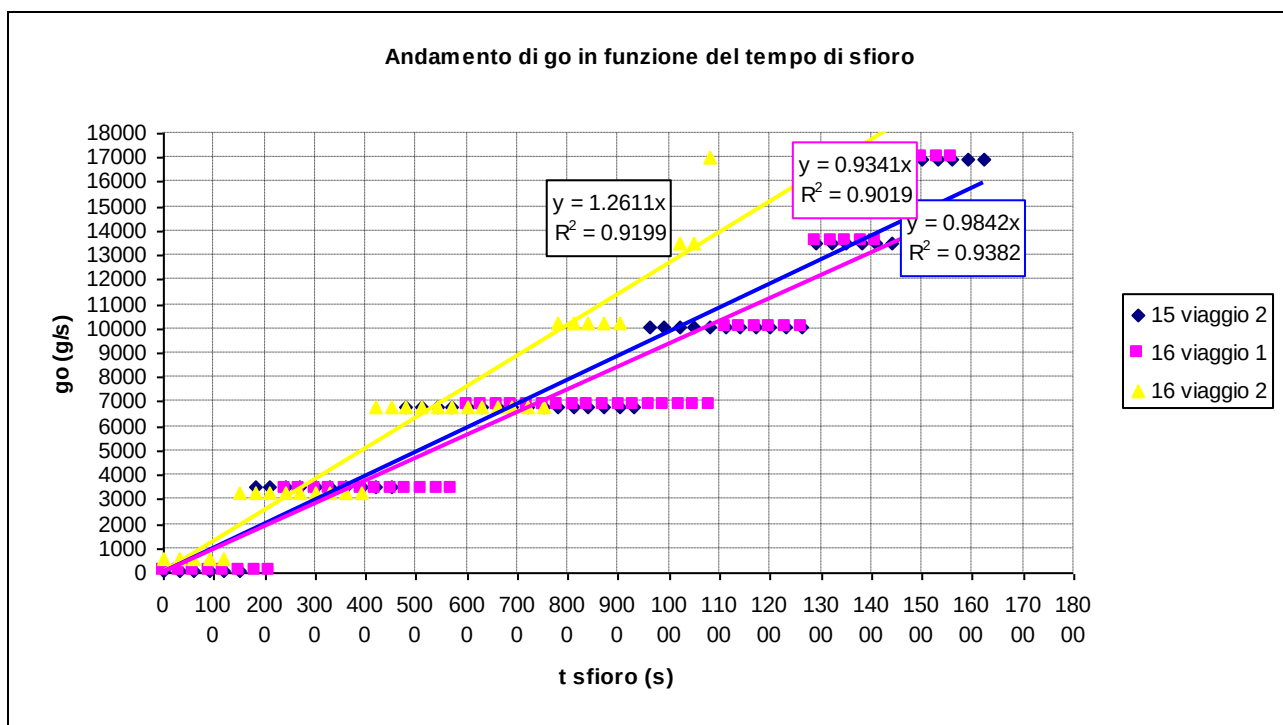


Figura 5-22 Andamento di g_o nel tempo (dall'istante di inizio scavo all'istante di fine scarico e fine sfioro) per il viaggio 2 del giorno 15 settembre 2005 e per i viaggi 1 e 2 del giorno 16 settembre 2005.

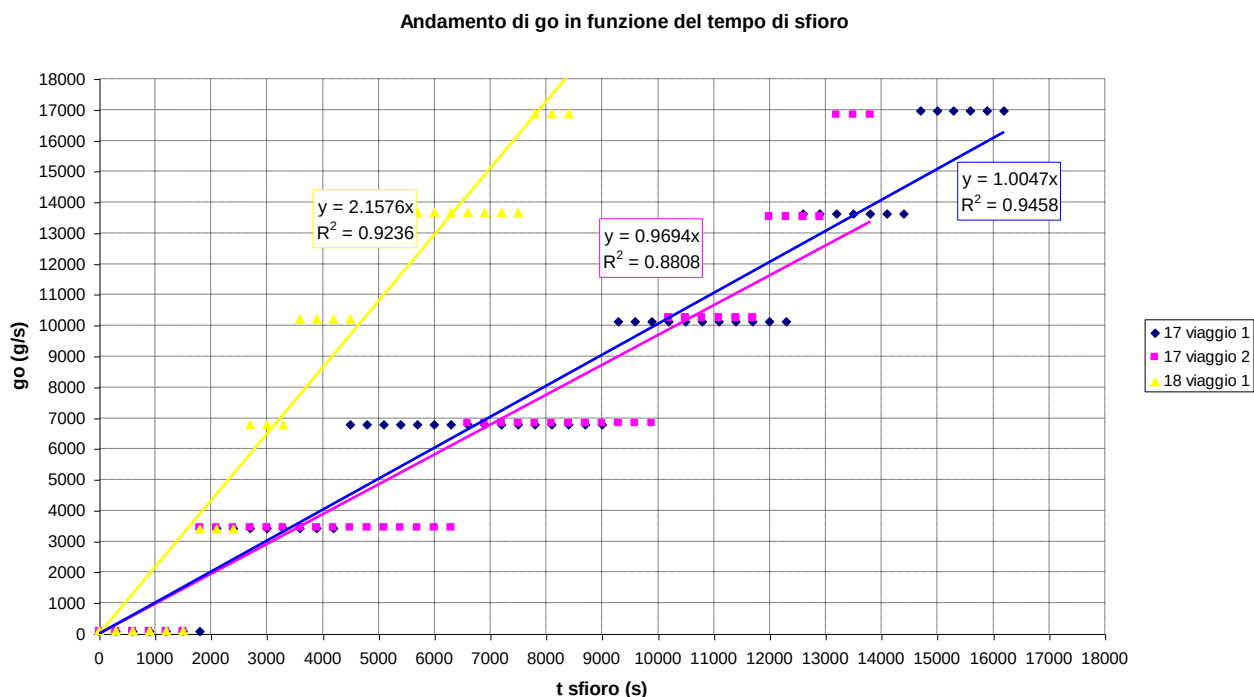


Figura 5-23 Andamento di g_0 nel tempo (dall'istante di inizio scavo all'istante di fine scarico e fine sfioro) per i viaggi 1 e 2 del giorno 17 settembre 2005 e per il viaggio 1 del giorno 18 settembre 2005

Facendo una media dei vari coefficienti angolari delle rette si determina che:

$$\alpha_t = 1.4 \text{ g/s}^2$$

Considerando l'espressione per il calcolo di C (già ricavata nel "Rapporto Finale, Studio B.6.72 B/1")

$$\Delta C = \frac{3g_0 \Delta t}{\pi R_0^2 h} \exp(-\gamma t) \quad (15)$$

sostituendo $g_{0i} = g_0 \beta_i$

$$e \quad g_0 = \alpha_t (t_f - t)$$

$$\Delta C_i = \frac{3\beta_i \alpha (t_f - t) \Delta t}{\pi R_0^2 h} \exp(-\gamma t) \quad (16)$$

passando all'integrazione si ottiene :

$$C_i(t) = \frac{3\alpha \beta_i}{\pi R_0^2 h} \int_{t_e}^{t_f} (t_f - t) \exp(-\gamma t) dt \quad (17)$$

integrando si ha:

$$C_i(t) = \frac{3\alpha}{\pi R_0^2 h} \frac{1}{\gamma_i} \left[\beta_i e^{(-\gamma_i t_e)} \left(t_f - t_e - \frac{1}{\gamma} \right) + \beta_i \frac{1}{\gamma} e^{(-\gamma_i t_f)} \right] \quad (18)$$

Si determina in fine la C totale pari alla sommatoria delle 6 frazioni.

$$C = \sum_{i=0}^5 C_i \quad (19)$$

Assumendo un valore costante per il coefficiente di dispersione laterale $K_r=1 \text{ m}^2/\text{s}$ e confrontando le concentrazioni così calcolate con quelle misurate si trovano, a seconda delle campagne di misura, i corrispondenti valori dell'area di dragaggio (non misurate); tali valori variano nel range

$R_0= 65 -130\text{m}$, ad esclusione di un unico caso in cui si trovano valori superiori.

Il confronto fra i valori calcolati e misurati è indicato nella Figura 5-24 e nella Figura 5-25 rispettivamente per la larghezza del pennacchio R e la concentrazione massima C .

La dispersione dei risultati è presumibilmente da attribuire alle incertezze nella valutazione di R_0 e di g_0 nelle diverse campagne di misura.

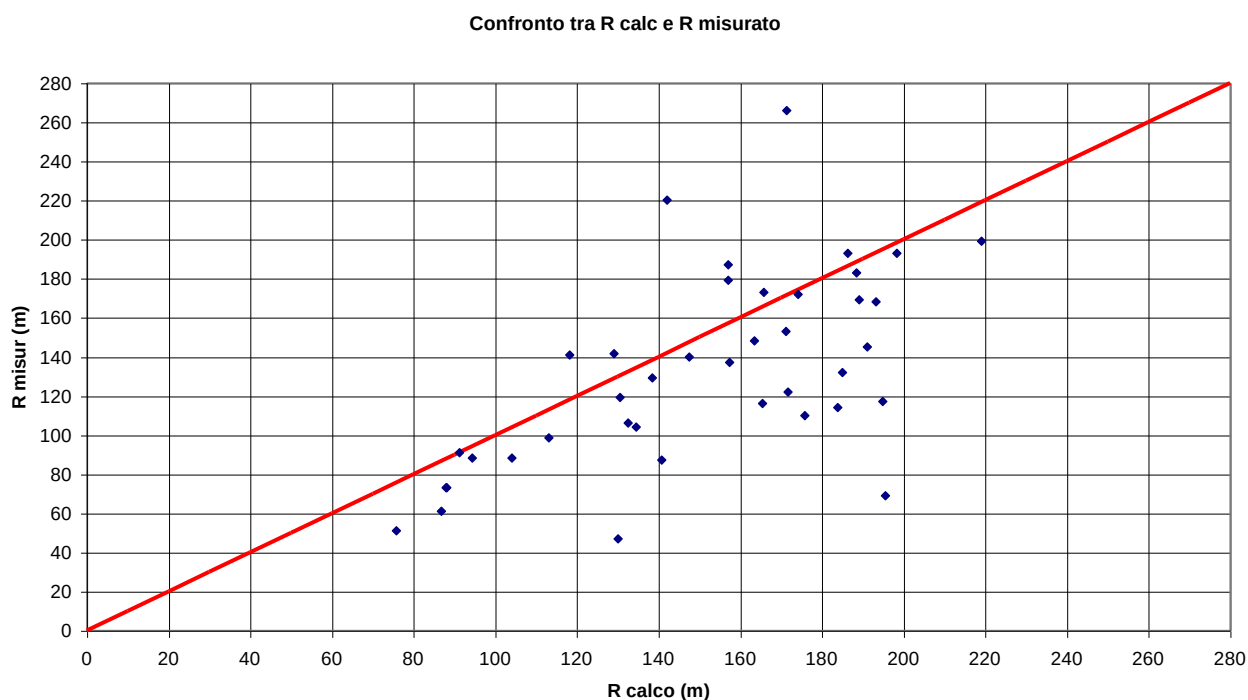


Figura 5-24 Confronto tra R calcolato e R misurato.

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

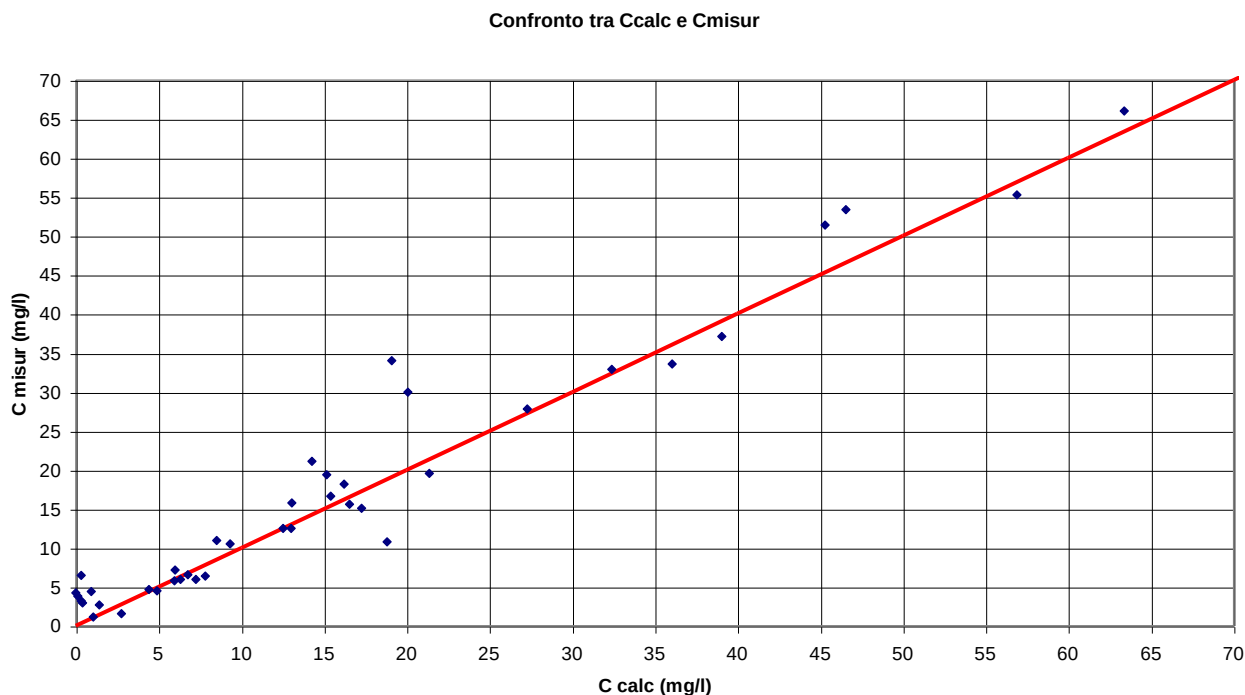


Figura 5-25 Confronto tra C calcolata e C misurata.

Si è inoltre effettuato un confronto tra flussi misurati e calcolati.

Il flusso di sedimenti (misurato), definito come integrale del prodotto fra concentrazione e velocità locale è stato valutato considerando pari a zero i valori di concentrazione inferiori a quello di background.

$$f = \int_b \int_z (C - C_{back}) \cdot u \cdot \cos \alpha \cdot db \cdot dz \quad (20)$$

Δb = distanza tra due ensemble adiacenti

α = angolo tra la direzione della barca e la normale alla corrente

Δz = distanza verticale tra due celle adiacenti dove vengono effettuate le misure.

I flussi sono poi stati calcolati con le seguenti relazioni:

$$f1 = \frac{C \cdot u \cdot h \cdot 2R}{2} \quad (21)$$

dove:

C= concentrazione (mg/l)

u= velocità della corrente (m/s)

h= profondità (m)

R= semi-larghezza del pennacchio **calcolata**

$$R^2 = R_0^2 + 6K_r t_e \quad (22)$$

$$f2 = \frac{C \cdot u \cdot h \cdot 2R}{2} \quad (23)$$

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

dove:

C= concentrazione (mg/l)

u= velocità della corrente (m/s)

h= profondità (m)

R= semi-larghezza del pennacchio **misurata**

Si riportano di seguito i grafici dei flussi per ogni percorso considerato:

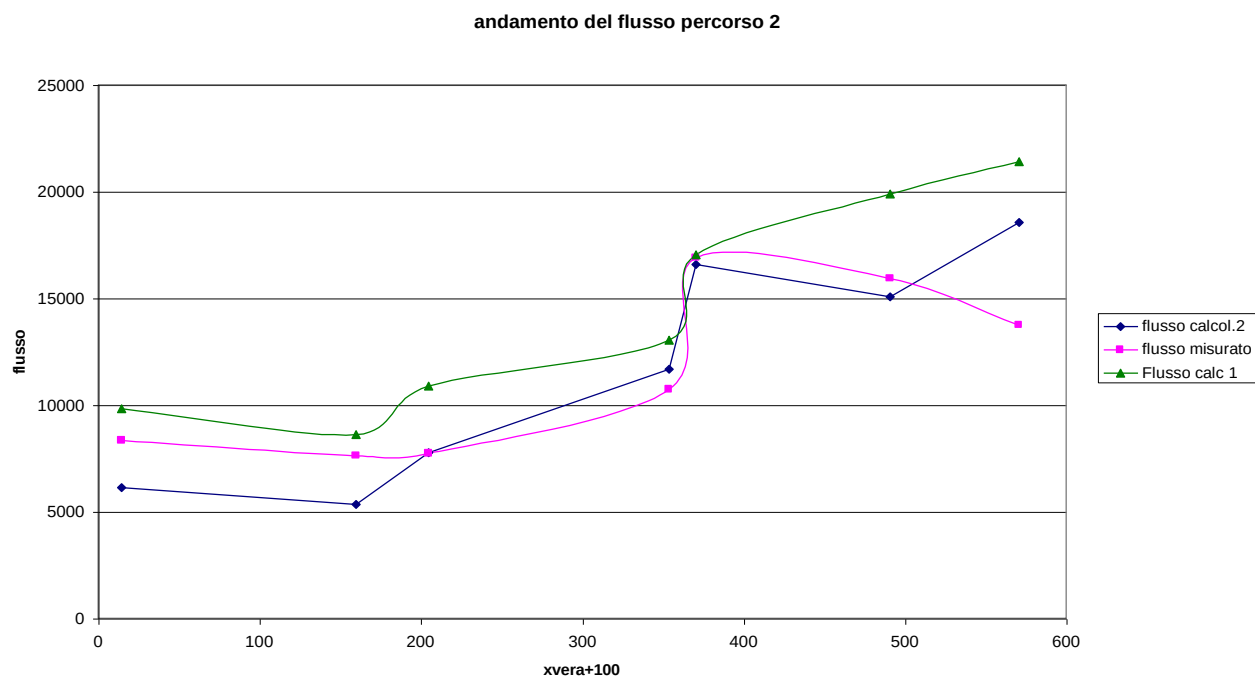


Figura 5-26 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 2 del 16 giugno 2005.

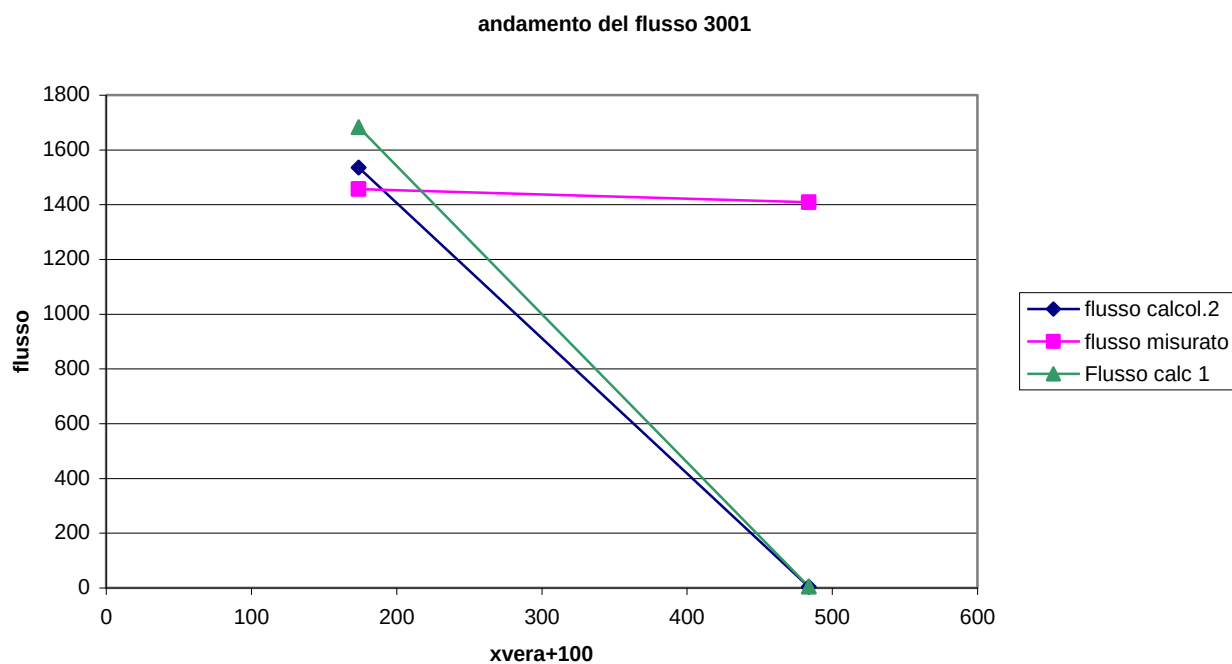


Figura 5-27 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 3001 del 13 settembre 2005.

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

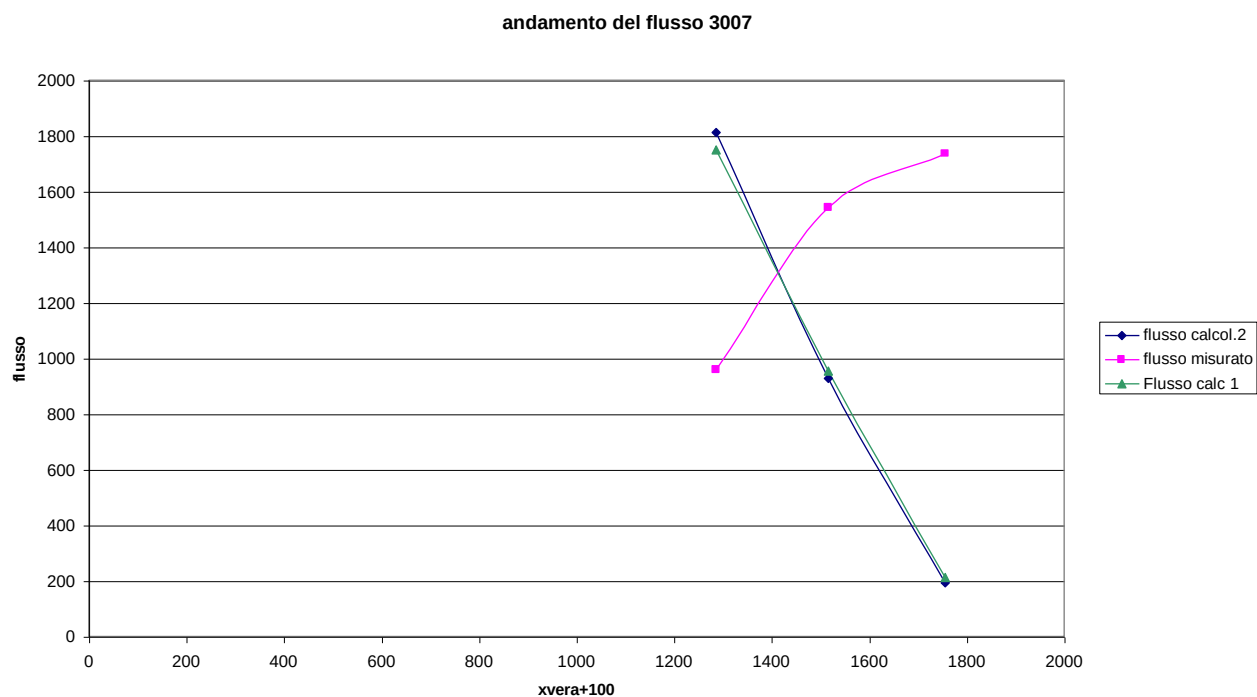


Figura 5-28 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 3007 del 13 settembre 2005.

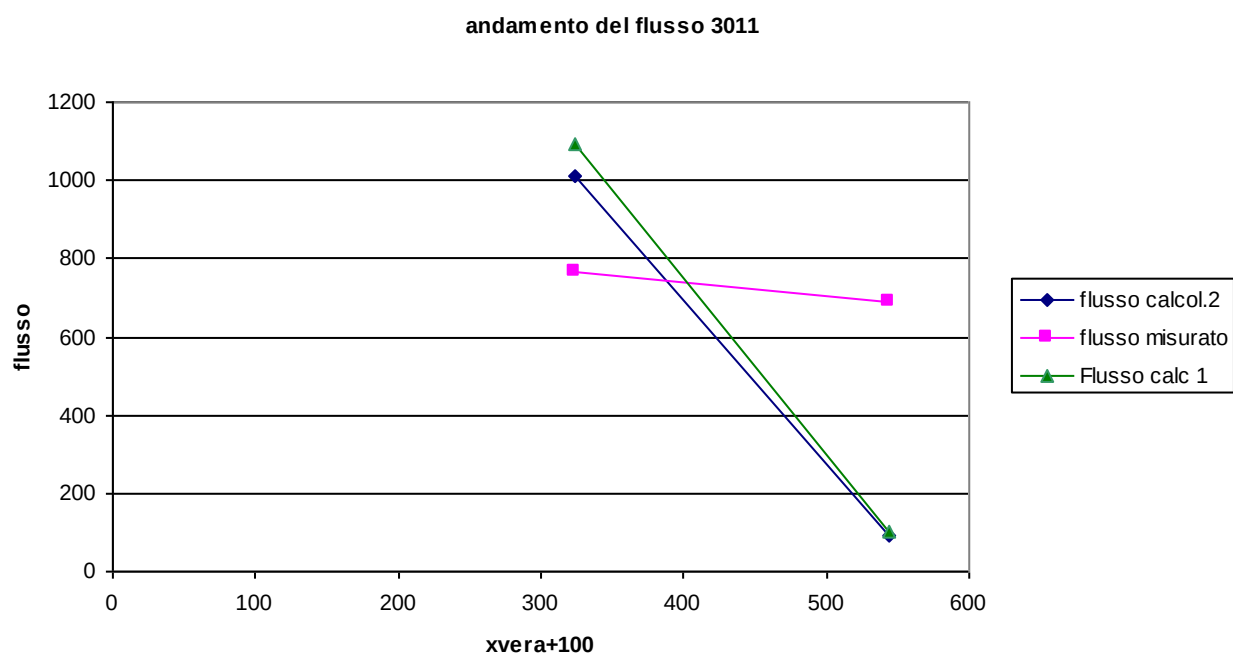


Figura 5-29 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 3011 del 13 settembre 2005.

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

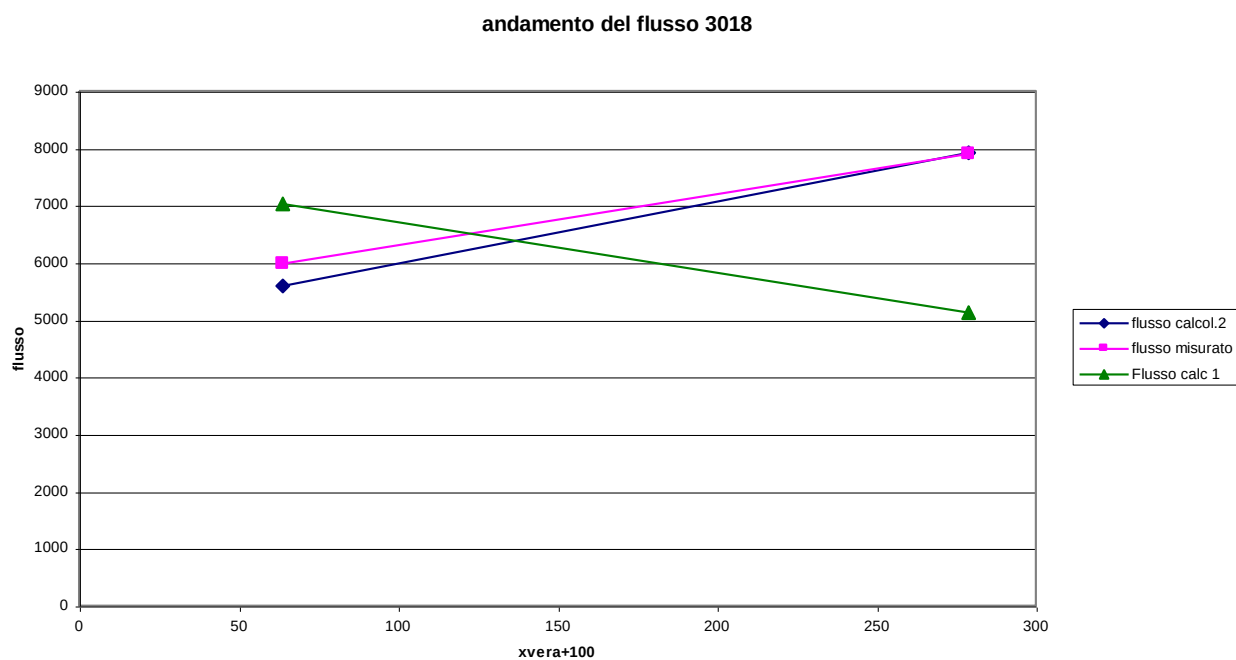


Figura 5-30 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 3018 del 14 settembre 2005.

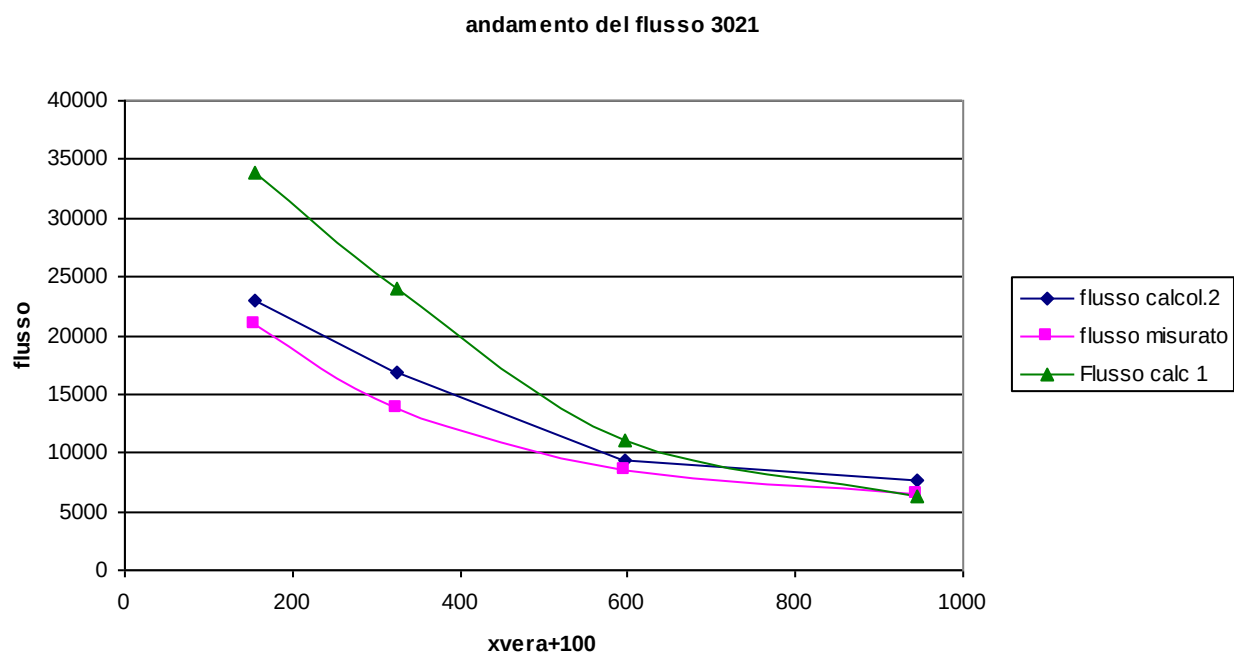


Figura 5-31 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 3021 del 14 settembre 2005.

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

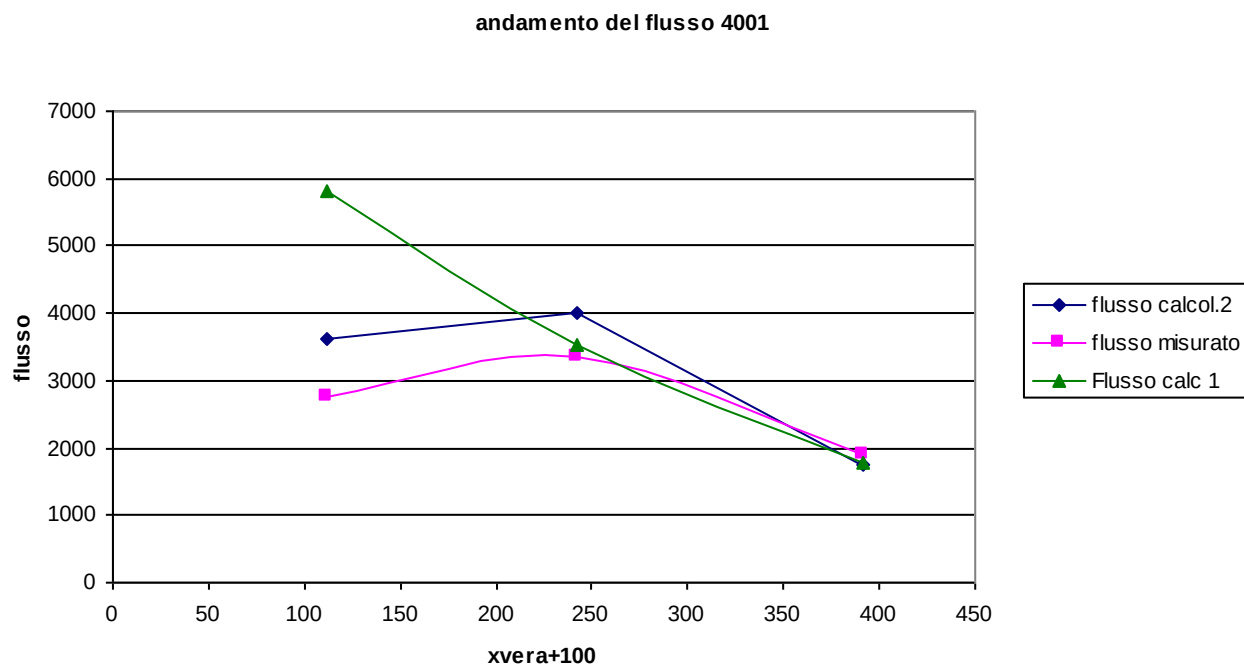


Figura 5-32 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 4001 del 25 ottobre 2005.

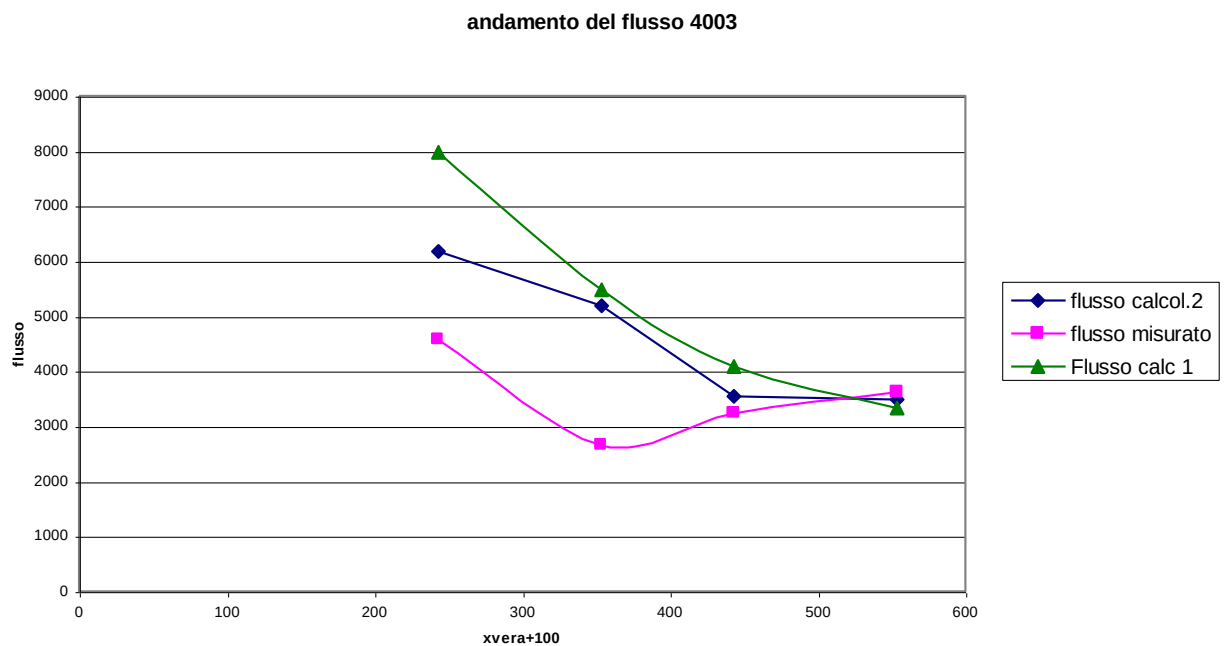


Figura 5-33 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 4003 del 25 ottobre 2005.

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

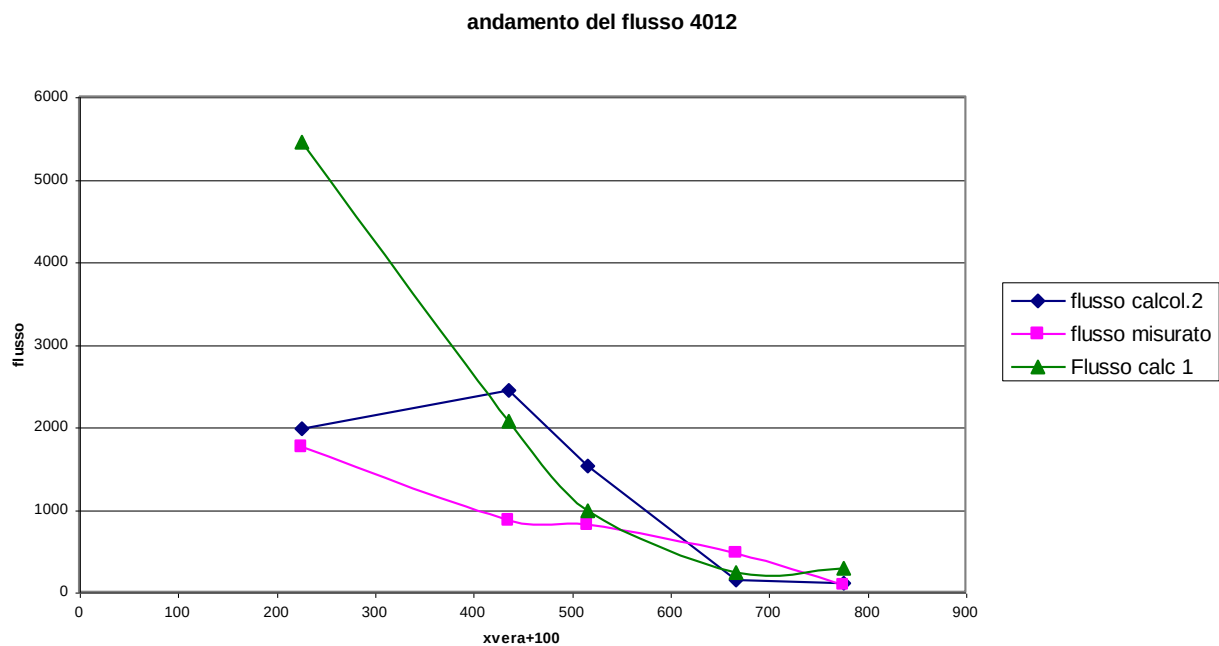


Figura 5-34 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 4012 del 26 ottobre 2005.

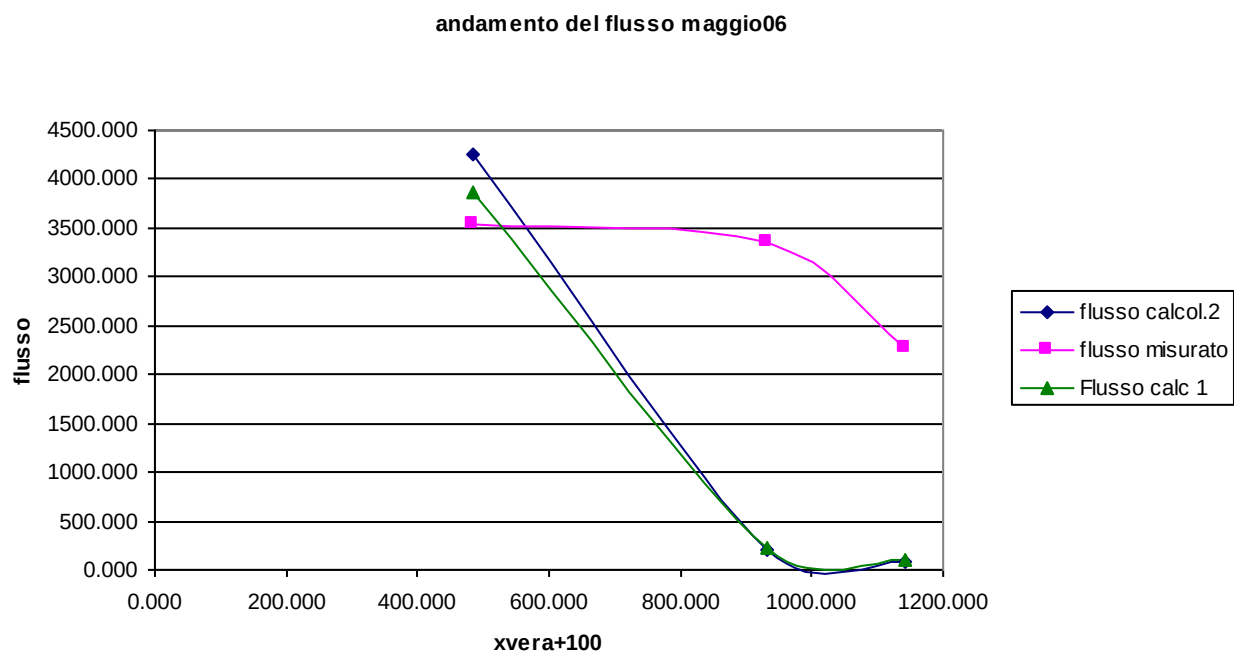


Figura 5-35 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso del 16 maggio 2006.

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

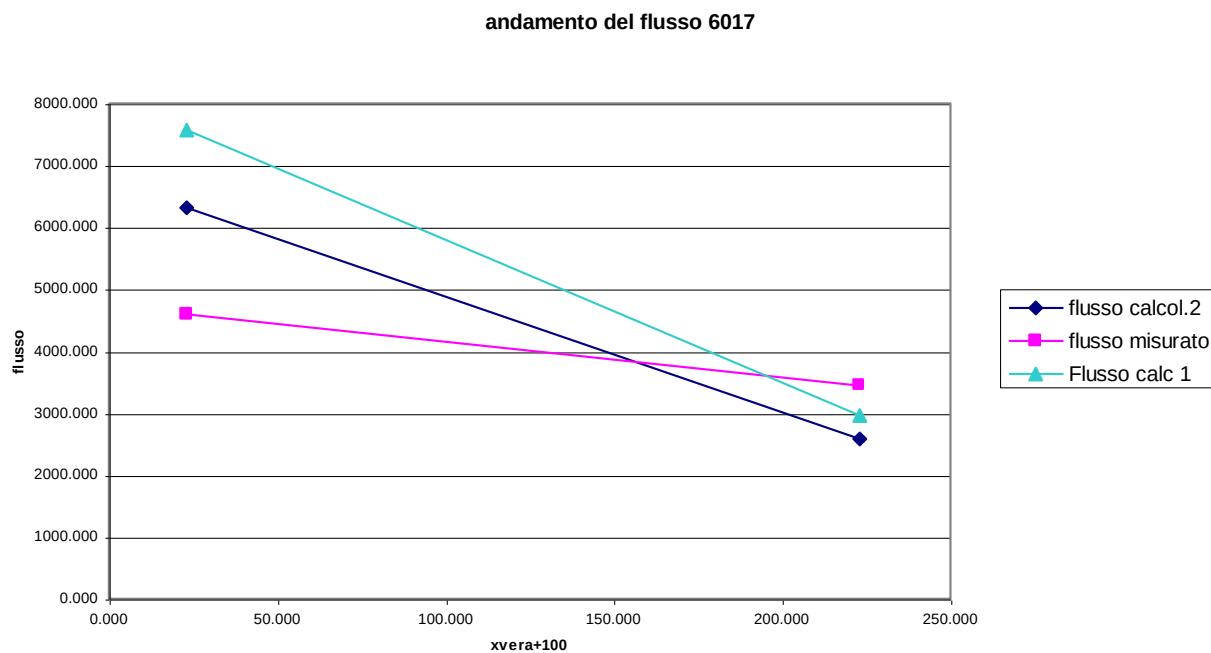


Figura 5-36 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 6017 del 13 giugno 2006.

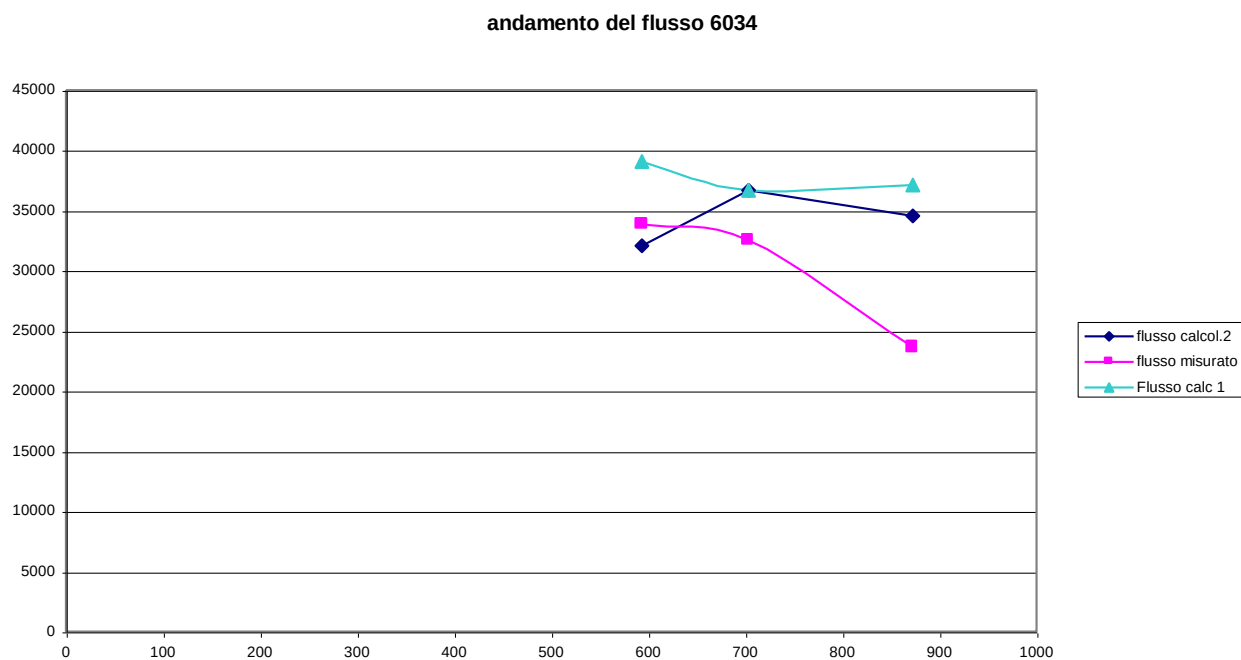


Figura 5-37 Confronto flusso misurato e calcolato del percorso 6034 del 14 giugno 2006.

Il confronto fra i valori calcolati e misurati dei flussi per tutti i percorsi considerati è indicato nella Figura 5-38 e nella Figura 5-39 rispettivamente per il flusso calcolato usando R calcolato (flusso 1) e usando R misurato (flusso 2).

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

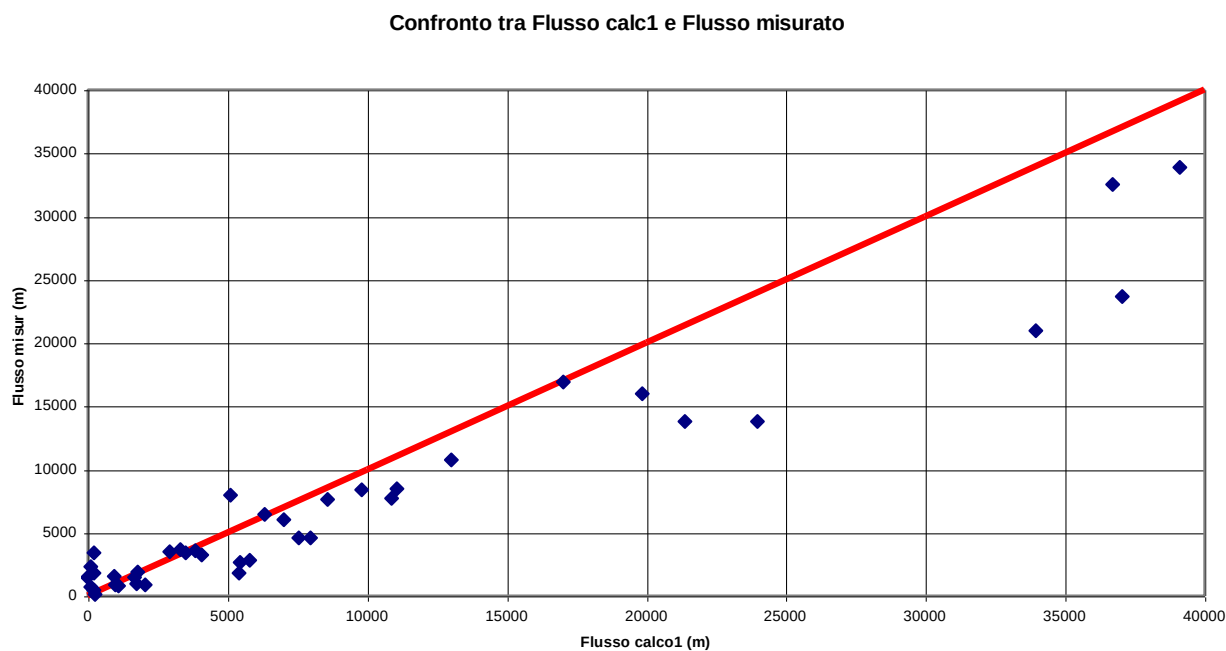


Figura 5-38 Confronto tra i flussi misurato e i flussi calcolati usando R calcolato.

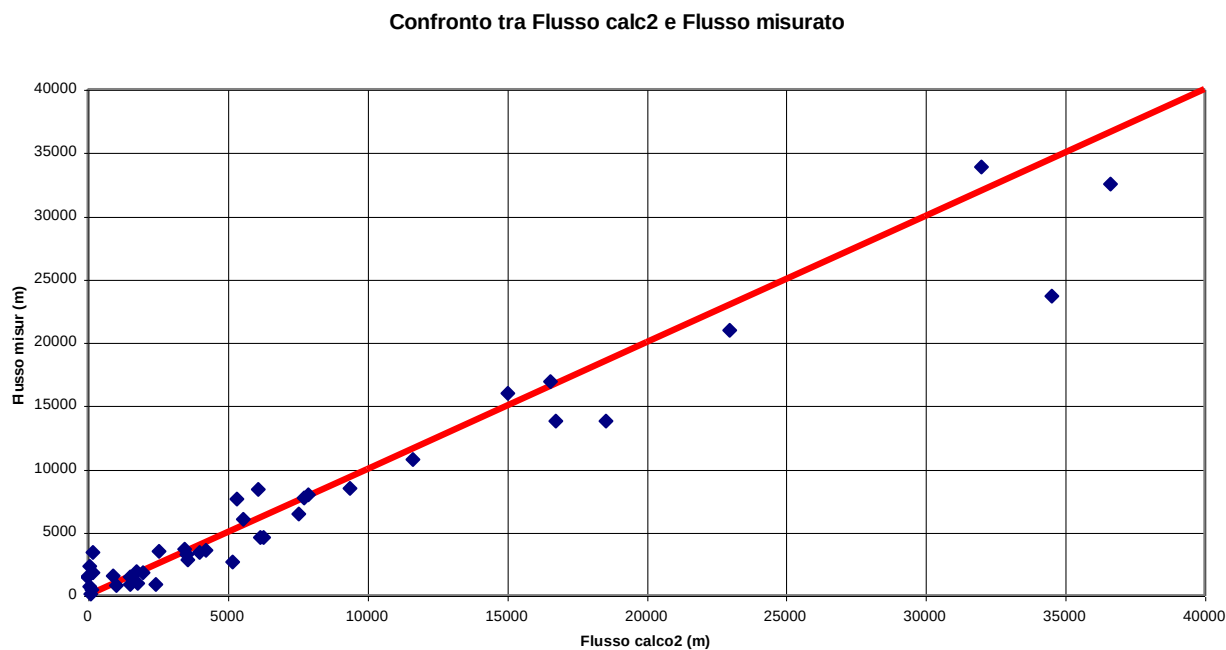


Figura 5-39 Confronto tra i flussi misurato e i flussi calcolati usando R misurato.

Dal confronto deriva che i flussi calcolati usando R misurato sono più vicini ai flussi misurati in campo.

6. RILEVAZIONE DELLA TORBIDITÀ IN CONTINUO

6.1 La rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo

La misura della torbidità in continuo alle bocche di porto ha un doppio obiettivo: valutare la diffusione del plume di torbida generato dalle operazioni dei cantieri e monitorare i valori di torbidità di fondo ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio. Sono state quindi installate 7 stazioni di misura opportunamente posizionate nei canali di bocca.

Le otto sonde previste dal Disciplinare Tecnico sono state comunque tutte utilizzate; in particolare l'ottava è stata utilizzata per garantire la pronta sostituzione in caso di avaria (peraltro verificatasi) di una delle sonde operanti, evitando così che si avessero lunghi periodi di interruzione nelle acquisizioni dei dati nelle stazioni di misura. Inoltre la disponibilità dell'ottava sonda ha consentito la sostituzione di volta in volta di ciascuna delle altre sonde per le necessarie operazioni di calibrazione e taratura che altrimenti avrebbero comportato interruzioni nell'acquisizione nelle stazioni di misura.

Le stazioni a mare alle bocche di Malamocco e Chioggia, rispettivamente MAM e CHM, sono state tolte in quanto ritenute troppo distanti dalla zona di influsso dei cantieri; mentre la stazione LSN di Canale S. Nicolò alla bocca di Lido, ritenuta poco rappresentativa e comunque di difficile gestione per il costante accumulo di detrito organico che ne impediva di fatto il corretto funzionamento, è stata spostata dall'altra parte del Canale sul lato Forte di S. Andrea e individuata dalla nuova sigla LSA. Nella stazione LSA il sensore è stato sospeso alla struttura di protezione della meda del Faro di allineamento (bianco-nero) e posizionata a circa 1.5 m dal fondo a qualche metro dal piede della scarpata del Bacan in prossimità dell'area di pregio a praterie a fanerogame (Fig. 6.2-6.5).

L'eliminazione delle stazioni a mare, MAM e CHM, ha consentito comunque il riutilizzo di una sola sonda, in quanto quella della postazione CHM è stata persa successivamente allo scaricamento dell'11 gennaio 2006, assieme alla struttura di installazione al fondo, in conseguenza al probabile impatto di una imbarcazione con l'installazione strumentale della stazione e il conseguente strappo del cavo di acciaio utilizzato per il recupero della strumentazione di misura.

Il sensore recuperato dalla stazione MAM è stato installato nella stazione LMR, a circa 7.5 m. dal fondo (stazione LMR-2), per avere in questa stazione anche un monitoraggio dello stato più superficiale della colonna d'acqua. In questo modo nella postazione di Lido Meda Rossa le sonde LMR-2 e LMR, rispettivamente a 7.5 e 1.5 m. dal fondo, sono entrambe sospese allo stesso supporto una al di sopra dell'altra.

La Figura successiva mostra la localizzazione di tutte le stazioni di misura della torbidità nelle aree dei cantieri alle bocche di porto; in rosso le stazioni utilizzate il secondo anno di monitoraggio. Nella Tabella 6.1 sono riassunte le caratteristiche delle stazioni, e per ciascuna di queste, sono riportate le coordinate geografiche espresse nel sistema UTM WGS 84 e Gauss Boaga e la profondità del battente d'acqua rispetto al livello medio del mare espressa in metri. La posizione del sensore è in tutti i casi alla quota di 1.5 m dal fondo eccetto per LMR-2, in cui il sensore è a circa 7.5 m dal fondo.



Figura 6.1. La rete delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.

CORILA

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

Tabella 6.1. Caratteristiche delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.

Sigla Identificativa	Località	Tipo postazione	Ente	Fondale (m)	Coordinate UTM WGS 84	Coordinate Gauss Boaga	Periodo di utilizzo	Data di installazione Studio B.6.72 B/2
CHM1	CHIOGGIA Mare	Meda segnalazione	CVN-MAV	13.5	289952 E 5011996 N	2311697.67 5011917.71	Studio B.6.72 B/1	
CHM2	CHIOGGIA Mare	Meda segnalazione	CVN-MAV	13.5	0289792 E 5012068 N	2312244.76 5013024.91	Studio B.6.72 B/1	
CHP	CHIOGGIA Porto	Postazione mareografica	Comune VE CVN-MAV	2.1	286559 E 5012376 N	2306695.73 5012490.85	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2	8/06/2006
LIM	LIDO Mare	Postazione mareografica	CVN-MAV	9.0	300744 E 5033387 N	2321595.15 5033110.08	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2	15/06/2006
LMR	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	APAT	9.5	297740 E 5033614 N	2318223.64 5033215.04	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2	18/04/2005
LMR-2	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	APAT	9.5	297740 E 5033614 N	2318223.64 5033215.04	Studio B.6.72 B/2	15/06/2006
LSA	LIDO Canale S. Nicolò	Meda Bianco-Nera	Capitaneria Porto - Marifari	5	295870 E 5034915 N	2315918.06 5034973.54	Studio B.6.72 B/2	12/06/2006
LSN	LIDO Canale S. Nicolò	Postazione mareografica	MAV	7.0	295624 E 5034542 N	2315566.36 5034465.53	Studio B.6.72 B/1	8/06/2006
LTP	LIDO Canale Treporti	Postazione mareografica	MAV	2.0	299083 E 5036390 N	2318835.86 5036184.94	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2	8/06/2006
MAM	MALAMOCCO Mare	Postazione mareografica	CVN-MAV	11.0	292432 E 5024099 N	2312635.53 5024136.00	Studio B.6.72 B/1	
MAP	MALAMOCCO Porto	Postazione mareografica	Comune VE CVN-MAV	2.7	288410 E 5024129 N	2308923.15 5024591.90	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2	8/06/2006

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

Come risulta dai dati in tabella, la rete è, quindi, costituita da due gruppi di stazioni: il primo gruppo costituito da 6 stazioni posizionate in aree vicine alle bocche di porto verso la laguna, ed il secondo da 1 stazione posizionata, invece, a mare.

Le stazioni del primo gruppo sono state allestite utilizzando prevalentemente le strutture delle postazioni mareografiche operanti in laguna (Figura 6.2). Per la stazione LMR e LMR-2 è stata, invece, sfruttata la struttura della meda di segnalazione del canale navigabile all'interno della bocca di Porto di Lido, lato Diga Sud (Figura 6.3).

Per la stazione del secondo gruppo, LIM, collocata a mare in un'area prossima alla bocca di Lido, è stata utilizzata una struttura già esistente impiegata anch'essa come mareografo, ma con caratteristiche tecniche completamente diverse da quelle delle postazioni mareografiche in laguna (Figura 6.4).

Le stazioni LTP, MAP, CHP e LIM coincidono con le postazioni utilizzate nello Studio B.6.78/I.



Figura 6.2. Stazione LTP.



Figura 6.3. Stazione LMR.

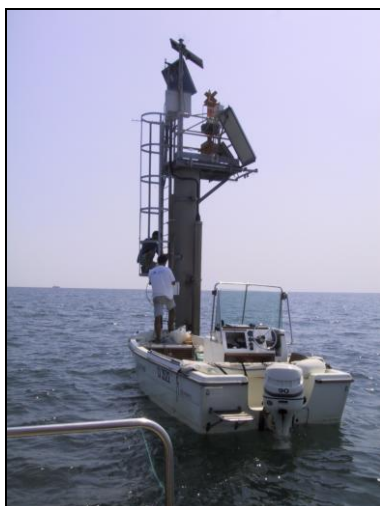


Figura 6.4. Stazione LIM.



Figura 6.5. Stazione LSA.

Il periodo di rilevazione del secondo anno di monitoraggio va da giugno 2006 a maggio 2007. Al termine del primo anno di monitoraggio, infatti, le sonde sono state tutte sottoposte ad una fase di calibrazione e manutenzione che è durata circa 1 mese.

6.2 Strumentazione per la misura della torbidità

Per il rilievo della torbidità in continuo è stata utilizzata, per ogni stazione, una sonda multiparametrica autoregistrante Idronaut Mod. OceanSeven 304 CTD-T [Idronaut Srl., February 2005], equipaggiata con un sensore OBS (Optical Backscatter Sensor) del tipo Seapoint Turbidity Meter [Idronaut Srl., March 2005], che misura il *backscattering* ottico, generando una tensione di uscita proporzionale alla quantità di particolato solido sospeso lungo la colonna d'acqua. Il sensore scelto è controllato da un microprocessore, che imposta automaticamente l'intervallo di misura e la risoluzione più appropriati alle caratteristiche delle acque in cui opera. Questa opzione è stata, tuttavia, disattivata a causa della presenza di un problema nel *firmware*, responsabile del malfunzionamento dello strumento e della registrazione di valori inattendibili. Dopo un breve periodo di test della strumentazione, in cui è stato riscontrato questo problema, si è, quindi, deciso di impostare per quasi tutti gli strumenti un intervallo di misura compreso fra 0 e 125 FTU. Questa scelta è stata peraltro giustificata dalla necessità di mantenere una sufficiente precisione nella descrizione dell'andamento della variabile nelle condizioni più frequentemente incontrate nelle bocche di porto, dove le concentrazioni tipicamente misurate sono dell'ordine di 10 mg/l o inferiori. Sulla base dell'esperienza ormai decennale nella calibrazione di questo tipo di sensori, in laguna e nei canali del centro storico, i valori attesi per le letture della variabile in FTU ricadrebbero infatti per la gran parte entro l'intervallo selezionato.

Inoltre, grazie alle esperienze maturate nel corso delle prime campagne di monitoraggio, si è ipotizzato che, data la distanza delle postazioni dalle zone di scavo, la dispersione dei materiali movimentati nell'area di cantiere avrebbe difficilmente dato luogo a sensibili variazioni del valore della concentrazione in corrispondenza delle stazioni scelte. Era, quindi, necessario disporre di una buona sensibilità in modo da poter registrare le minime variazioni attese in corrispondenza delle stazioni di misura. La scelta operata ha comportato la perdita dei valori estremi in corrispondenza degli eventi meteomarinari intensi, come quelli che si sono verificati nel periodo Novembre 2005 - Gennaio 2006, per i quali, tuttavia, erano disponibili i dati di *backscattering* acustico acquisiti dall'ADCP fisso al fondo della bocca di Porto di Lido (come riferimento per la concentrazione entro le bocche di porto), e della stazione CHM (come riferimento per la concentrazione a mare), il cui sensore è stato programmato per registrare la torbidità nell'intervallo di misura 0-500 FTU.

Nella Tabella 6.2 sono riassunte le caratteristiche tecniche dei sensori utilizzati in 6 delle stazioni fisse.

Tabella 6.2. Caratteristiche dei sensori montati sulla sonda OceanSeven 304 CTD-T.

Sensore	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 1000 dbar	0.05% f.s.	0.015%
Temperatura	-3 - +35 °C	0.005 °C	0.0006 °C
Conducibilità	0 - 64 mS/cm	0.005 mS/cm	0.001 mS/cm
Turbidimetro SEAPOINT	0 - 750 FTU	<2%	200 - 2 mV / FTU
	25 FTU	<2%	200 mV / FTU
	125 FTU	<2%	40 mV / FTU
	500 FTU	<2%	10 mV / FTU
	750 FTU	<2%	2 mV / FTU (•)

(•) oltre 750 FTU la risposta non è più lineare.

Nella stazione LMR è stata, invece, installata una sonda correntometrica InterOcean S4 [InterOcean Systems Inc., June 1995], che consente di misurare la velocità e la direzione della corrente, la

temperatura, la conducibilità dell'acqua e la torbidità grazie alla presenza di un sensore OBS. Le caratteristiche tecniche dello strumento sono riportate nella Tabella 6.3.

Tabella 6.3. Caratteristiche dei sensori montati sul correntometro S4.

Sensore	Intervallo di misura	Accuratezza	Risoluzione
Velocità	0 - 350 cm/s	2%	0.03 - 0.35 cm/s
Direzione	0 - 360 °	± 2 °	0.5 °
Profondità	0 - 70 m	± 0.15 % f.s.	4 mm
Temperatura	-5 +45 °C	± 0.2 °C	0.05 °C
Conducibilità	0-70 mS/cm	± 0.2 mS/cm	0.1 mS/cm
Torbidità	0 - 100 FTU		

6.3 Descrizione dell'attività di gestione della rete di stazioni fisse

I torbidimetri posizionati nelle stazioni sopra descritte hanno funzionato a partire dalla data di installazione, acquisendo 1 dato ogni 15 minuti. Il singolo dato viene rilevato come media delle 5 acquisizioni, effettuate una al minuto, all'inizio dell'intervallo temporale di 15 minuti. I file di dati registrati nella memoria di ciascuno strumento sono stati scaricati con una frequenza di circa 15 giorni (Fig. 6.6).

Alcuni periodi di interruzione nelle registrazioni sono essenzialmente dovuti alla necessità di dover sostituire, in ciascuna delle sonde utilizzate, il sensore di temperatura con un sensore meccanicamente più resistente in grado di sopportare frequenti trattamenti di pulizia ed evitare conseguenze di mal funzionamento del complessivo sistema di rilevazione. La sostituzione dei sensori di temperatura è avvenuta gradualmente ed è stata completata per tutte le sonde assieme alla taratura e alla verifica della calibrazione nel corso dell'anno di funzionamento.

Con cadenza settimanale, inoltre, è stata effettuata una serie accurata di operazioni in campo che prevedono il recupero della sonda a bordo di un'imbarcazione, la pulizia dei sensori (con particolare riguardo ai sensori di conducibilità e torbidità) ed il prelievo di campioni d'acqua alla quota di posizionamento del sensore OBS.



Figura 6.6. Operazioni di recupero.



Figura 6.7 Operazioni di campionamento.

Giacchè i valori di torbidità misurati dai sensori OBS vengono registrati come dati grezzi espressi in FTU e le risposte strumentali degli OBS sono differenti tra di loro, è necessario trasformare il dato grezzo in valori di concentrazione del particolato solido sospeso (in mg/l). Tale conversione

avviene utilizzando le concentrazioni determinate nei campioni d'acqua appositamente prelevati in occasione delle uscite di manutenzione, secondo le modalità descritte nella sezione 6.

Il prelievo dei campioni d'acqua (Fig. 6.7) viene effettuato per mezzo di una "bottiglia a sifone" da 1000 cc, alla quota di posizionamento del sensore OBS di ciascuna sonda ed in corrispondenza dell'intervallo di misura, pari a 5 minuti, dello strumento.

Le determinazioni dei solidi sospesi vengono eseguite in laboratorio utilizzando la metodica IRSA (Quaderno 100/2050/94). Tale metodica impiega per la filtrazione membrane in polycarbonato (Millipore HTP04700) con porosità di $0.4\ \mu\text{m}$ e diametro di 47 mm. Le membrane, attraverso le quali viene filtrato un determinato volume d'acqua (p.e. 200 ml), vengono pesate prima dell'uso, riposte in scatole Petri immediatamente dopo la filtrazione e conservate a $+4^{\circ}\text{C}$. Dopo la filtrazione, le membrane vengono essiccate a $+105^{\circ}\text{C}$ per 12 ore, quindi raffreddate in essiccatore a vuoto ed infine ripesate. La concentrazione di SPM si ottiene come differenza dal peso iniziale della membrana rapportata al volume d'acqua filtrato. Tutte le operazioni di pesatura sono effettuate mediante l'utilizzo di una bilancia analitica.

Nella sezione 6 verranno riportate per ognuna delle postazioni di misura le specifiche rette di conversione.

Per le stazioni a mare, caratterizzate tutte da un elevato fondale (10 metri circa) è stato progettato un sistema di posizionamento ed ancoraggio al fondo della strumentazione di misura [Simionato, 2006] per consentire un agile recupero della sonda per le operazioni di scarico dati, manutenzione, pulizia e riposizionamento alla quota di misura, fissata a 1,5 m dal fondo. Nella Figura 6.7 è mostrato uno schema di posizionamento e ancoraggio riferito alla stazione a mare CHM, che è lo stesso utilizzato anche nelle altre stazioni a mare.

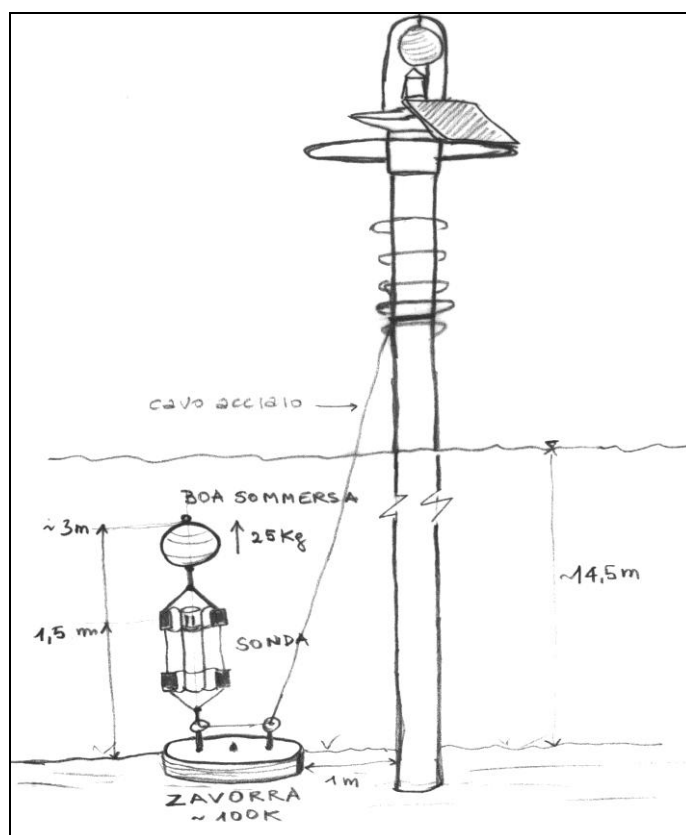


Figura 6.7. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare.

Tutte le operazioni in campo sono state registrate dagli operatori, su apposite schede, in occasione di ciascuna operazione di scarico dei dati (Figura 6.8).

CORILA

RETE PER LA RILEVAZIONE DELLA TORBIDITA' IN CONTINUOPOSTAZIONE DI MISURA: **LMR** BOCCA DI LIDO

FOTO

Postazione	Nome (ID)	Coordinate UTM WG84	Fondale (m.)
MEDA ROSSA	LMR	0297740 E 5033614 N	9
Sensore	N. di Serie	Data di installazione	Sensore dal fondo (m)
S4	5642458	18 aprile 2005	2

SCARICAMENTO DATI / CAMPIONAMENTO / MANUTENZIONE

DATA gg/mm/aa	ORA solare hh:mm	Batteria VDC	CAST di memoria CTD-T	Nome FILE scaricato (es: LMR_ggmmaa)	Manutenzione Sensori	Campione acqua (es: LMR_gg/mm + hh:mm)
					COND []	1)
					TORB []	2)

NOTE

OPERATORE.....

Figura 6.8. Esempio di scheda di campo riferita alla postazione di misura CHP.

6.4 Metodologia per il trattamento dei dati registrati

La qualità dei dati registrati dagli strumenti per la misura della torbidità in continuo è fortemente condizionata dalle caratteristiche ambientali del corpo idrico nel quale gli stessi strumenti sono posti ad operare. Trattandosi di una misura ottica, qualsiasi ostacolo che si trovi nella regione spaziale investigata dal sensore è, infatti, in grado di produrre perturbazioni significative che sono causa di errori, i quali molto spesso si traducono nell'impossibilità pratica di utilizzare le informazioni registrate. Questi fenomeni possono essere indotti dall'accumulo temporaneo di materiale macroscopico (residui di piante acquatiche e macroalghe o breve stazionamento di organismi marini) sui sensori o sull'armatura di protezione degli stessi, oppure dalla crescita progressiva di *fouling* (alghe e organismi incrostanti, Figura 6.6). Normalmente il primo problema si risolve spontaneamente all'inversione della marea, quando la direzione della corrente cambia e il materiale si distacca dall'apparecchiatura. Nel secondo caso, invece, il problema si risolve soltanto dopo un'accurata pulizia dei sensori e del corpo della sonda. Si ricorda, che in questo secondo anno di monitoraggio gli interventi di manutenzione e pulizia delle sonde sono stati intensificati rispetto all'anno precedente e sono stati pianificati settimanalmente.

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



Figura 6.9. Particolare della testa di una sonda 304 CTD-T dopo 15 giorni di immersione. (Stazione LIM, 26 Aprile 2007)

Nonostante queste precauzioni, in molti casi, specialmente nei periodi più caldi e per le stazioni in cui lo strumento operava a bassa profondità, la contaminazione da parte del *fouling* riprende dopo 1-2 giorni dall'intervento di pulizia, rendendo praticamente inutilizzabile l'intera serie di valori compresa fra due interventi di manutenzione.

Di seguito è riportata la percentuale dei dati validati dopo la procedura di filtrazione delle serie temporali su tutto il periodo del monitoraggio. Nel conteggio totale sono inclusi anche i periodi in cui i dati mancavano per malfunzionamento degli strumenti.

Località	Dati validati sul totale del monitoraggio
CHP	82.6%
LIM	81.7%
LMR	86.1%
LMR-2	87.5%
LSA	82.9%
LTP	90.5%
MAP	99.2%

La percentuale di informazioni utili dopo la procedura di verifica e filtrazione delle serie temporali dai dati spuri è, a differenza del primo anno di monitoraggio, sempre superiore all'80%. La

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

maggior copertura si riscontra per la stazione MAP (99%), mentre le stazioni con la minore percentuale di dati utili sono la stazione LIM (82%).

Le alte percentuali sono dovute ad una serie più frequente di interventi di pulizia delle sonde rispetto alla fase precedente. Nel primo anno di monitoraggio, infatti, la pulizia avveniva quindicinalmente, con intensificazione settimanale solo nel periodo estivo (giugno-luglio), mentre nel secondo la pulizia dei sensori è avvenuta settimanalmente durante tutti i 12 mesi, ad eccezione della stazione LIM ove, per motivi operativi, è rimasta quindicinale.

Per facilitare la comprensione del grado di copertura delle registrazioni, viene visualizzata nel diagramma di Figura 6.10 l'estensione temporale delle acquisizioni effettuate dai singoli strumenti.

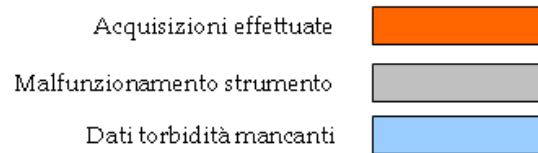
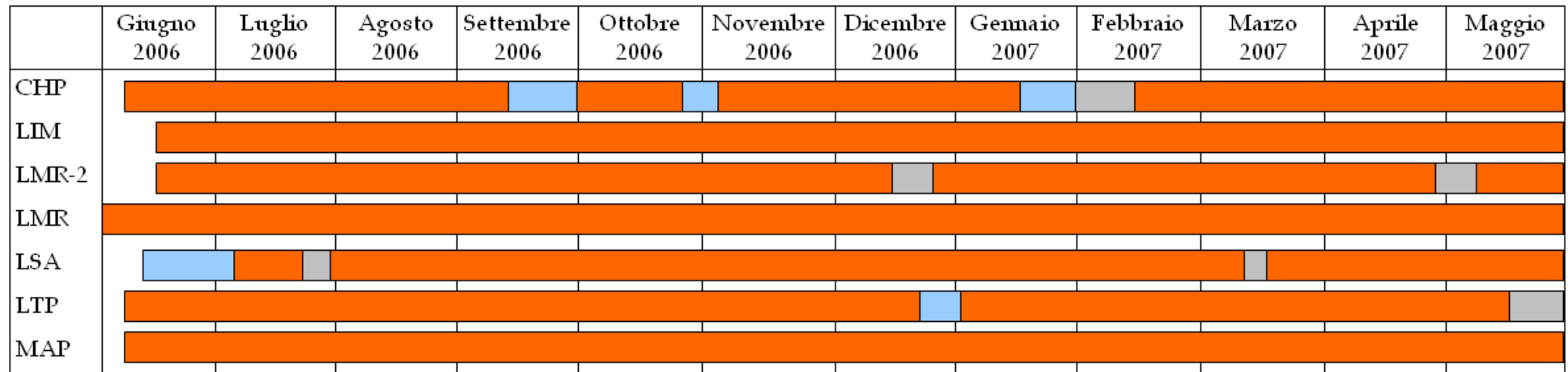


Figura 6.10. Visualizzazione schematica dei periodi di acquisizione degli strumenti impiegati nelle otto stazioni oggetto del monitoraggio.

6.4.1 Procedura per la filtrazione dei picchi istantanei

La procedura per la filtrazione dei picchi istantanei della torbidità, legati all'accumulo di depositi sullo strumento, è stata effettuata mediante un controllo sul dato istantaneo, che viene automaticamente eliminato, quando il suo valore si discosta di una quantità superiore al doppio della media dei valori nel suo intorno. Il risultato dell'applicazione di questa procedura per la stazione LMR è visualizzato in Figura 6.11. Non sempre il controllo risulta efficace, come nel caso di perturbazioni prolungate. Ad esempio in corrispondenza del picco del 25 Aprile 2007 in Figura 6.11a, si è reso necessario un intervento manuale per l'eliminazione dei picchi residui.

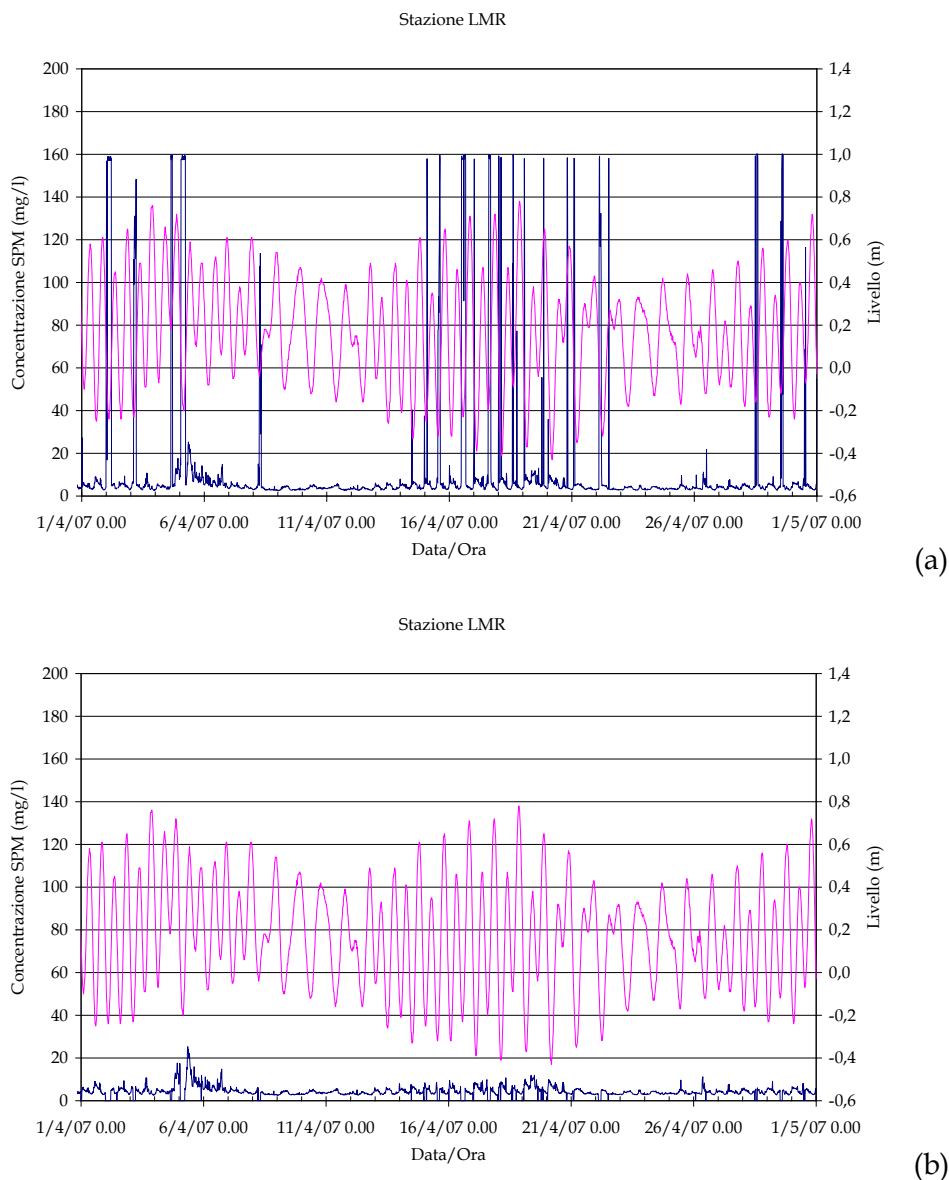


Figura 6.11. Particolare della serie temporale della torbidità alla stazione LMR prima (a) e dopo (b) l'applicazione del filtro per la rimozione dei picchi spuri.

Per rendere più stabile l'andamento della variabile, comunque soggetta a fluttuazioni naturali di breve periodo, si è, quindi, ritenuto opportuno applicare un ulteriore filtro alla serie temporale risultante, cioè una media oraria, centrata sul dato istantaneo, applicata all'intera serie. Per confronto, in Figura 6.12b è visualizzato l'aspetto della stessa serie rappresentata in Figura 6.12a dopo l'applicazione del filtro.

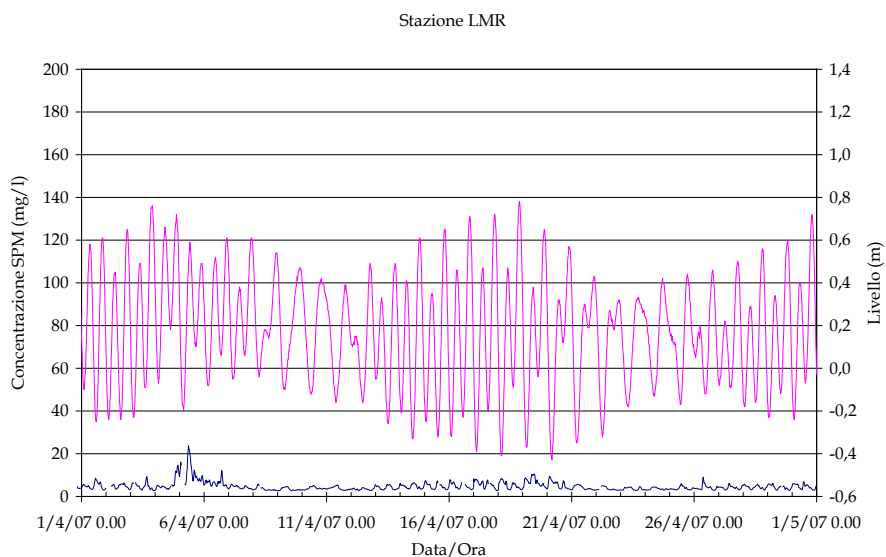


Figura 6.12. Particolare della serie temporale della torbidità alla stazione LMR dopo l'applicazione del filtro per la rimozione delle oscillazioni di breve periodo.

6.4.2 Correzione per il fouling

La presenza di *fouling* sul sensore ottico per la misura della torbidità dà luogo ad effetti diversi sulla qualità delle informazioni registrate dalla strumentazione. Alcuni esempi delle condizioni più tipiche sono rappresentati nelle Figure 6.13 (20-24 Agosto 2006). La situazione più frequente è quella di una deriva progressiva dei valori che aumentano seguendo un andamento che è approssimabile con una relazione lineare o, più spesso, con una relazione esponenziale o una polinomiale di secondo grado. Nel caso più semplice (probabilmente piccole incrostazioni che crescono lentamente sulla finestra ottica del sensore) questa deriva non comporta un aumento significativo delle oscillazioni istantanee (Figura 6.13a) ed è, quindi, sufficiente correggere la serie temporale sottraendone la polinomiale (generalmente di grado 1 o 2), che meglio descrive l'andamento dei valori della linea di base delle funzione originaria nel tratto interessato dal fenomeno. La procedura comporta effettivamente un certo grado di soggettività, tuttavia l'operazione viene svolta tenendo conto dei valori di controllo costituiti dalla concentrazione nei campioni d'acqua prelevati durante gli interventi di pulizia, corrispondenti alla fine dei tratti caratterizzati dalla deriva. La condizione a cui è soggetta la scelta della funzione correttiva è che quest'ultima restituisca un valore finale prossimo a quello del campione d'acqua prelevato nella stazione di misura. Il risultato tipico di questo intervento è mostrato nella Figura 6.13b.

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

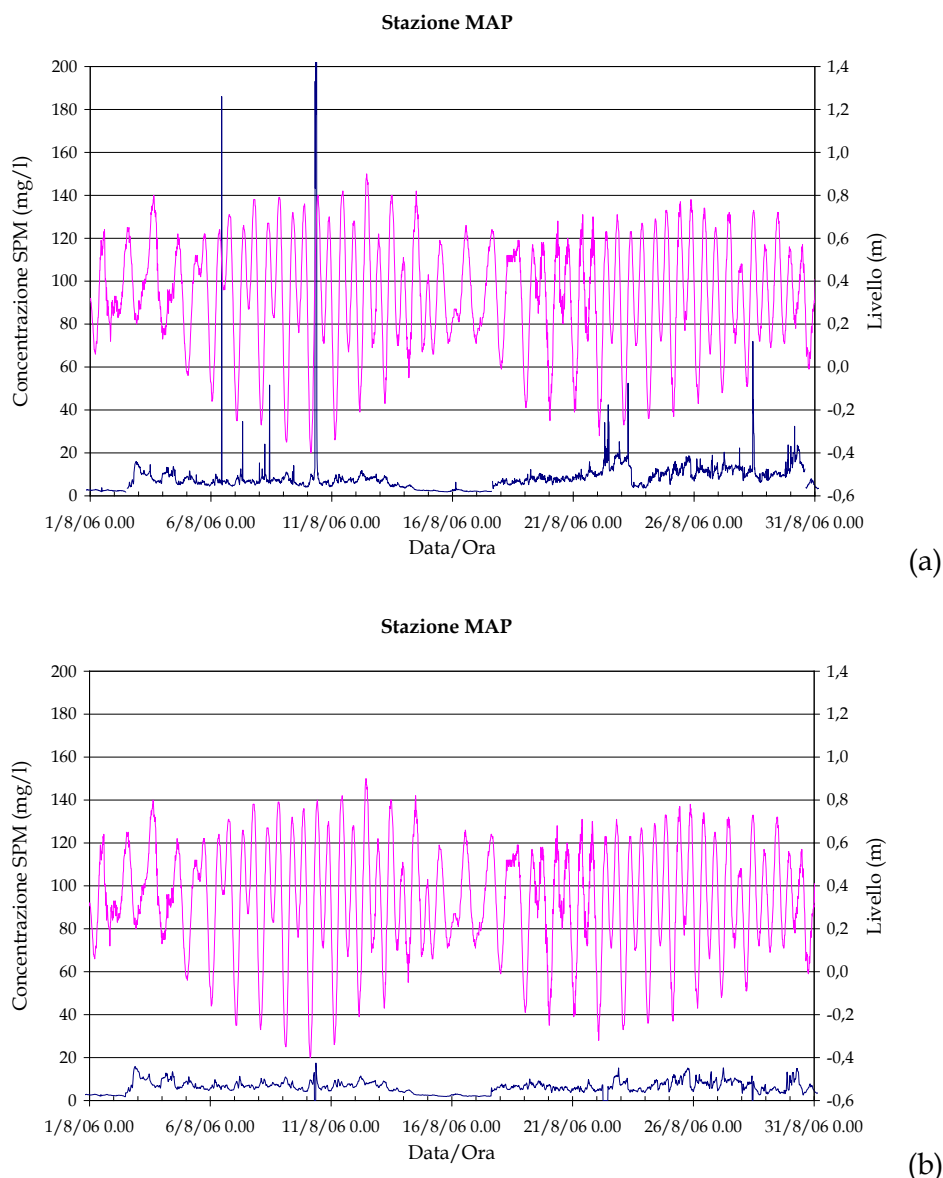


Figura 6.13. Particolare della serie temporale della Stazione MAP, prima (a) e dopo (b) l'applicazione della correzione per la deriva dovuta al fouling e del filtro precedentemente descritto.

In altri casi, invece, la deriva si accompagna ad un aumento significativo dell'ampiezza delle oscillazioni di breve periodo. La causa di questa perturbazione è probabilmente la presenza di organismi di dimensioni più grandi, che si spostano sul sensore di rilevazione, causando repentini sbalzi nella quantità di luce intercettata dallo stesso. Un tipico esempio è costituito dal tratto iniziale della serie rappresentata in Figura 6.14a (7-15 Novembre 2006). In questi casi non vi è alcuna possibilità di intervento e le corrispondenti acquisizioni vengono eliminate completamente dalla serie originaria.

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

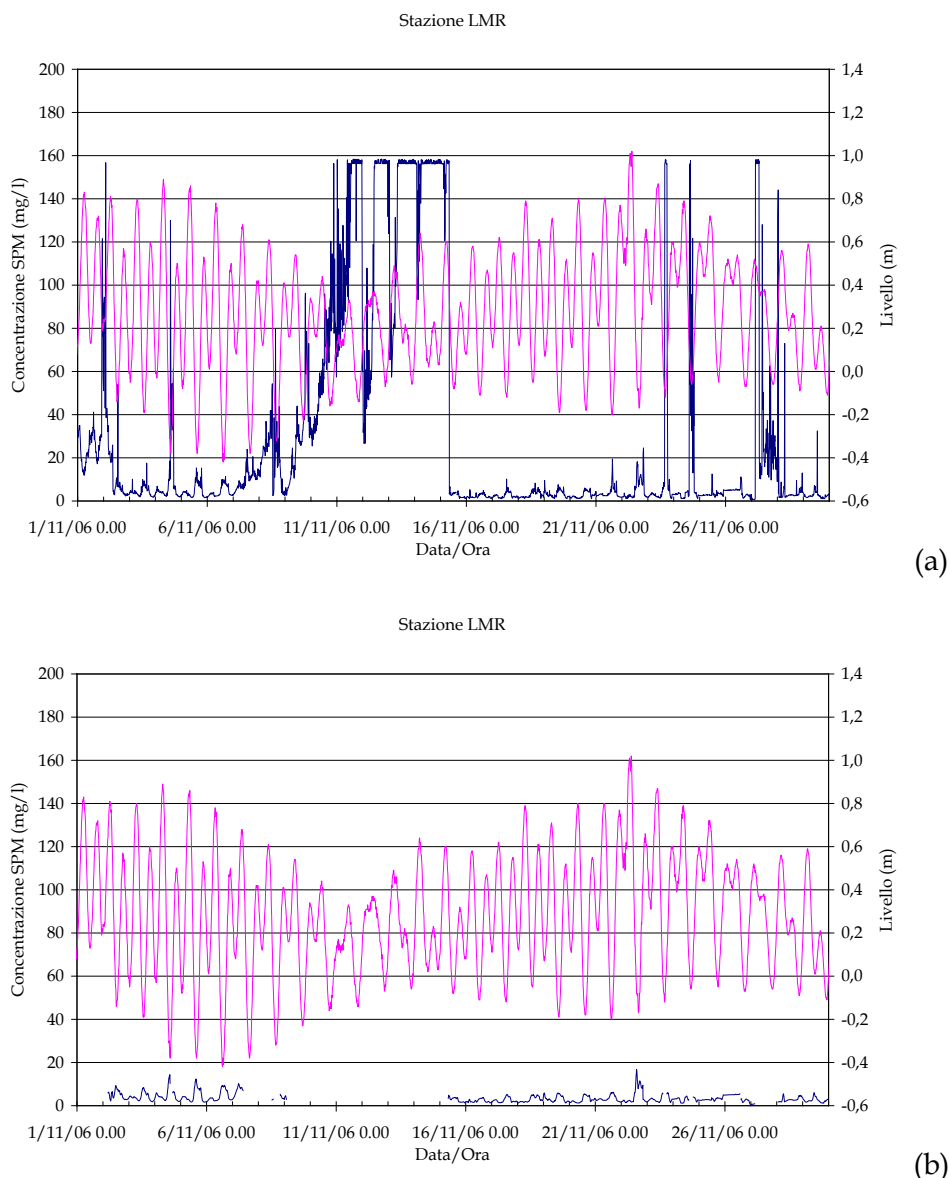


Figura 6.14. Particolare della serie temporale della stazione LMR, prima (a) e dopo (b) l'applicazione della correzione per la deriva dovuta al fouling.

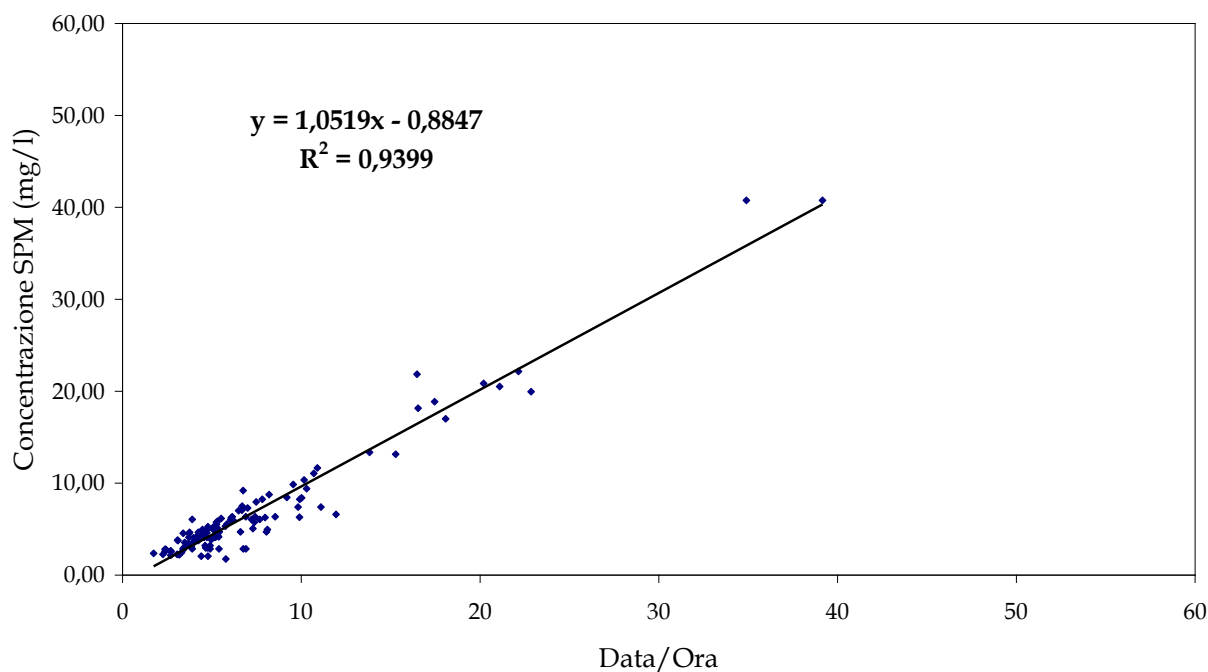
6.5 Calibrazione dei sensori di torbidità per la stima della concentrazione di SPM

La calibrazione dei sensori per la misura della torbidità ai fini della stima delle concentrazioni istantanee di SPM è stata effettuata sulla base delle concentrazioni del particolato in sospensione misurate nei campioni d'acqua, prelevati in corrispondenza ai settimanali interventi di manutenzione, effettuati sulla strumentazione impiegata nelle diverse stazioni. Tuttavia, solo successivamente alla rimozione delle diverse perturbazioni presenti nelle serie temporali della torbidità è stato possibile ottenere delle rette di regressione sufficientemente affidabili per una stima della concentrazione di SPM, sulla base dei valori della torbidità istantanei acquisiti dagli strumenti. Conseguentemente, poiché una percentuale di dati della torbidità è stata rimossa dall'applicazione della procedura di correzione, solo un sottoinsieme delle coppie di valori di torbidità e concentrazione di SPM disponibili è stato utilizzato per la calibrazione. Tuttavia, per tutte le stazioni, la quantità di dati disponibili si può ritenere sufficiente per una stima piuttosto attendibile delle concentrazioni. Inoltre, in quasi tutti i casi, l'intervallo di valori utilizzati per la

calibrazione è sufficiente a descrivere le concentrazioni più tipicamente riscontrate nei diversi settori del sistema considerato.

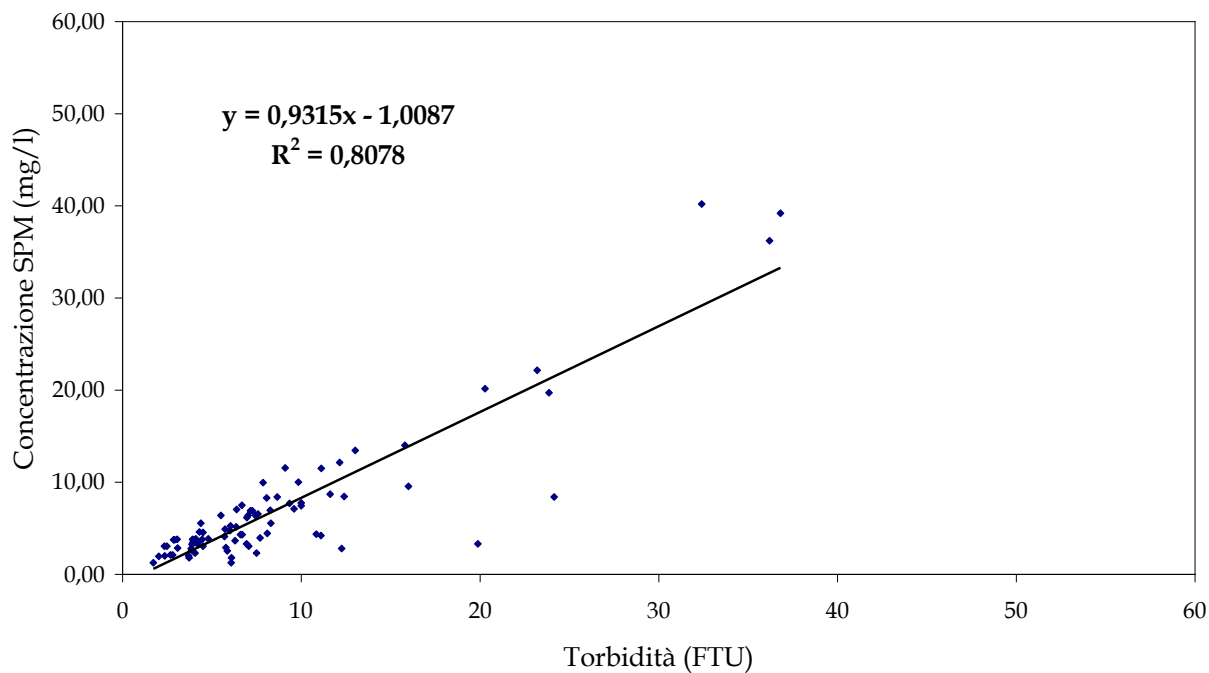
Le relazioni utilizzate per ciascuna delle stazioni sono visualizzate nelle Figure 6.15a-g. Si osserva come, in quasi tutti i casi, la pendenza della retta di regressione sia piuttosto vicina all'unità. L'unica deviazione è costituita dallo strumento posizionato nella stazione LSA, per il quale il valore del coefficiente angolare della retta di regressione è di poco superiore a 0.7. Ciascuna di queste relazioni è stata utilizzata per derivare la serie temporale della concentrazione di SPM a partire dalle serie della torbidità della corrispondente stazione, ottenute dalla procedura di correzione descritta nella precedente sezione.

Stazione CHP



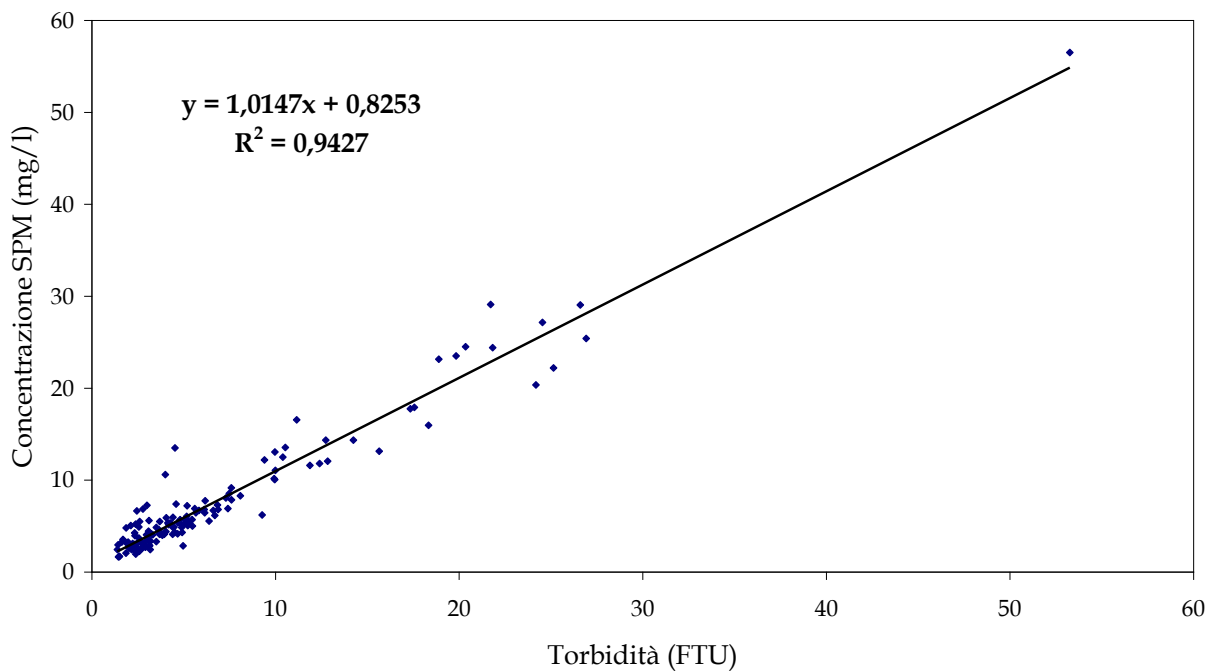
(a)

Stazione LIM



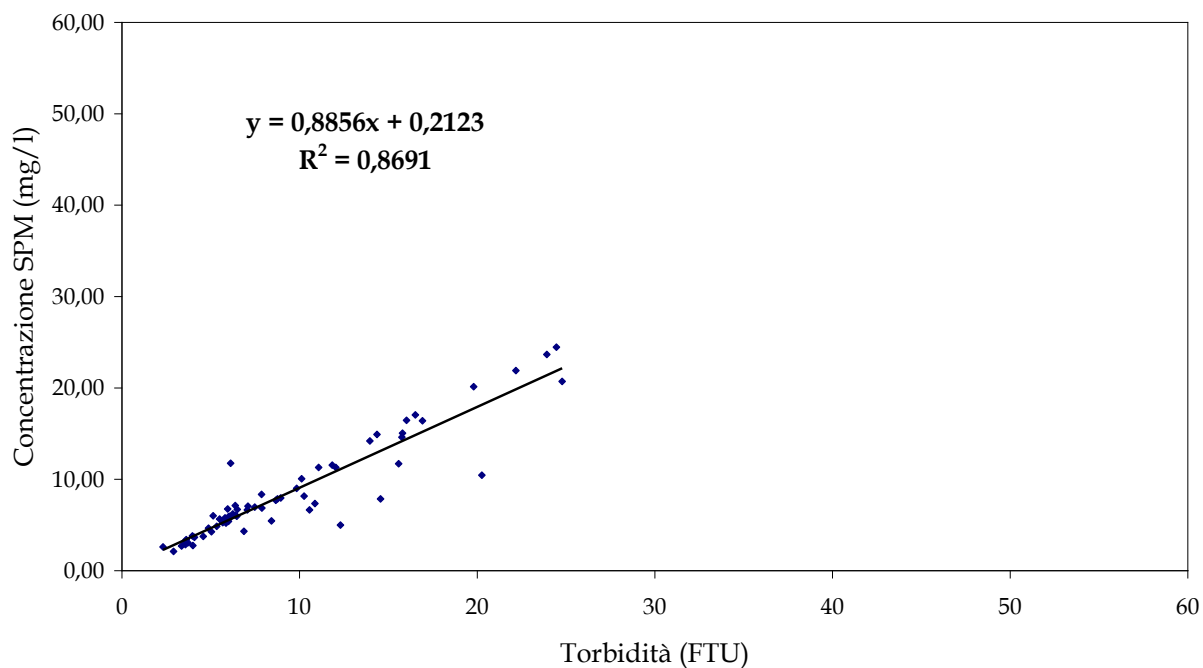
(b)

Stazione LMR



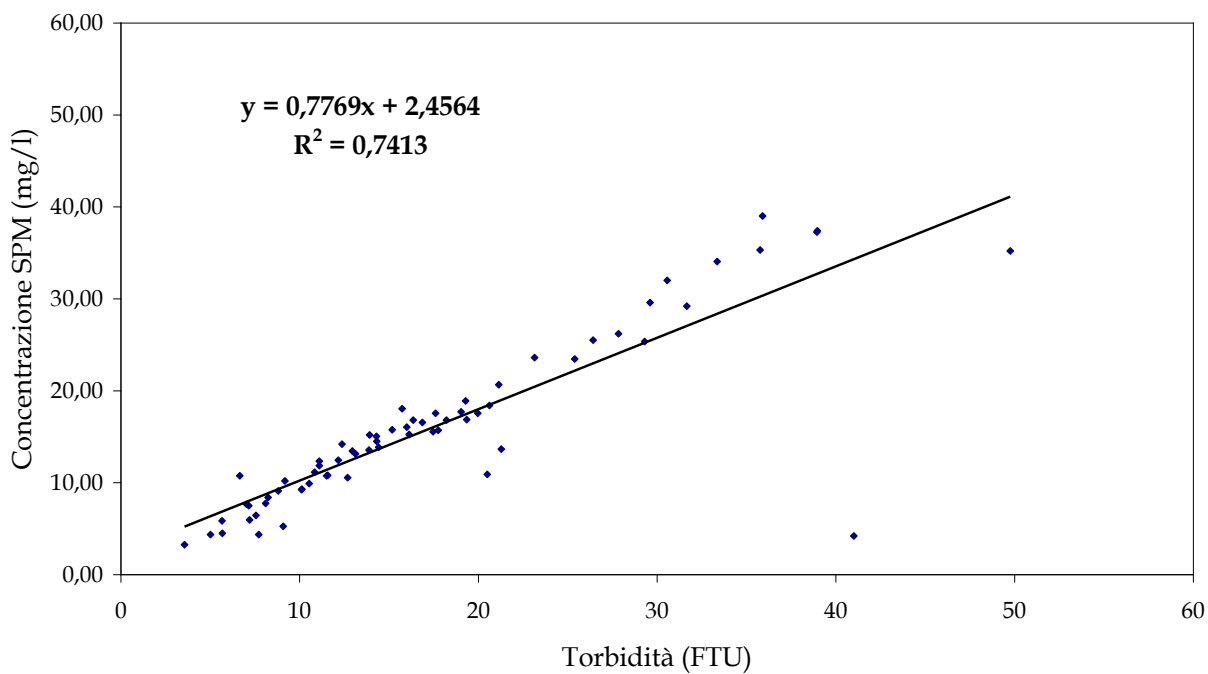
(c)

Stazione LMR-2



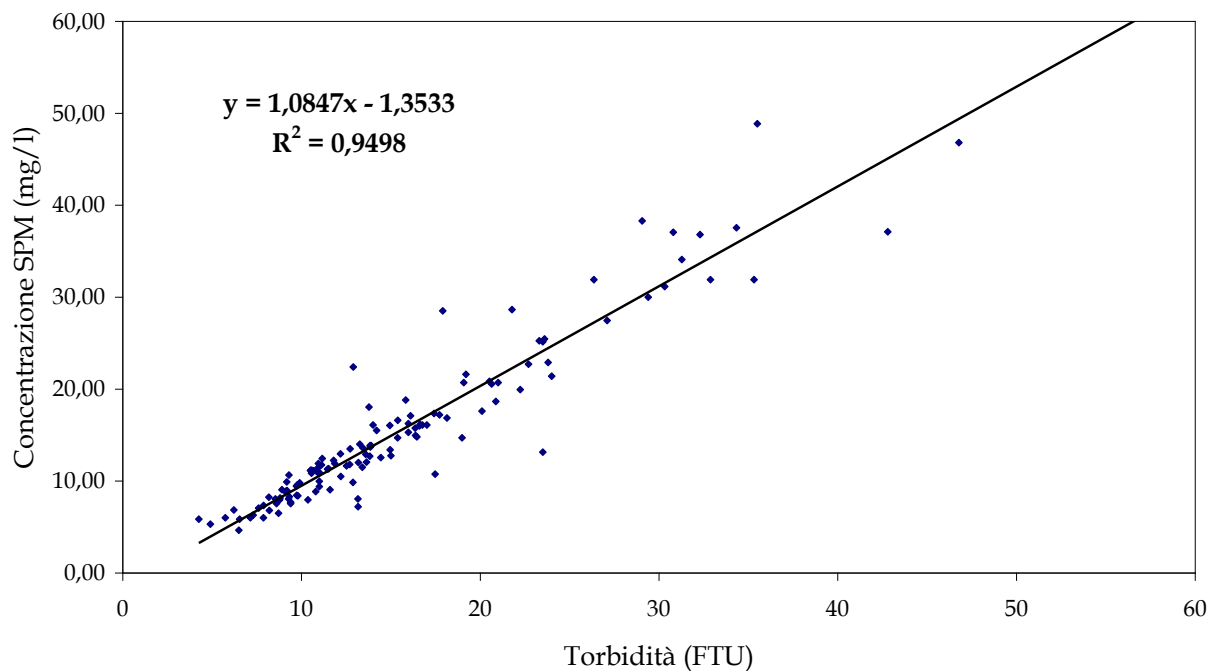
(d)

Stazione LSA



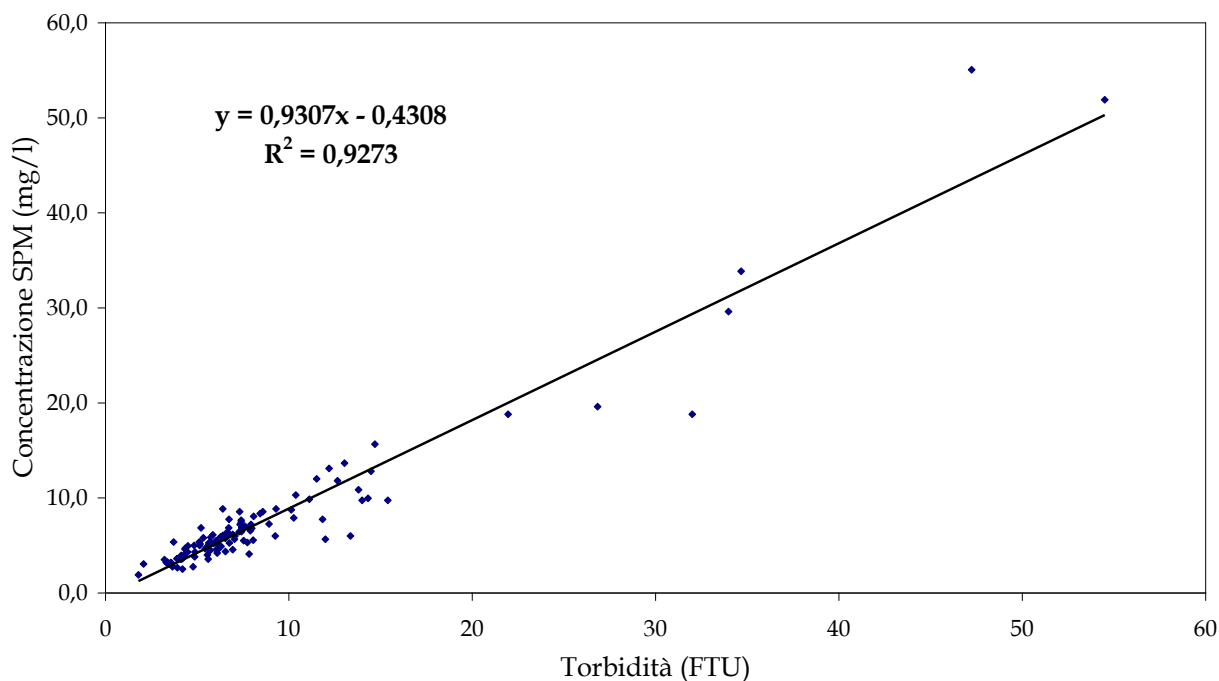
(e)

Stazione LTP



(f)

Stazione MAP



(g)

Figura 6.15. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde nelle diverse stazioni considerate ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione.

6.6 Serie temporali della torbidità/SPM

Le serie temporale del periodo Giugno 2006 - Maggio 2007 ed i relativi grafici bimestrali della concentrazione del particolato in sospensione, in funzione del livello di marea e del vento, sono incluse nei files del database allegato al presente Rapporto. Per quanto riguarda gli elaborati grafici vengono presentate due versioni: nella prima la concentrazione di SPM è rappresentata insieme alla curva di marea del mareografo più vicino alla stazione in questione (Diga Nord di Lido, Diga Sud di Chioggia, Diga Nord di Malamocco - Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia), mentre nella seconda l'SPM è rappresentato insieme all'andamento orario della velocità del vento, misurato alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR.

L'intera serie temporale del periodo di osservazione per ciascuna delle stazioni è rappresentata nelle Figure 6.16-6.22, insieme all'andamento del livello di marea. L'evoluzione della concentrazione in funzione dell'intensità del vento è, invece, rappresentata nelle Figure 6.23-6.30. I risultati dell'elaborazione statistica delle informazioni disponibili per le otto stazioni sono riportati nella Tabella 6.4.

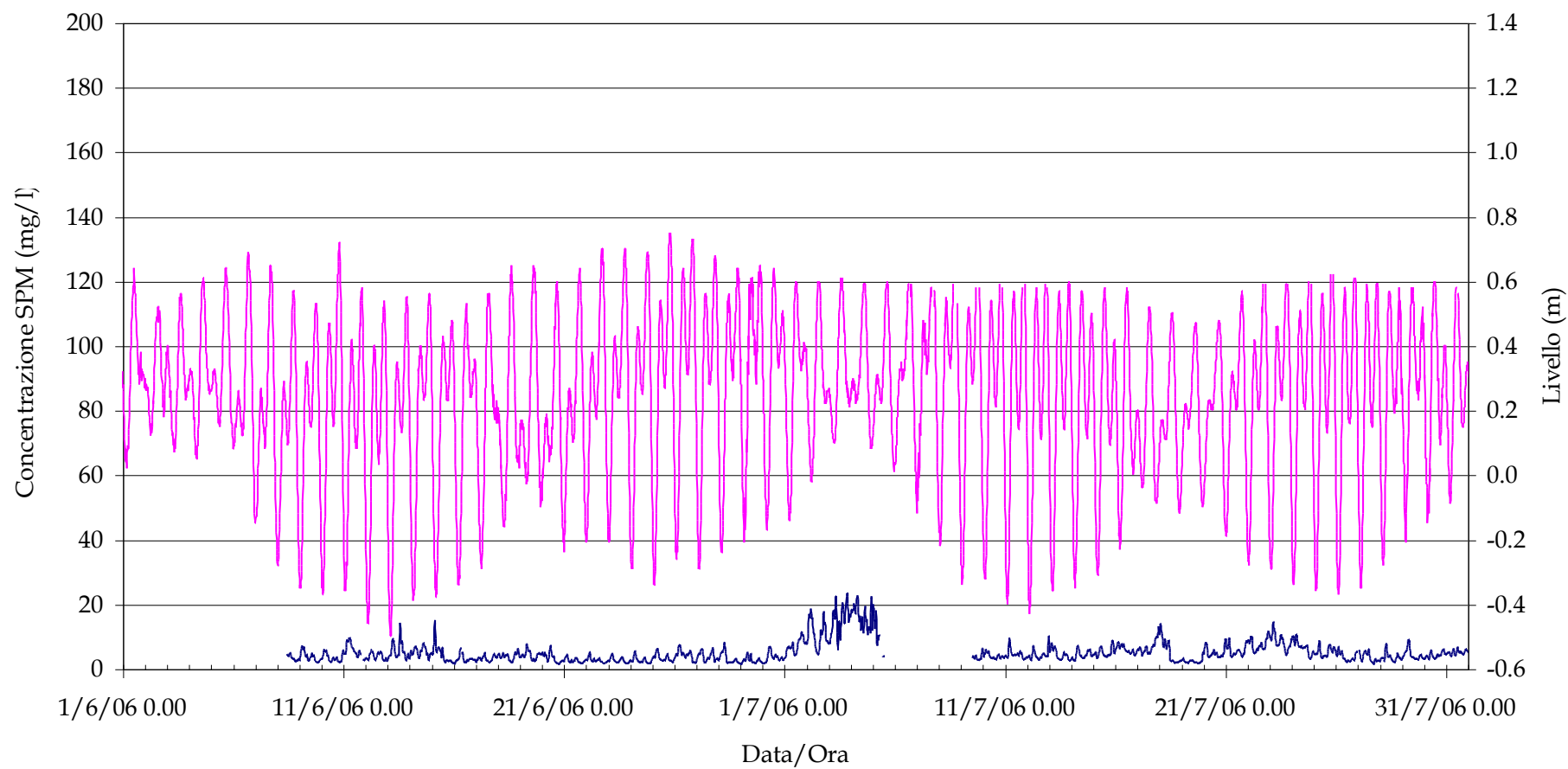
Stazione CHP

Figura 6.16 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Giugno-Luglio 2006.

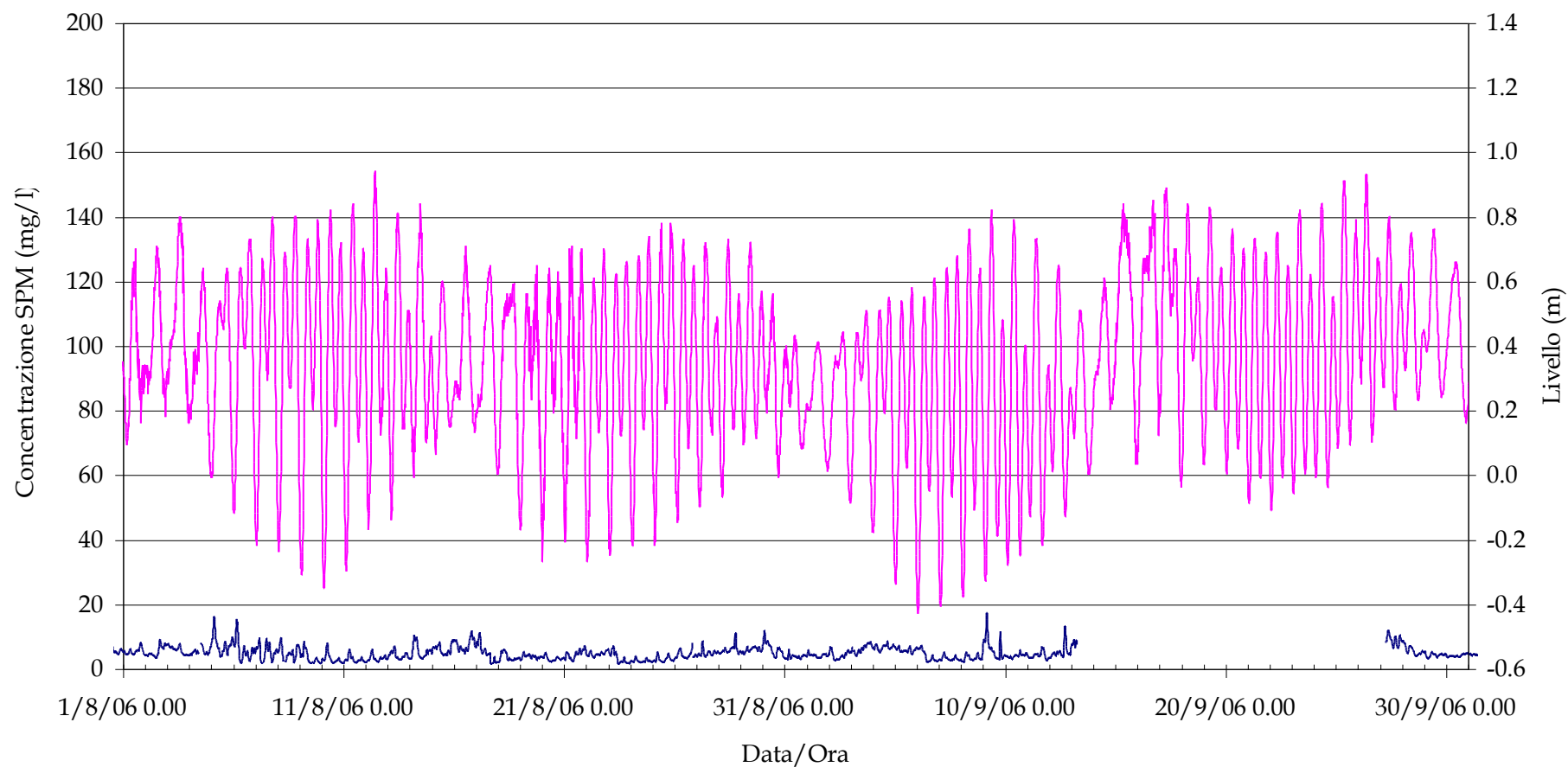
Stazione CHP

Figura 6.16 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Agosto-Settembre 2006.

Stazione CHP

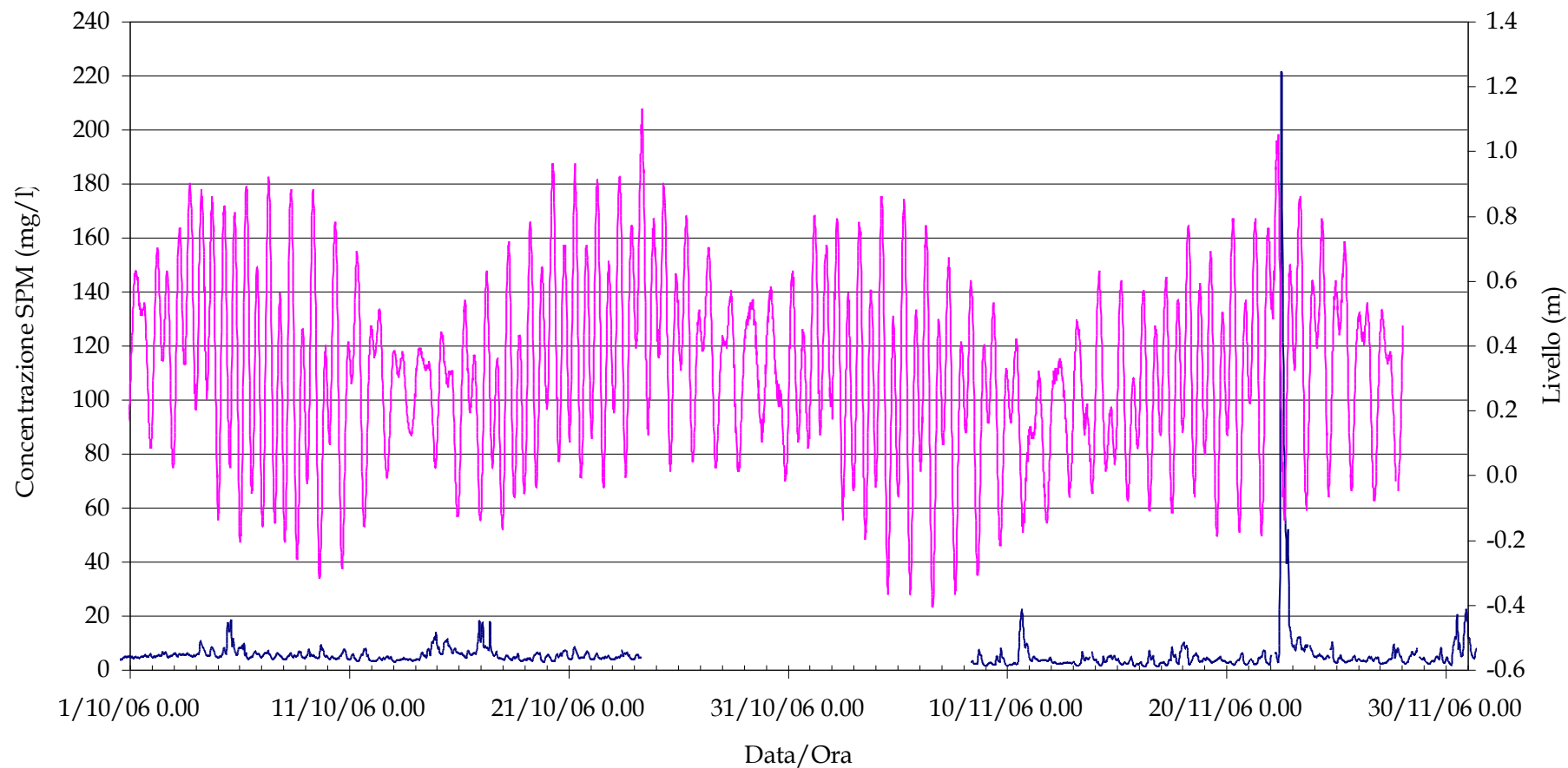


Figura 6.16 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

Stazione CHP

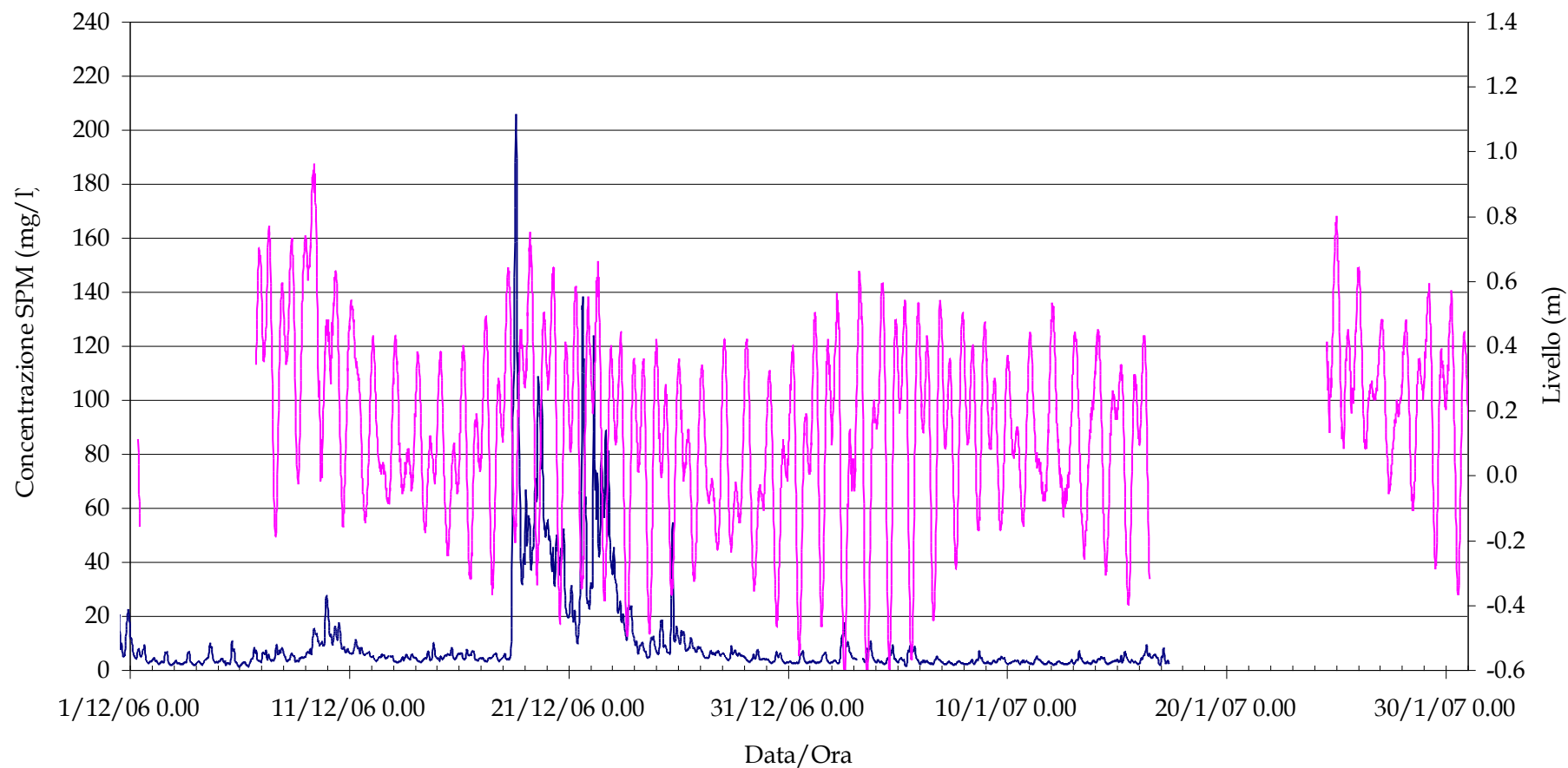


Figura 6.16 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

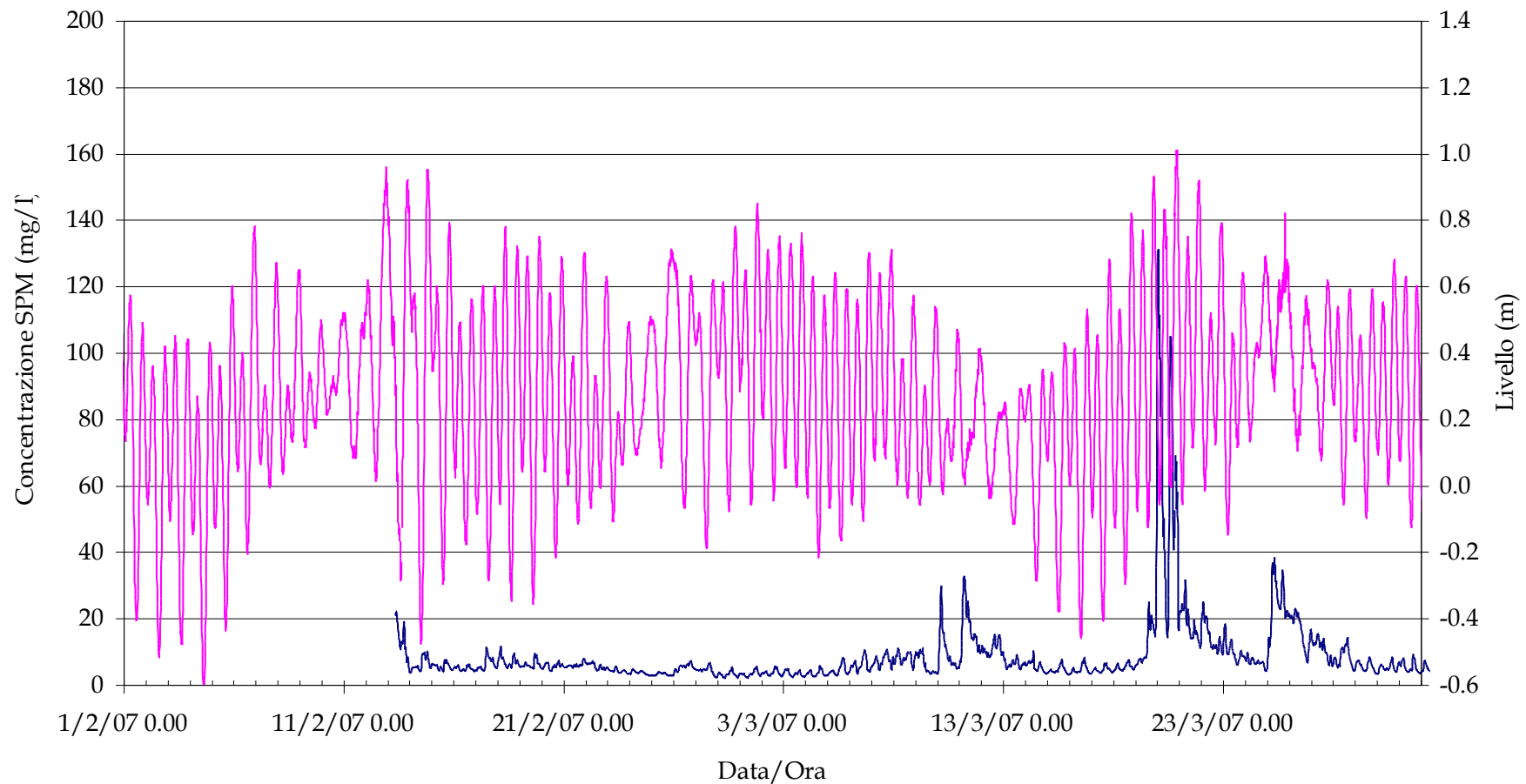
Stazione CHP

Figura 6.16 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

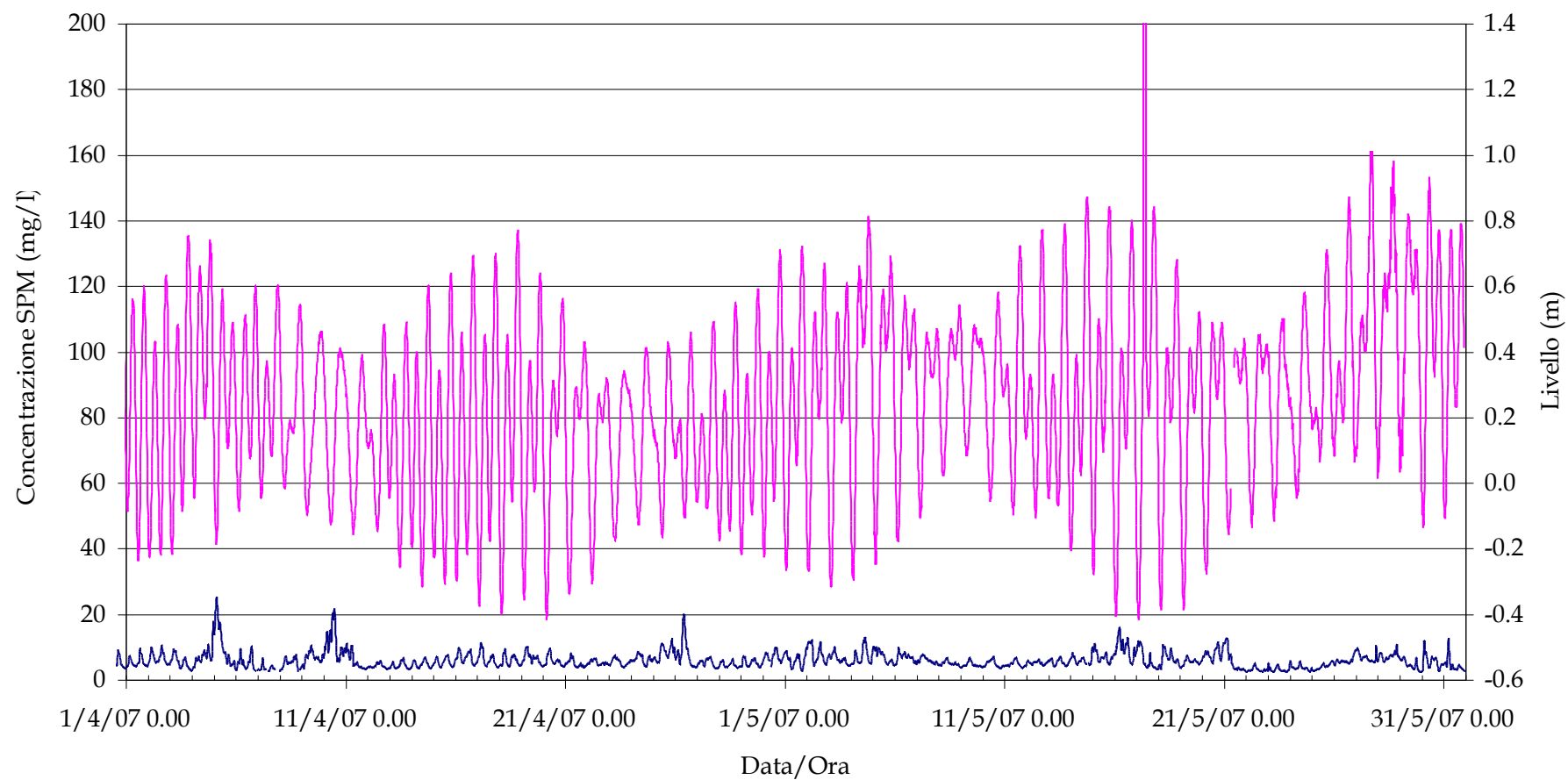
Stazione CHP

Figura 6.16 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Aprile-Maggio 2006.

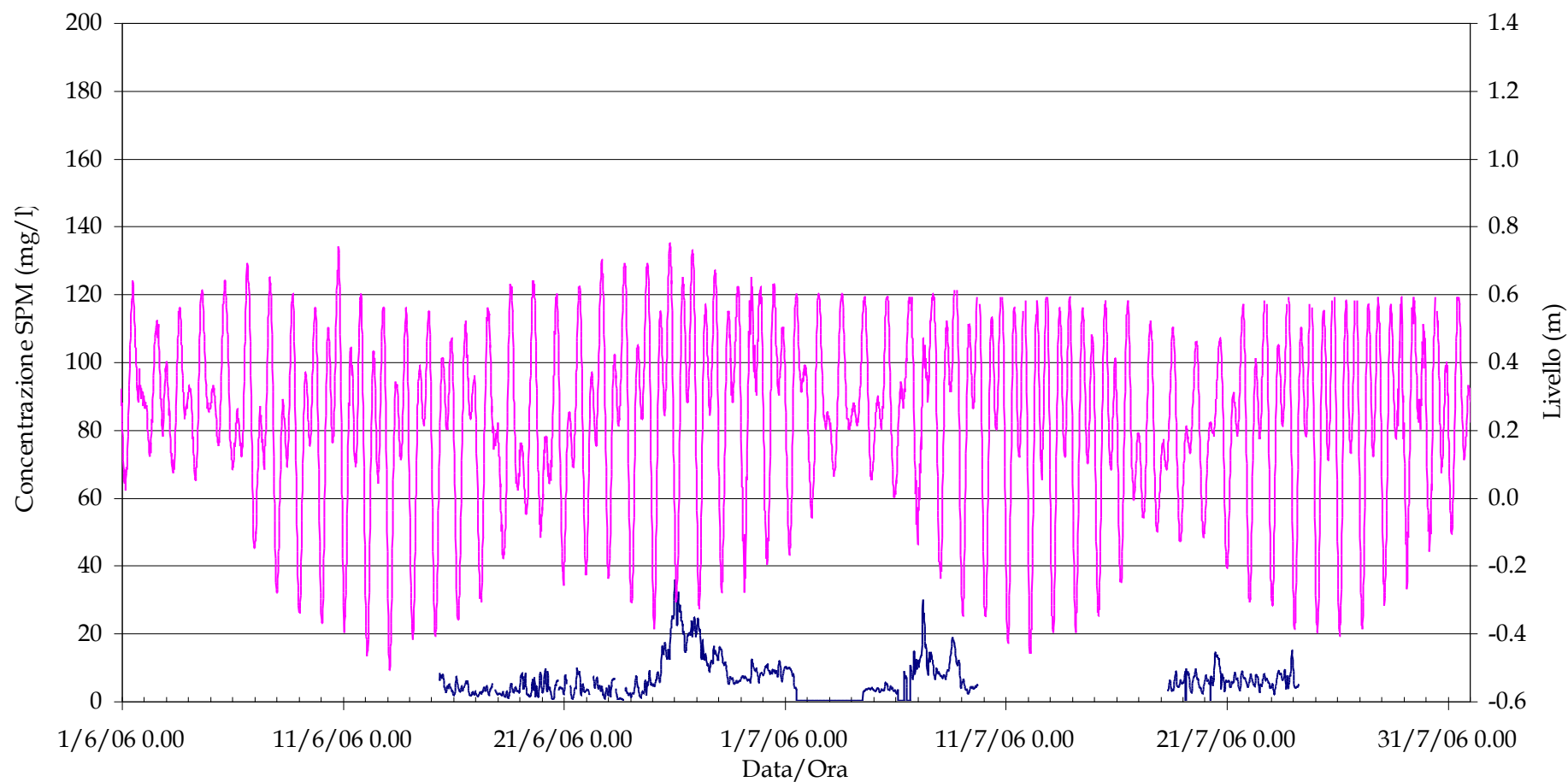
Stazione LIM

Figura 6.17 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Giugno-Luglio 2006.

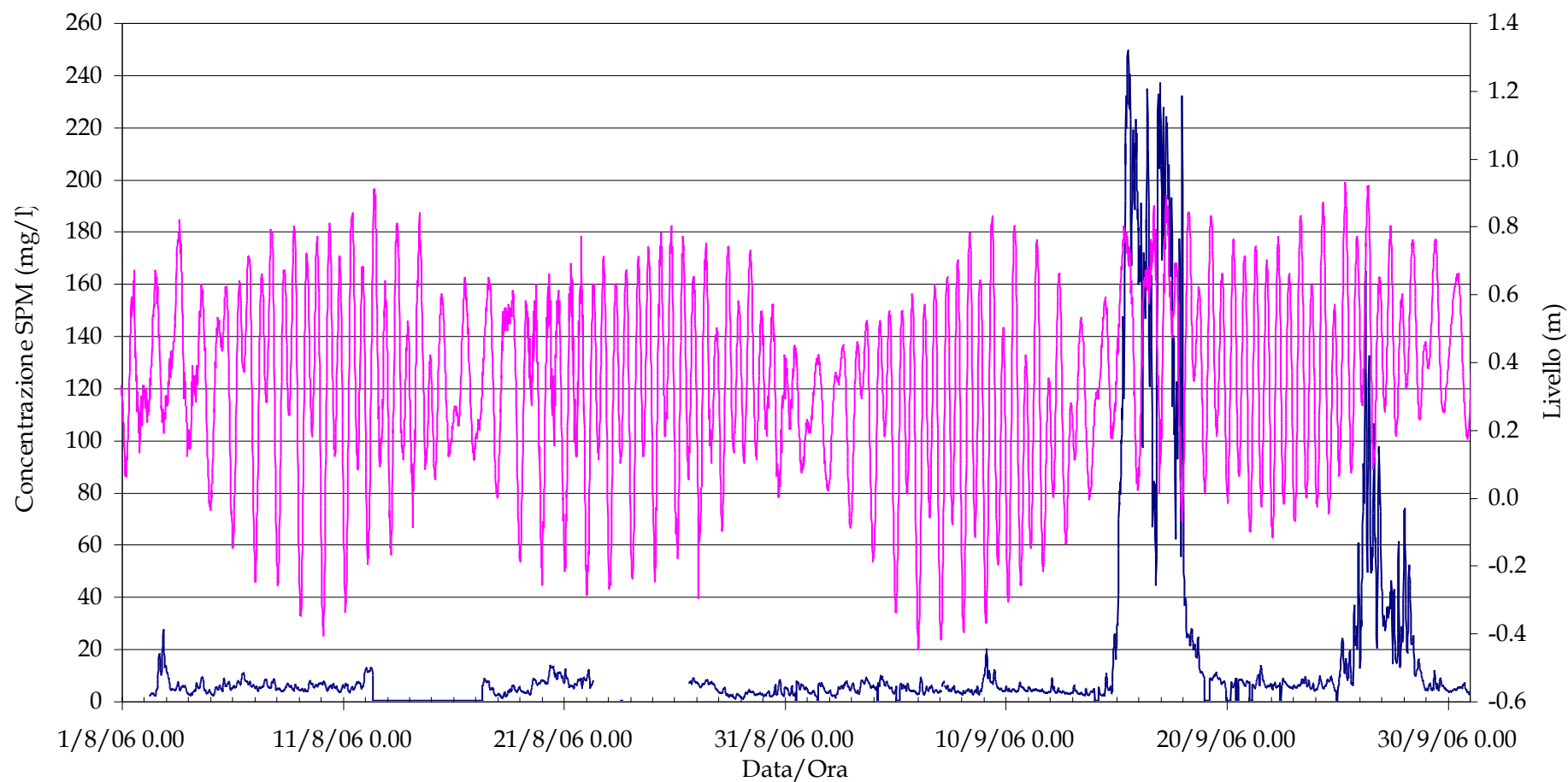
Stazione LIM

Figura 6.17 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Agosto-Settembre 2006.

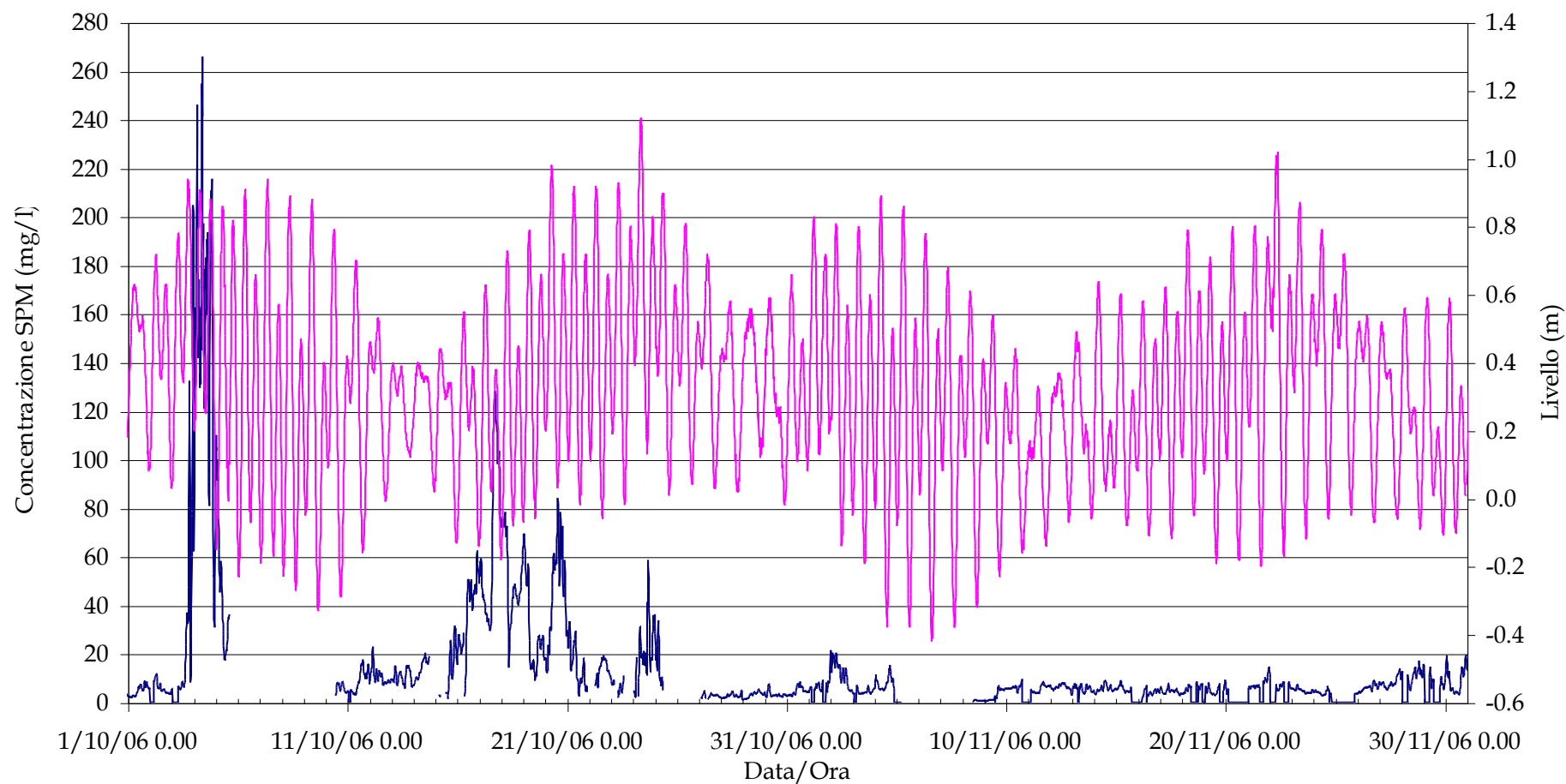
Stazione LIM

Figura 6.17 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

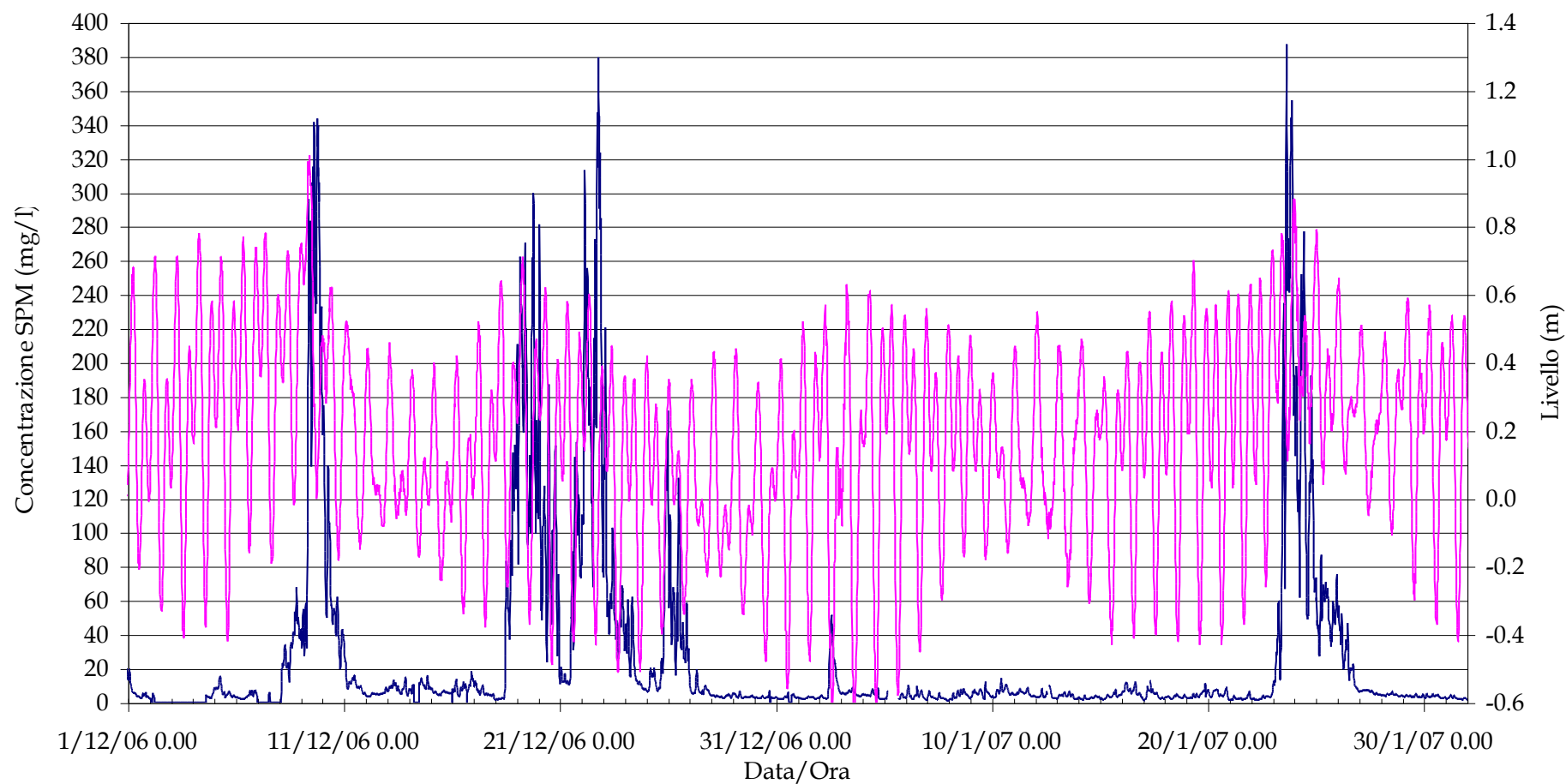
Stazione LIM

Figura 6.17 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

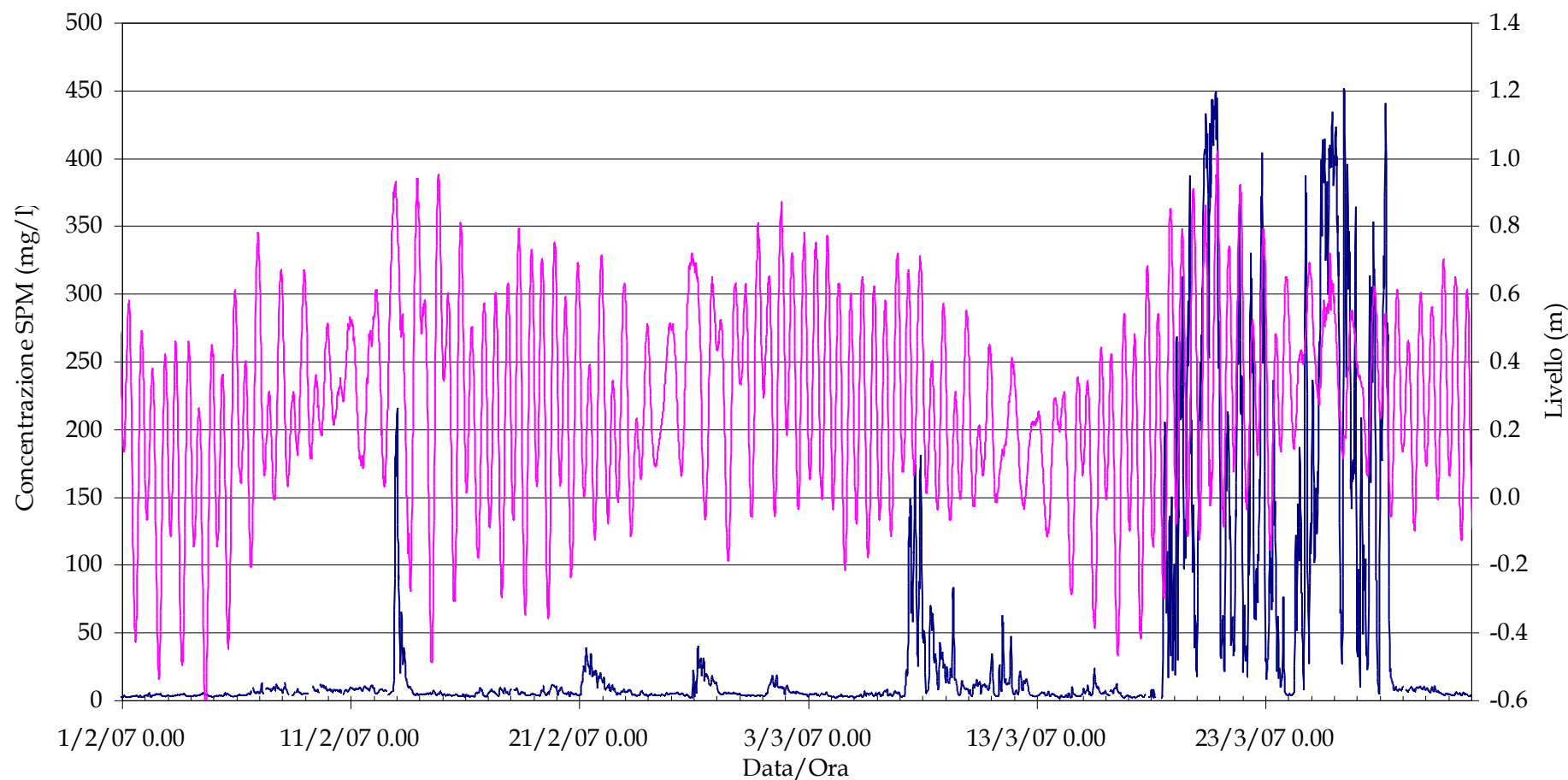
Stazione LIM

Figura 6.17 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

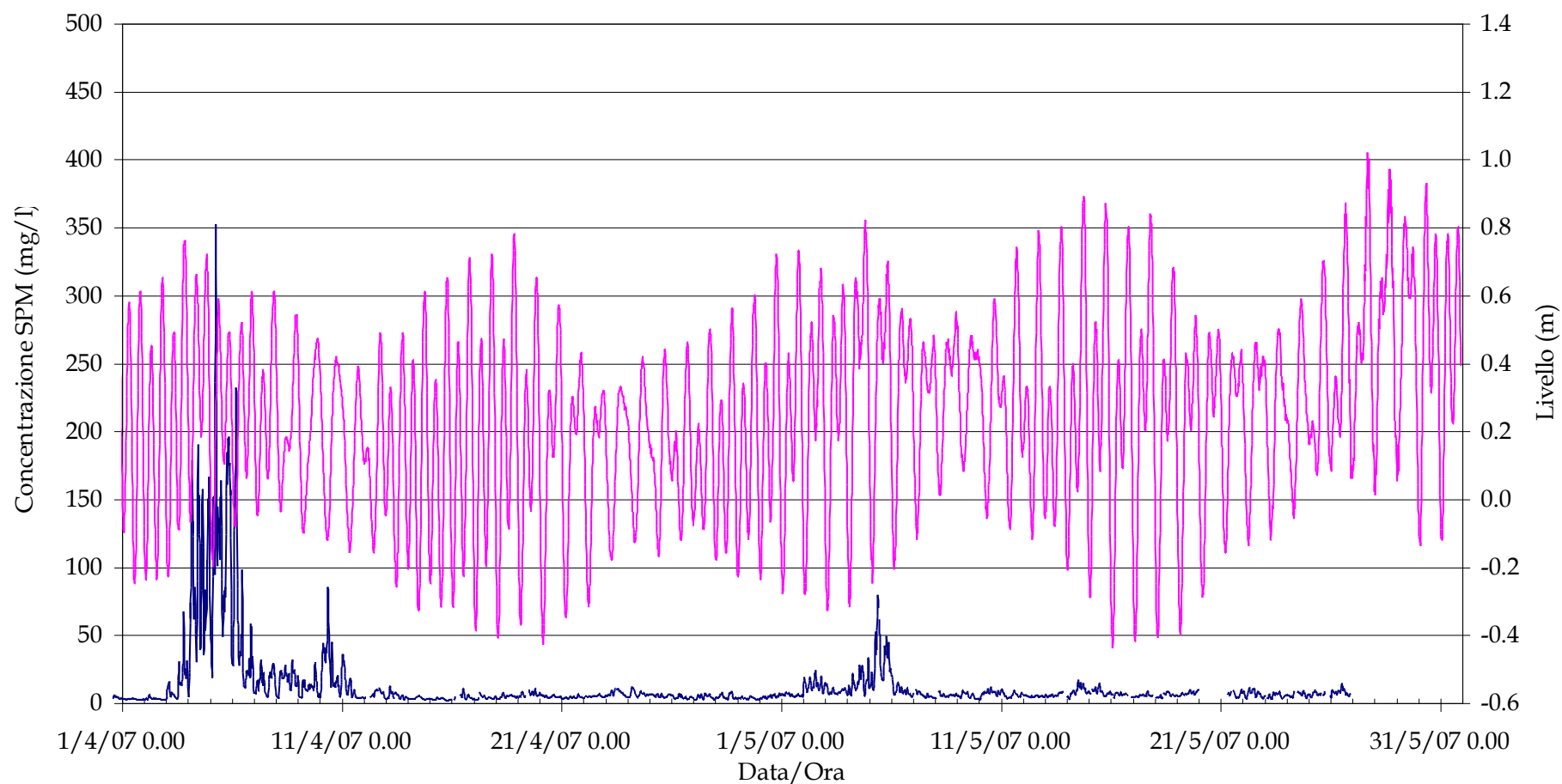
Stazione LIM

Figura 6.17 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Aprile-Maggio 2006.

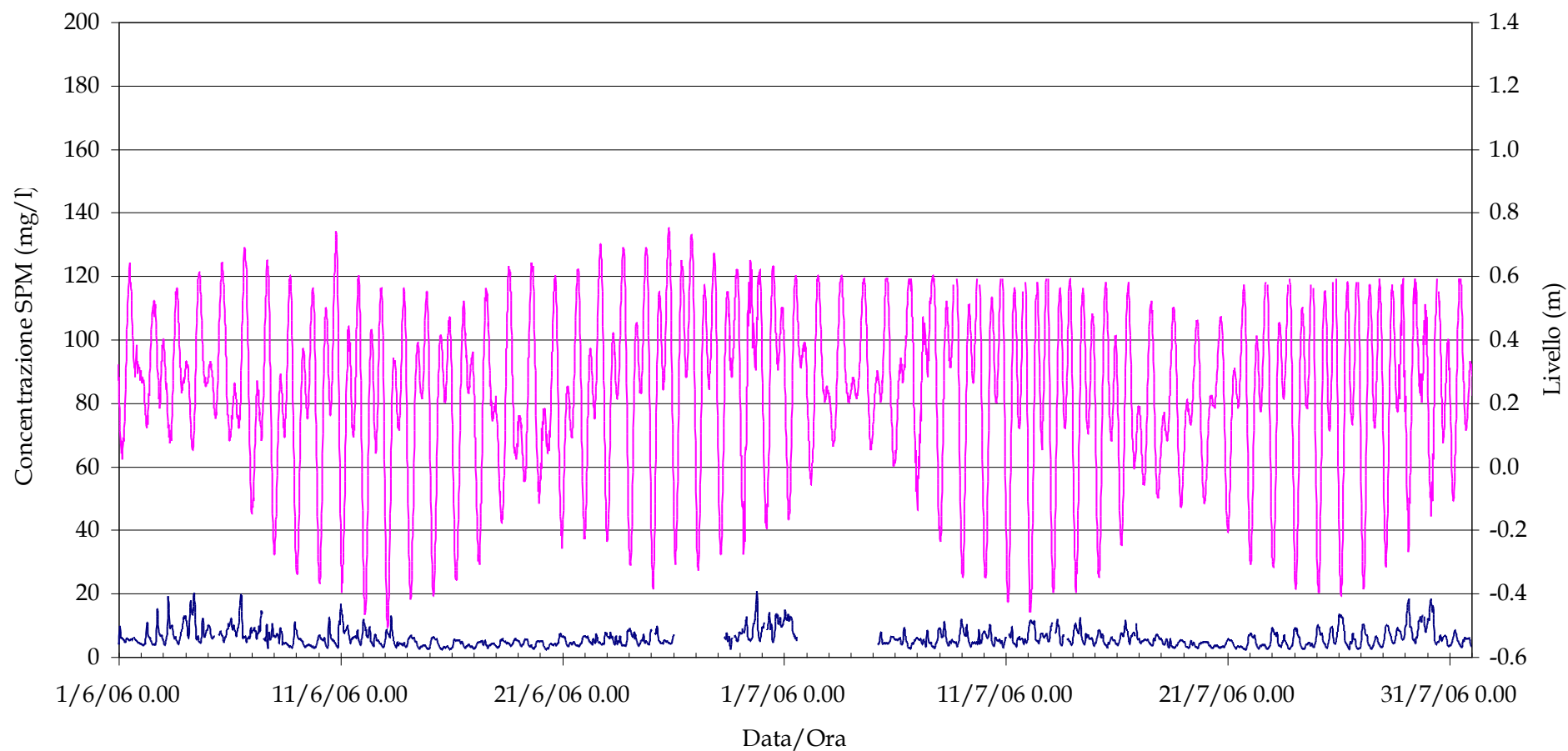
Stazione LMR

Figura 6.18 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Giugno-Luglio 2006.

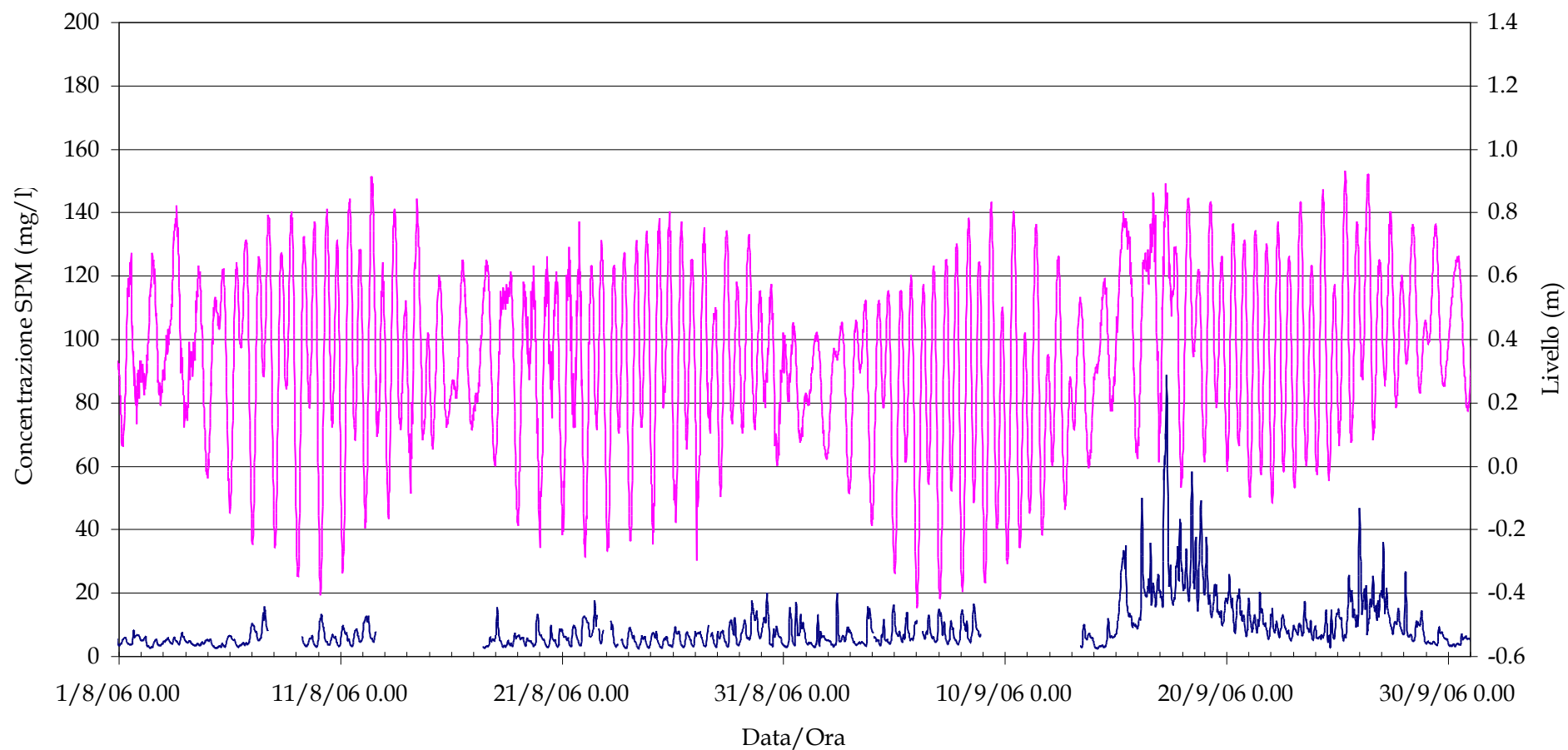
Stazione LMR

Figura 6.18 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Agosto-Settembre 2006.

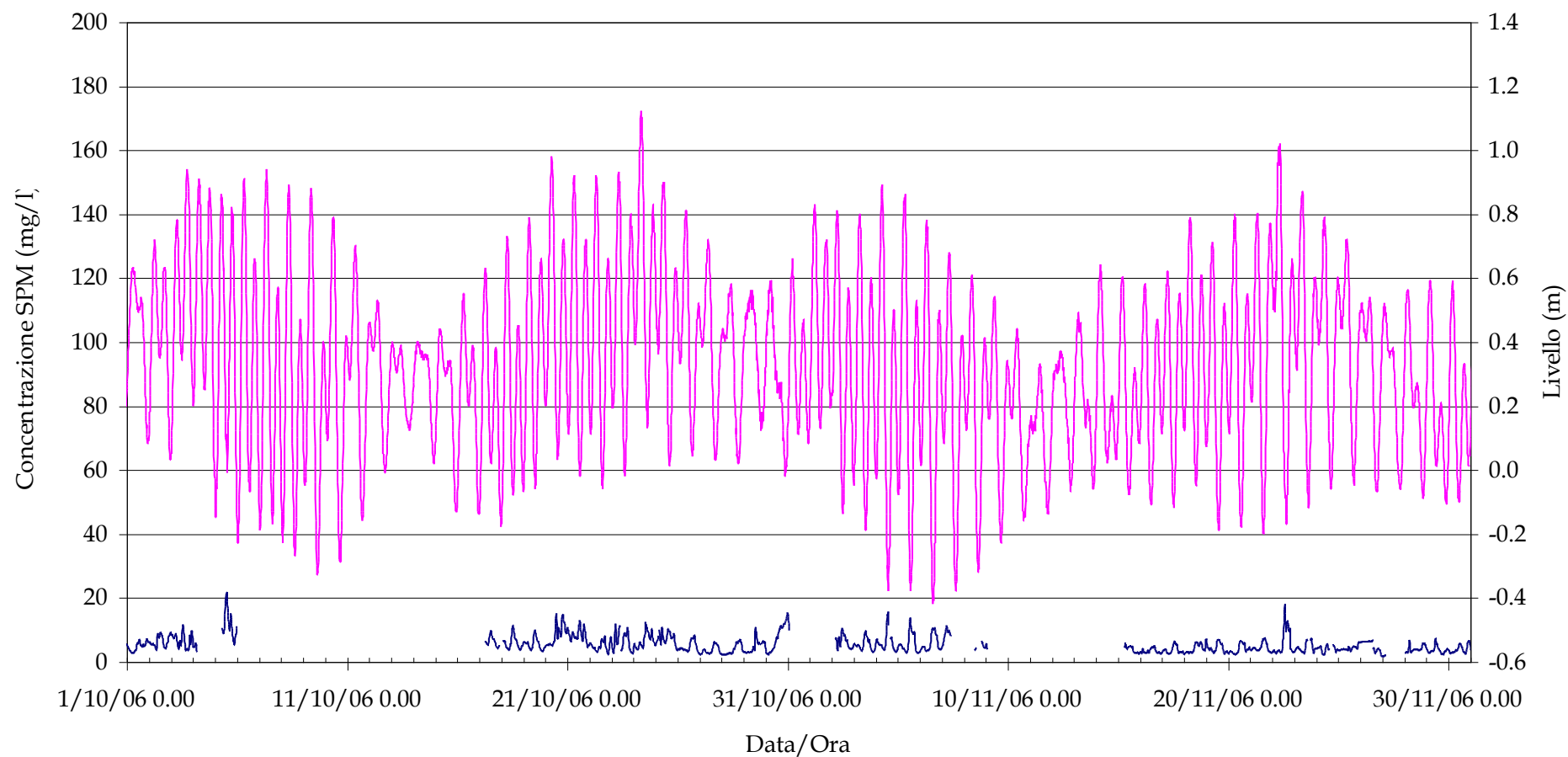
Stazione LMR

Figura 6.18 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

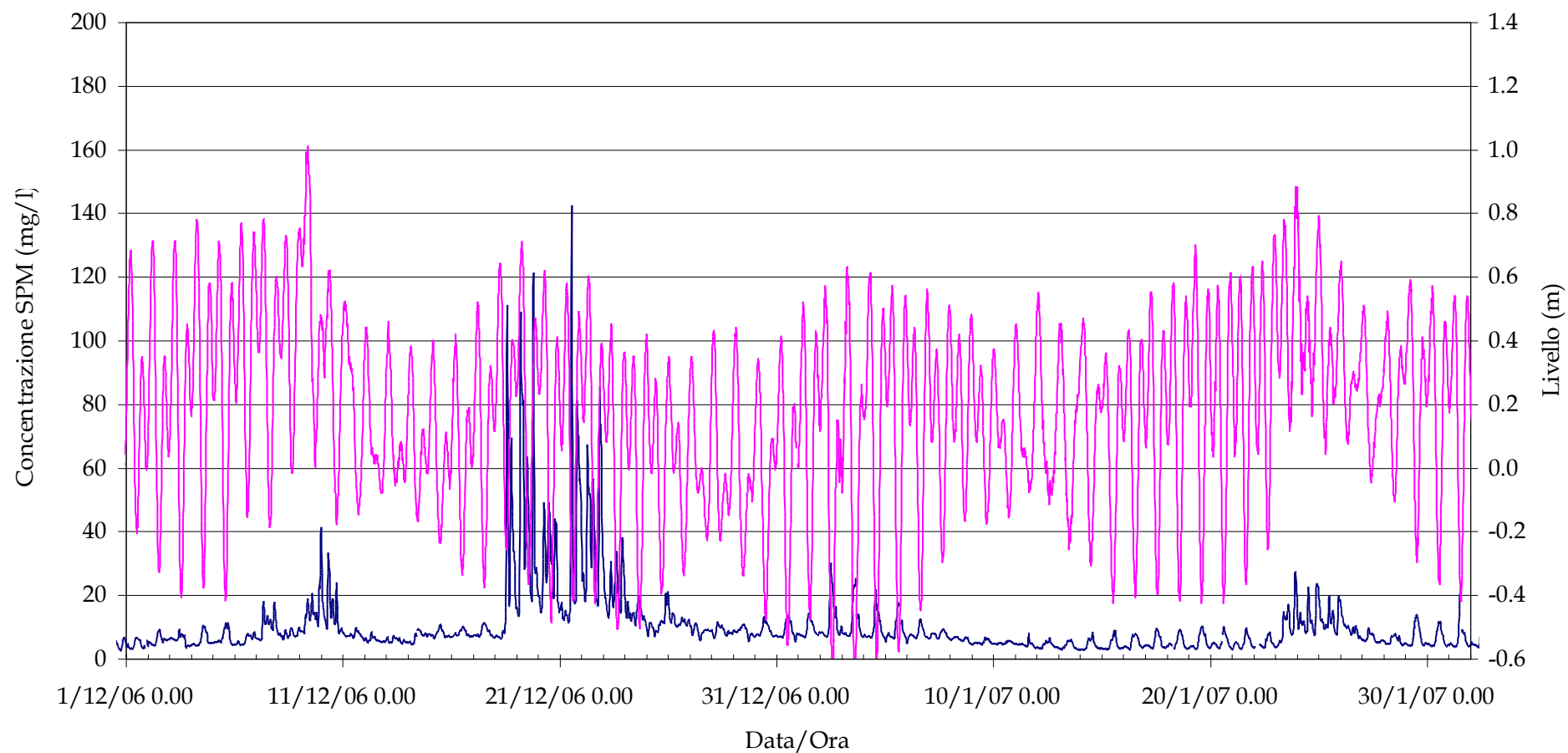
Stazione LMR

Figura 6.18 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

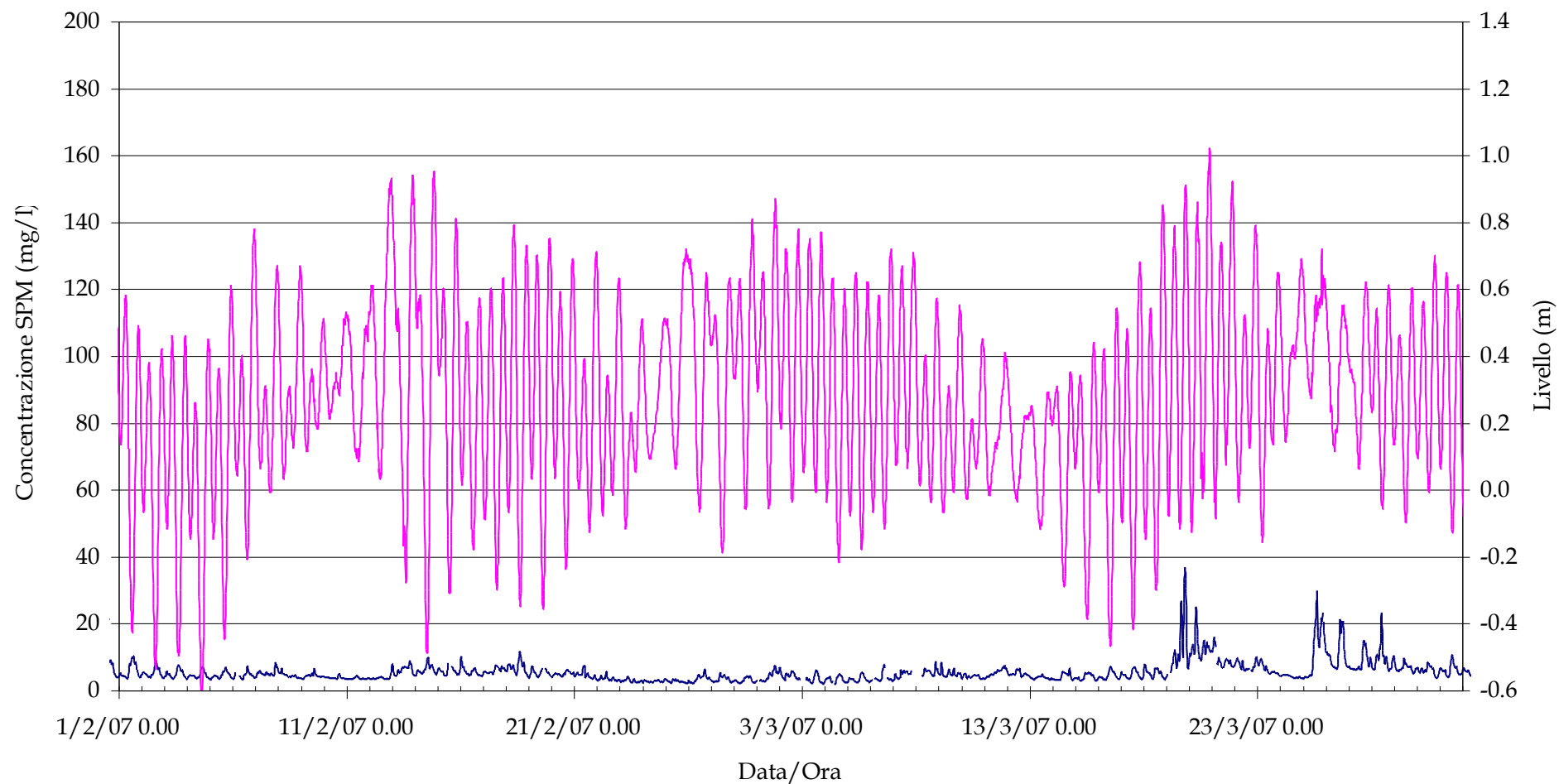
Stazione LMR

Figura 6.18 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

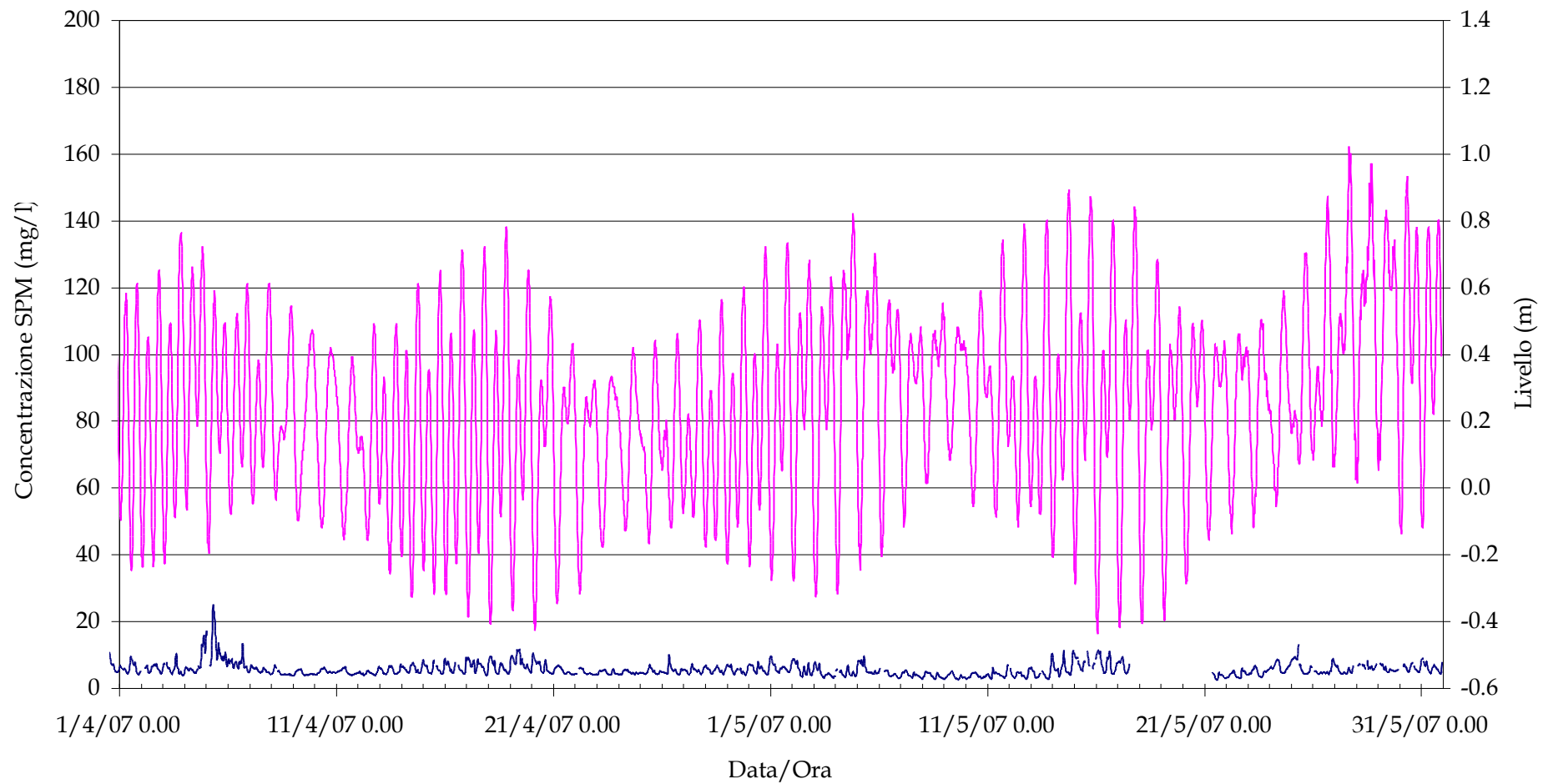
Stazione LMR

Figura 6.18 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Aprile-Maggio 2006.

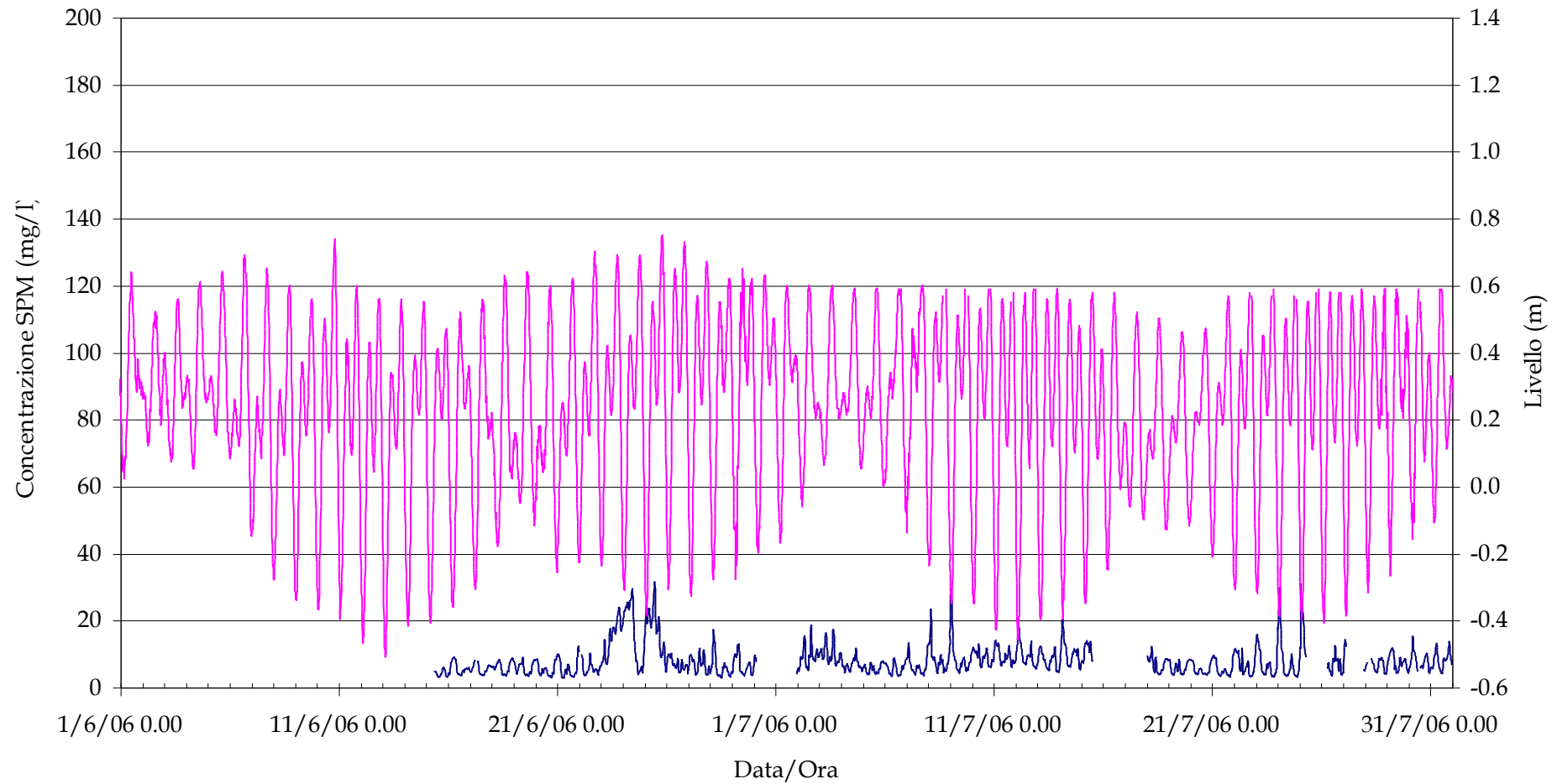
Stazione LMR-2

Figura 6.19 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR-2 nel periodo Giugno-Luglio 2006.

Stazione LMR-2

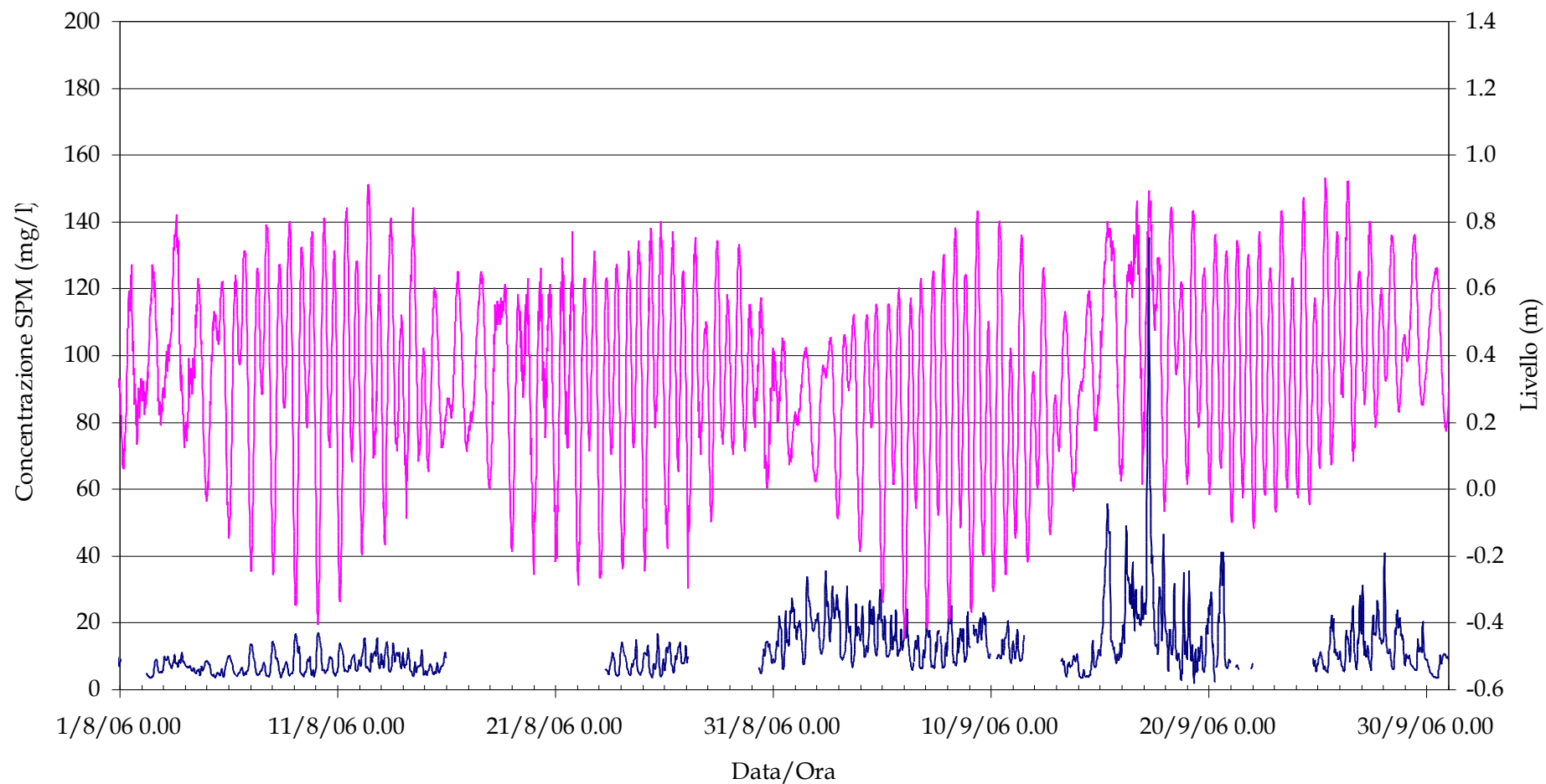


Figura 6.19 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR-2 nel periodo Agosto-Settembre 2006.

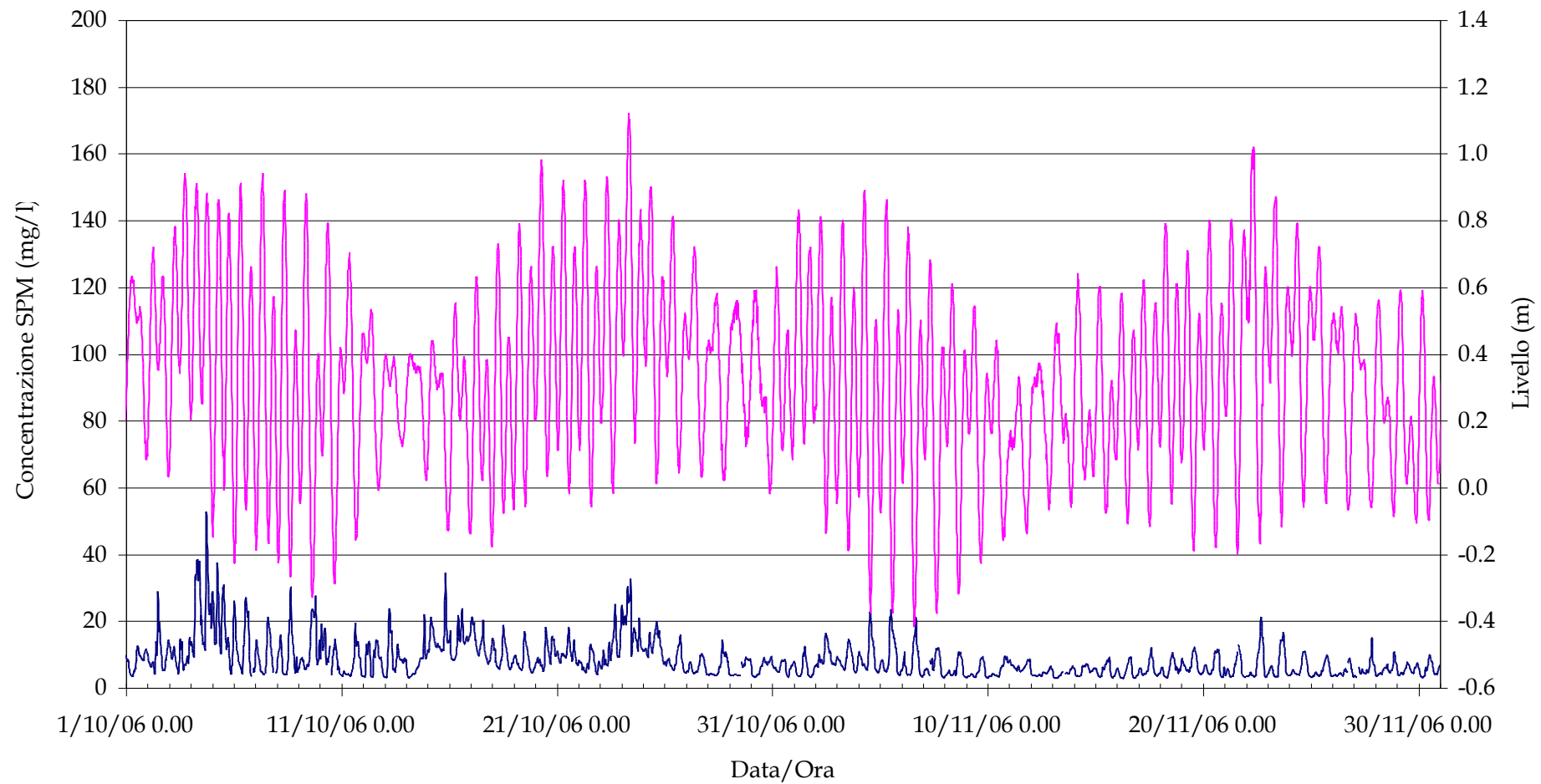
Stazione LMR-2

Figura 6.19 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR-2 nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

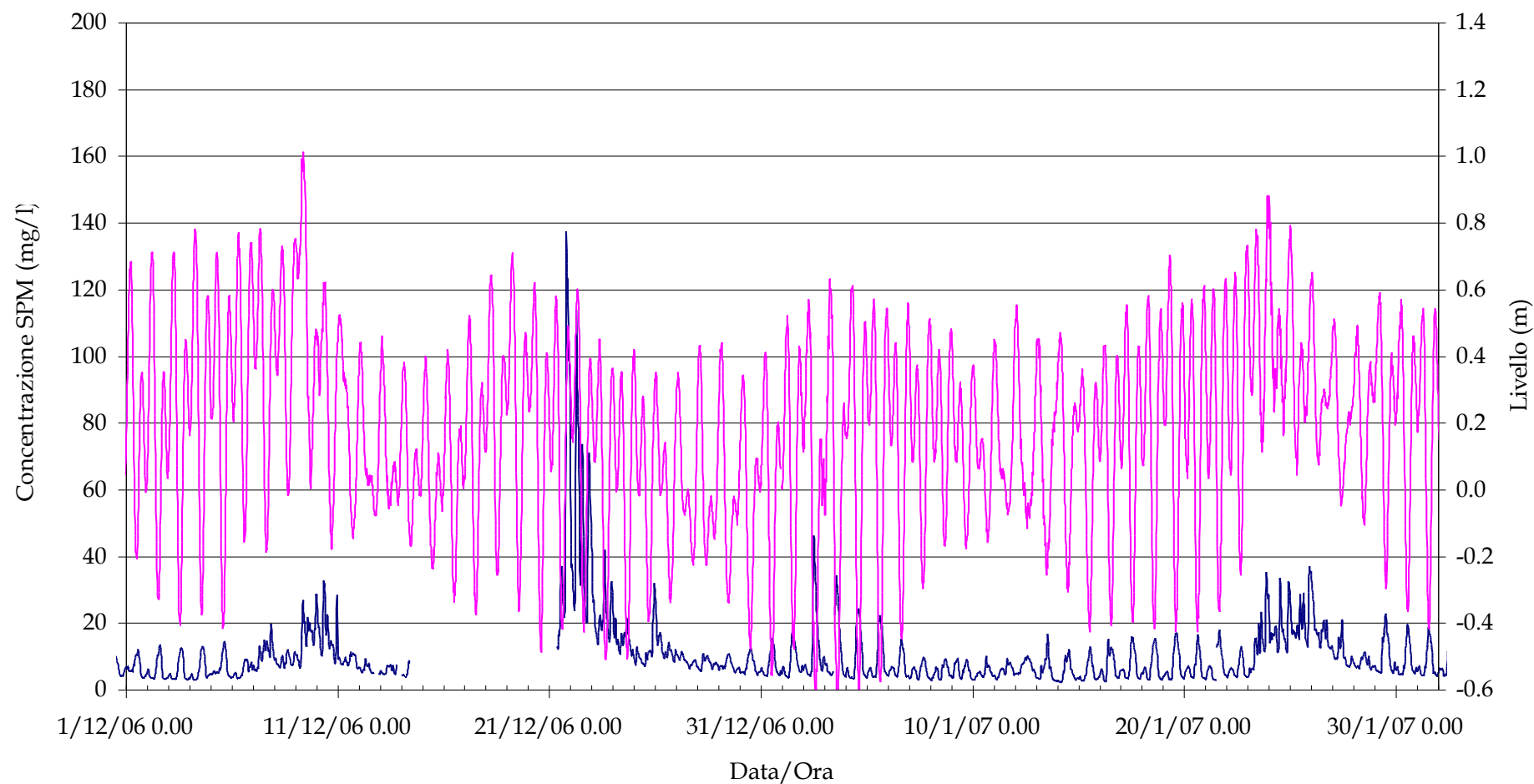
Stazione LMR-2

Figura 6.19 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR-2 nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

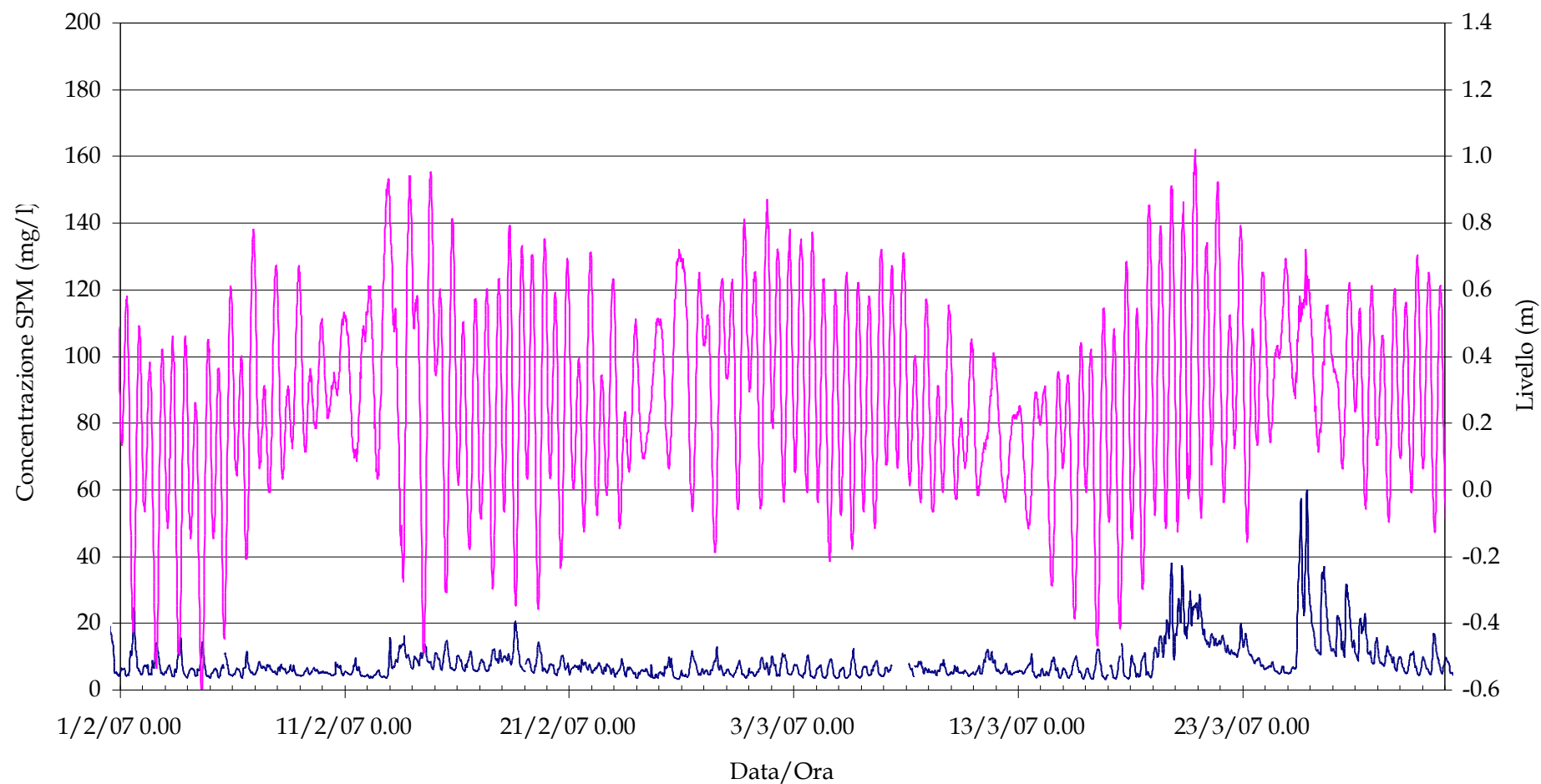
Stazione LMR-2

Figura 6.19 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR-2 nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

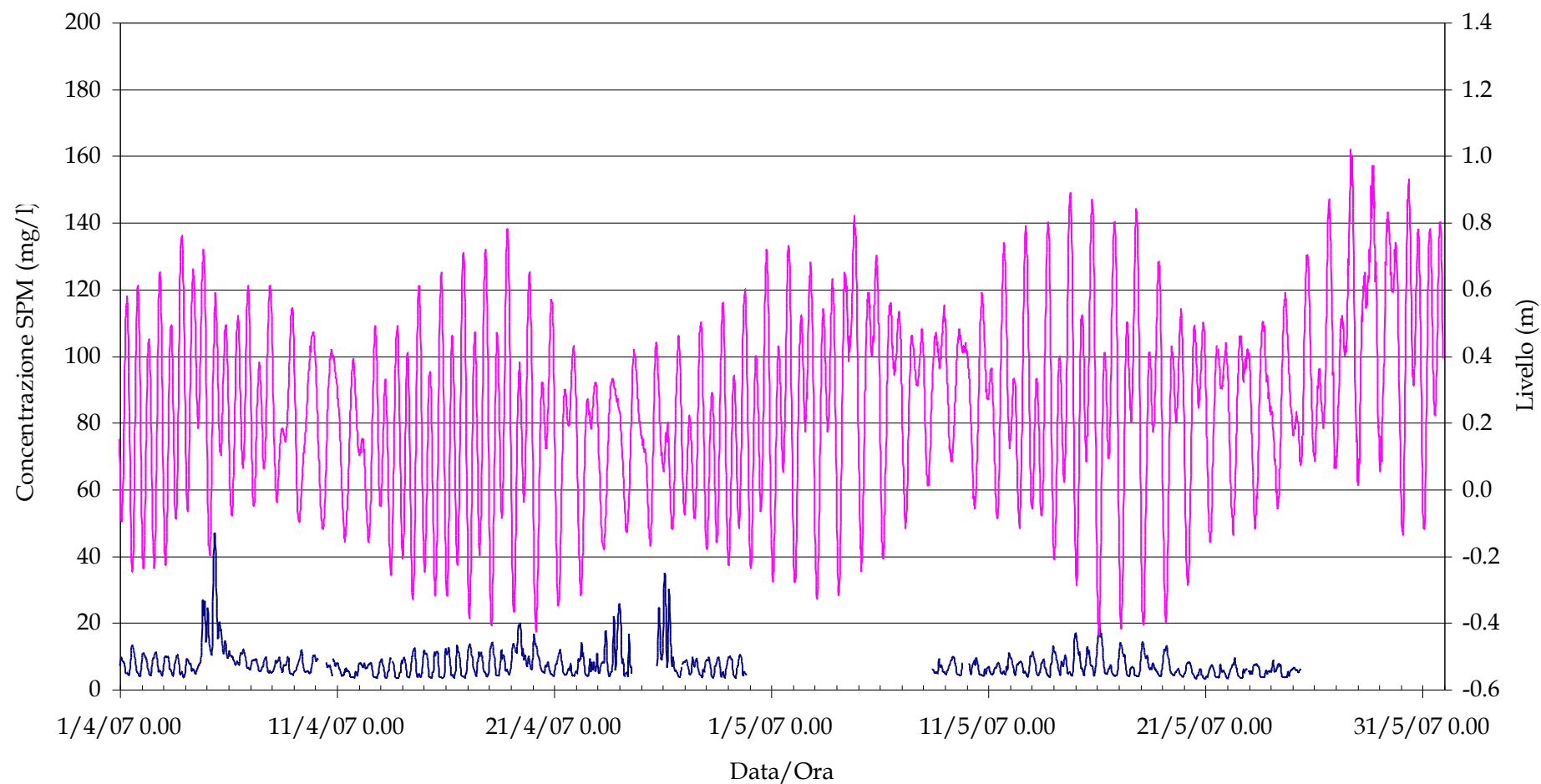
Stazione LMR-2

Figura 6.19 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR-2 nel periodo Aprile-Maggio 2006.

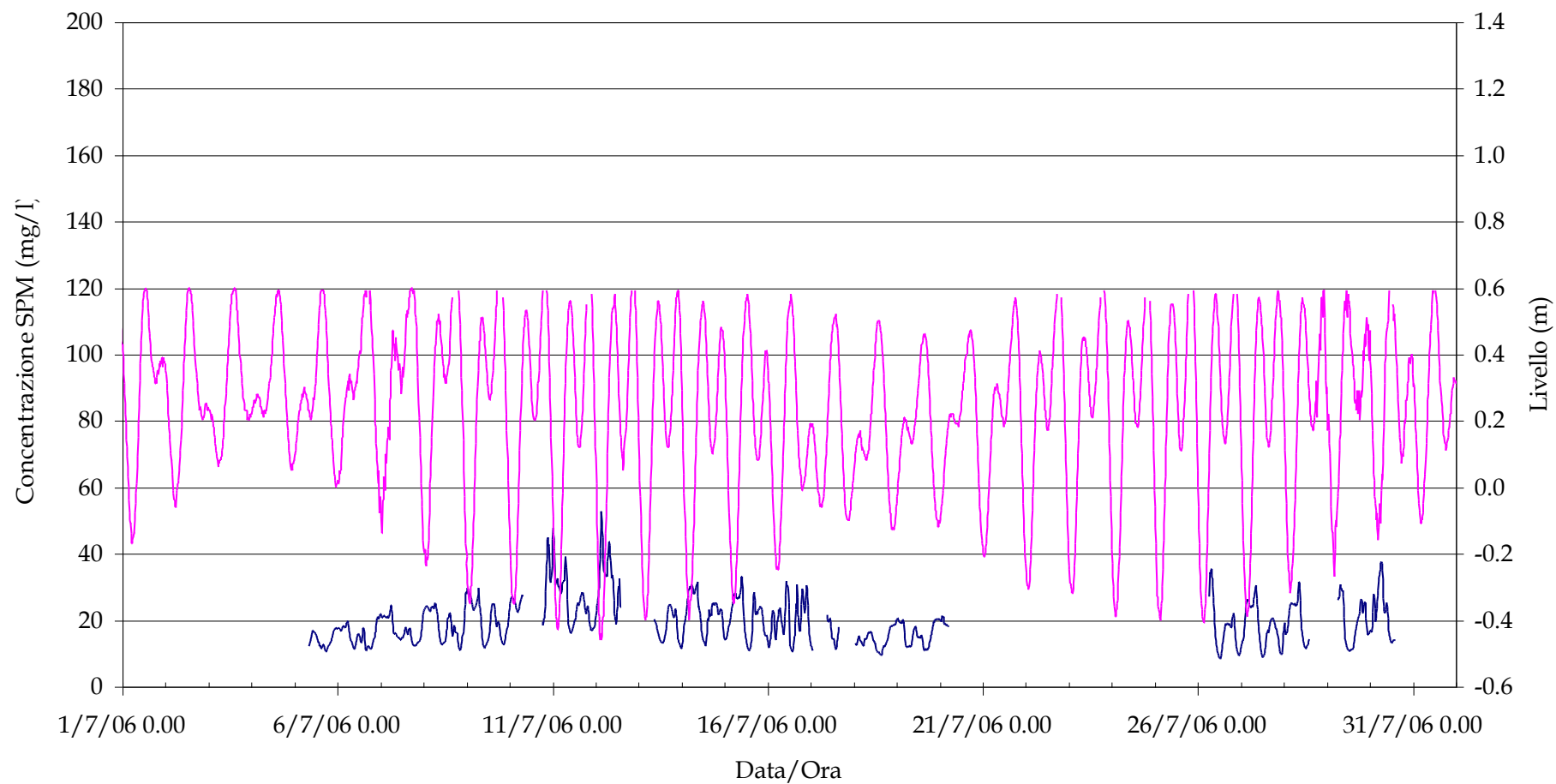
Stazione LSA

Figura 6.20 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSA nel periodo Luglio 2006

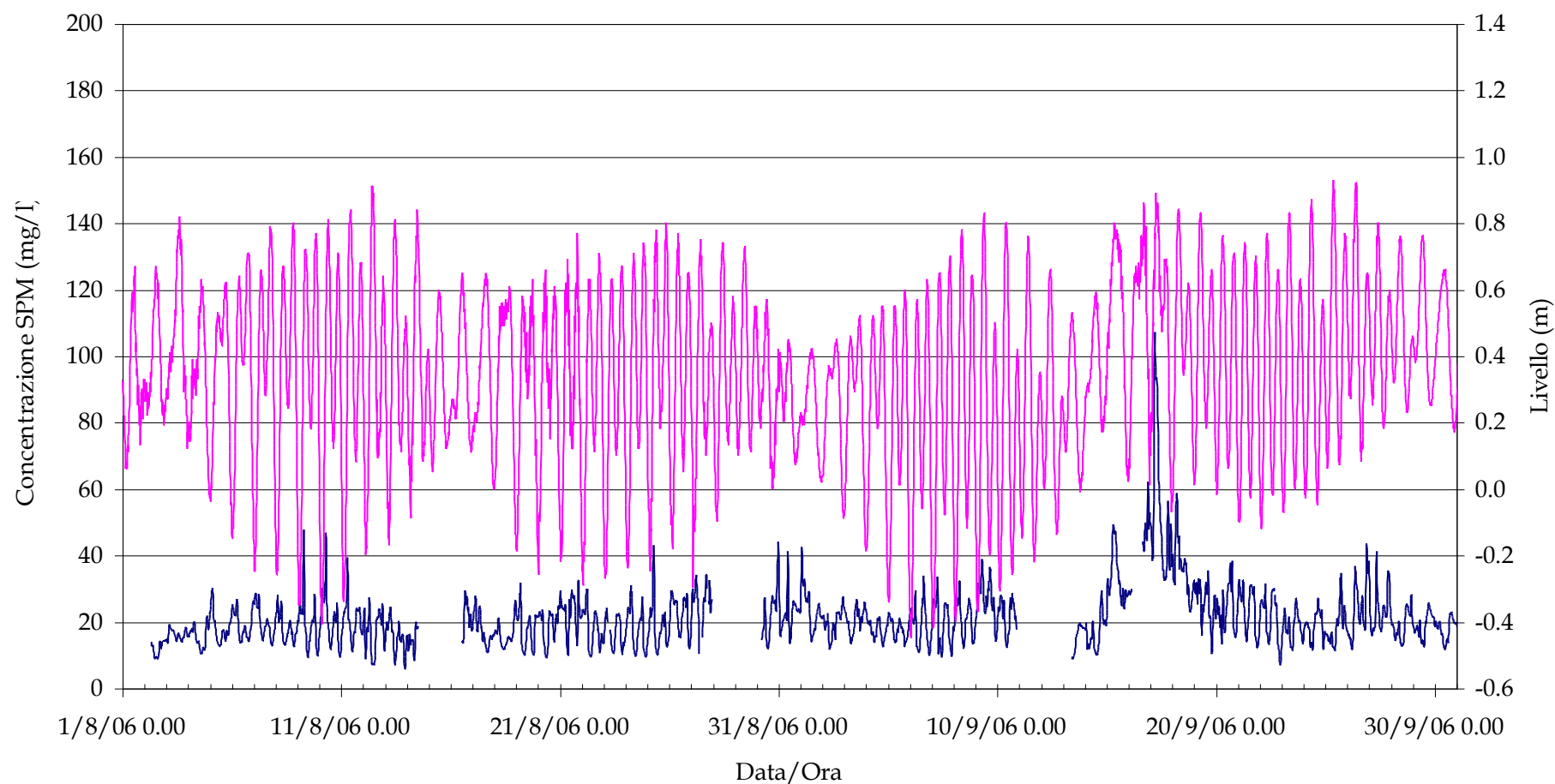
Stazione LSA

Figura 6.20 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSA nel periodo Agosto-Settembre 2006.

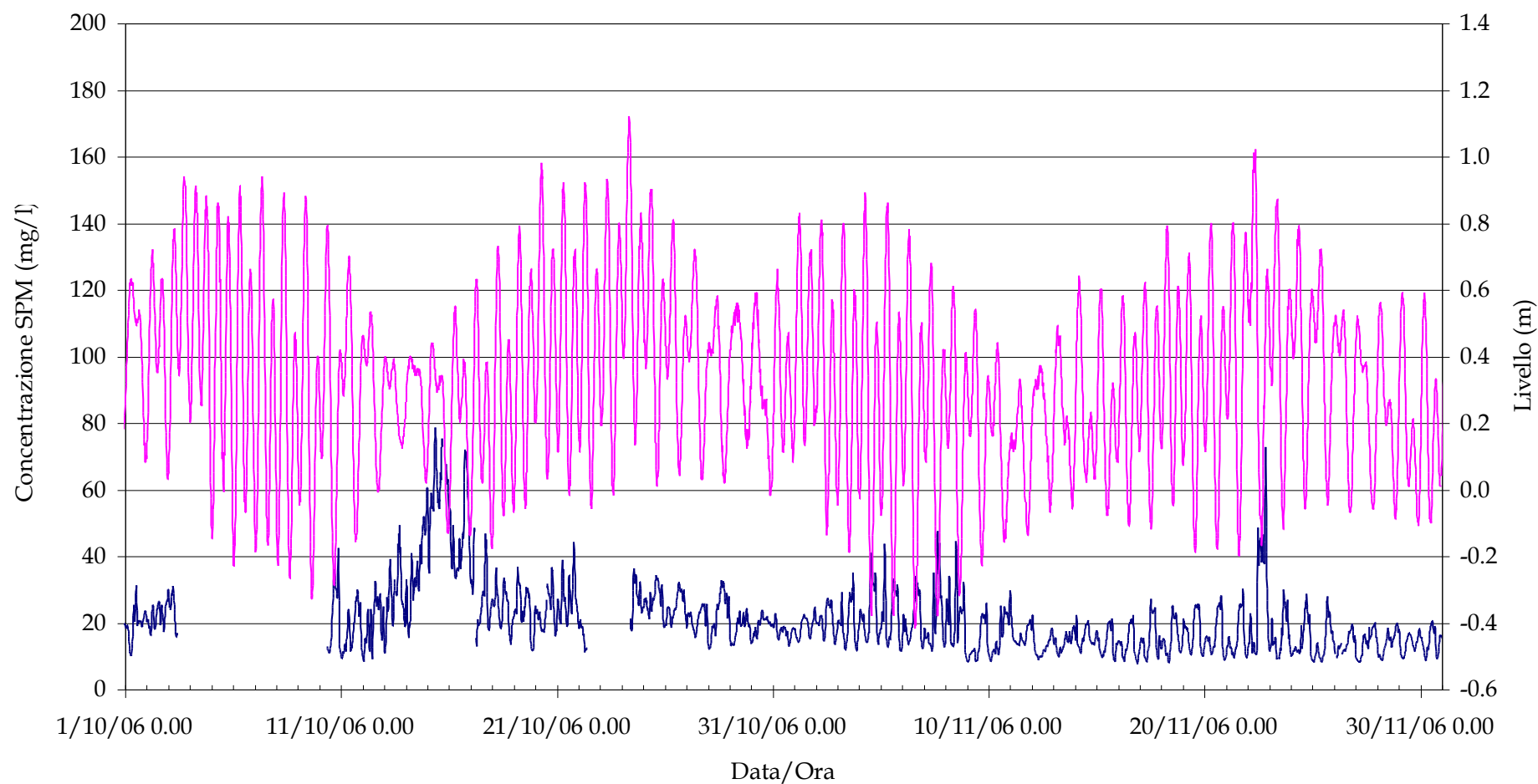
Stazione LSA

Figura 6.20 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSA nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

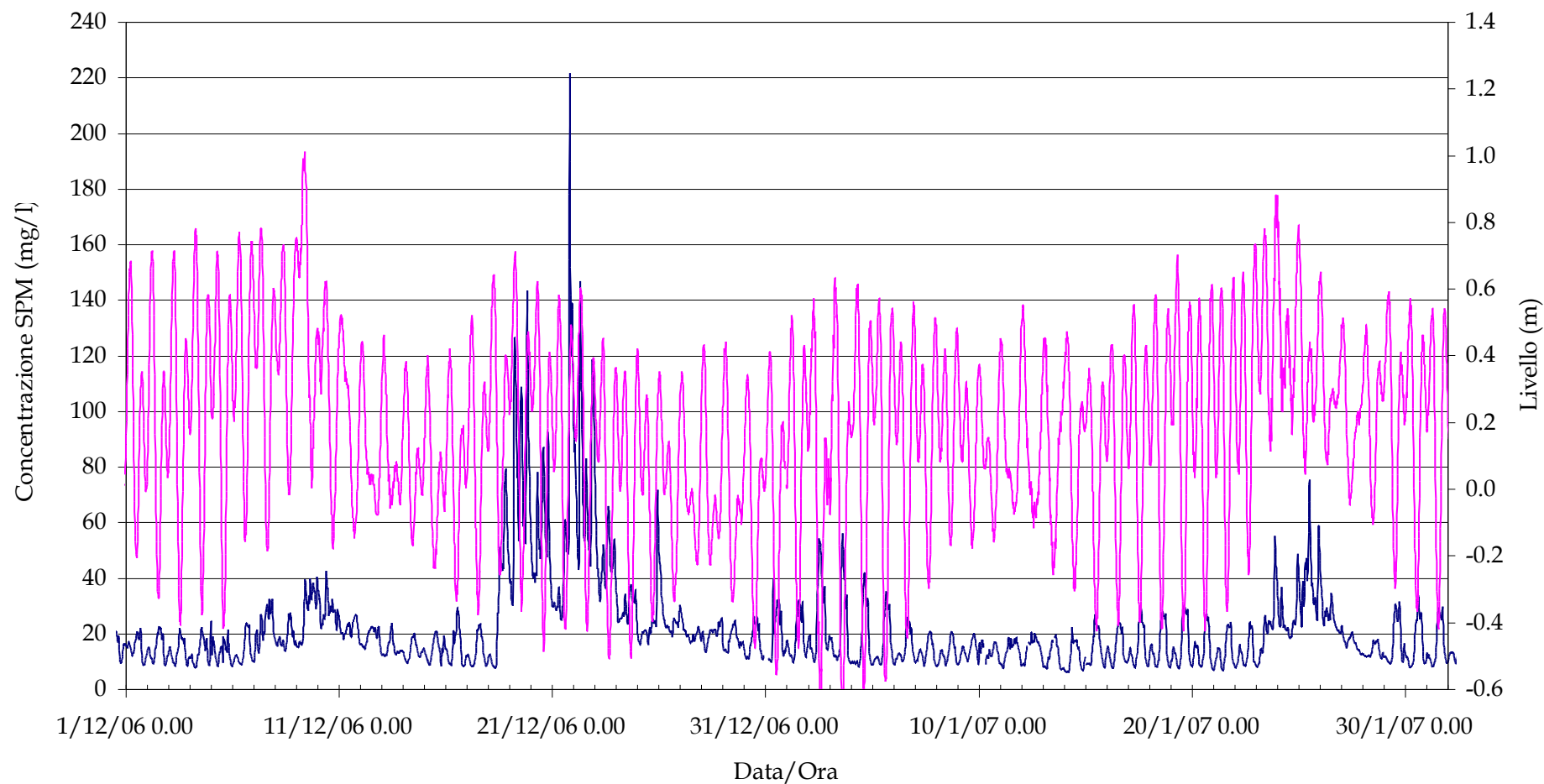
Stazione LSA

Figura 6.20 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSA nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

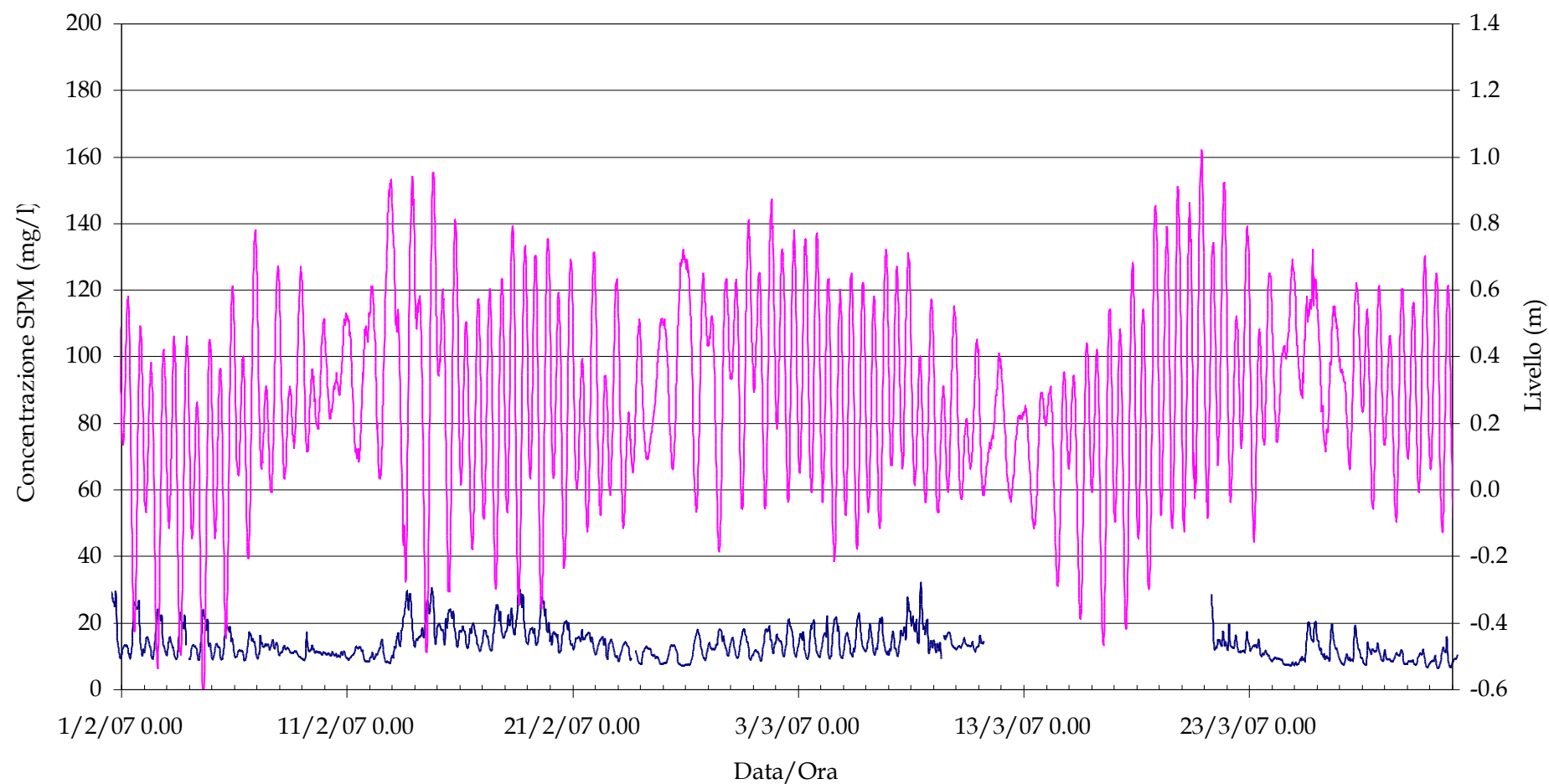
Stazione LSA

Figura 6.20 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSA nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

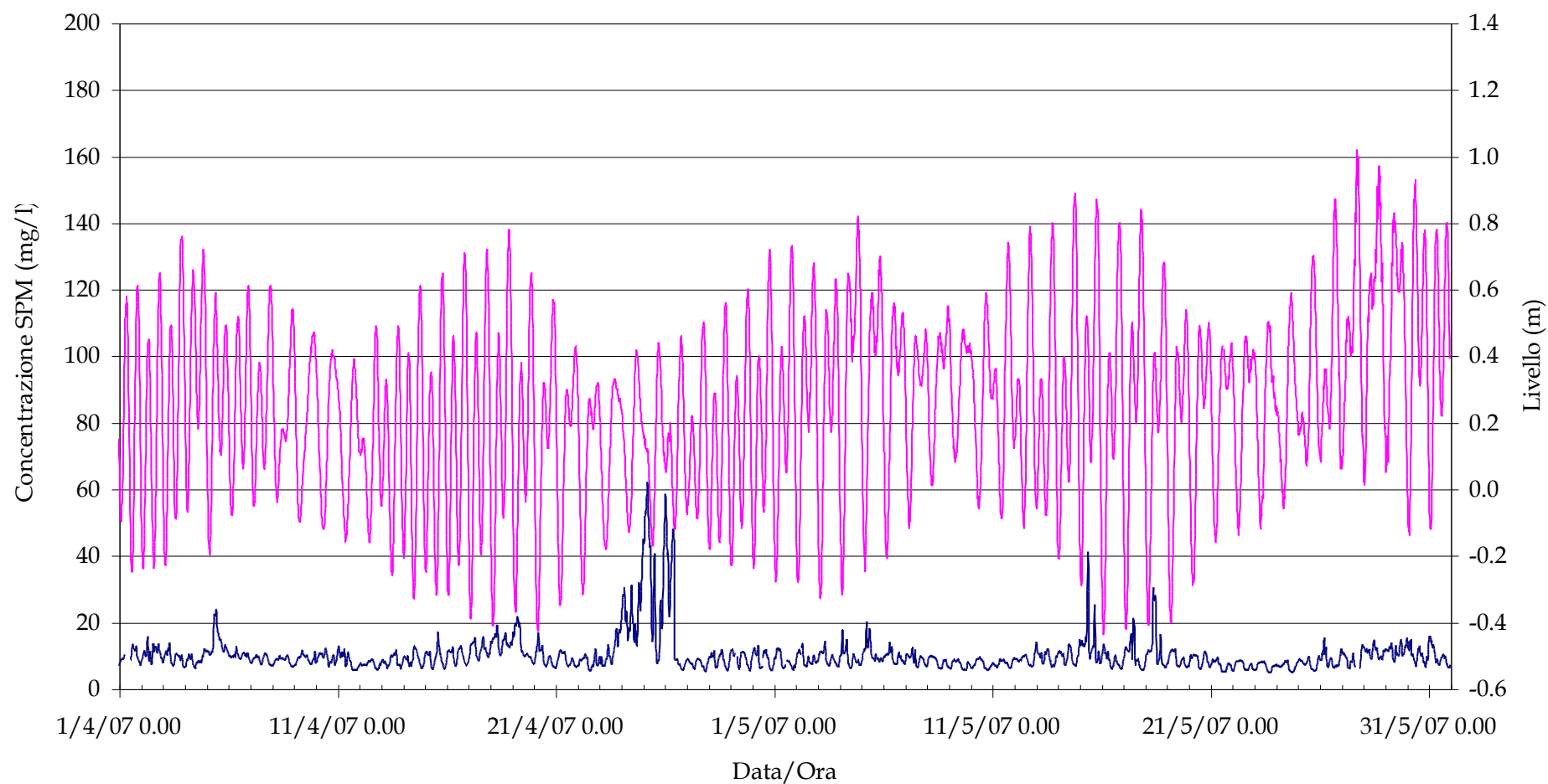
Stazione LSA

Figura 6.20 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSA nel periodo Aprile-Maggio 2006.

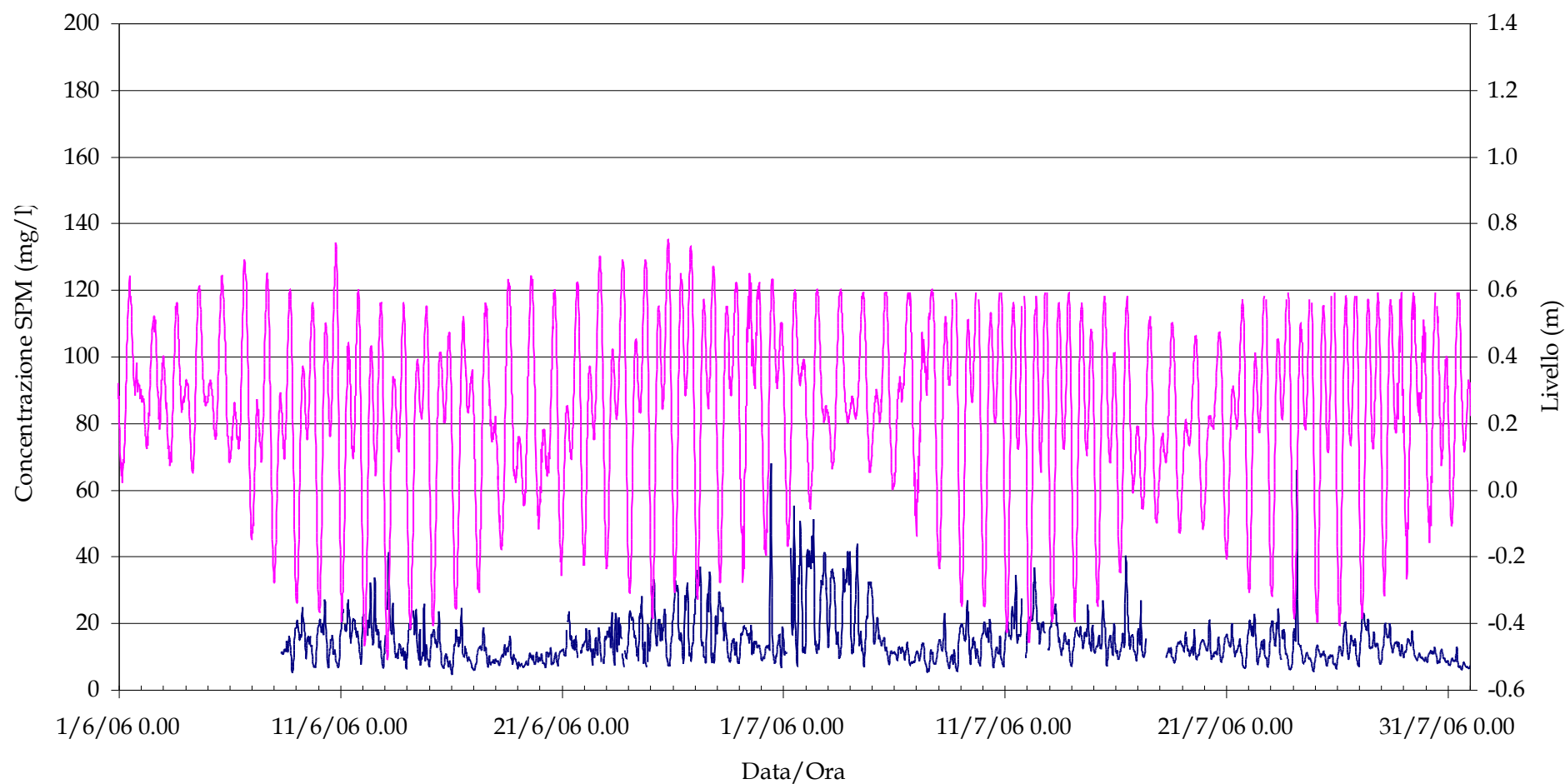
Stazione LTP

Figura 6.21 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Giugno-Luglio 2006.

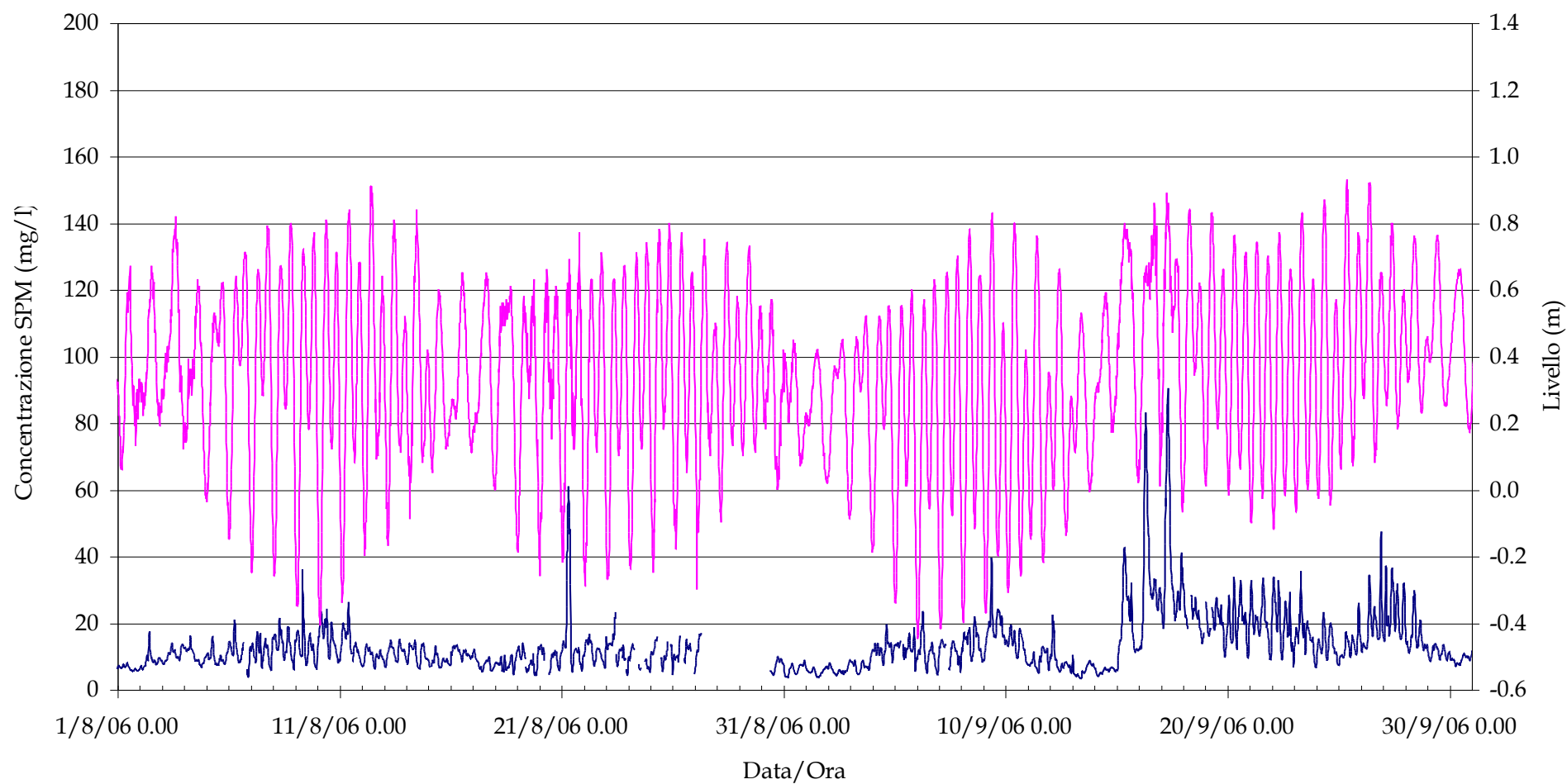
Stazione LTP

Figura 6.21 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Agosto-Settembre 2006.

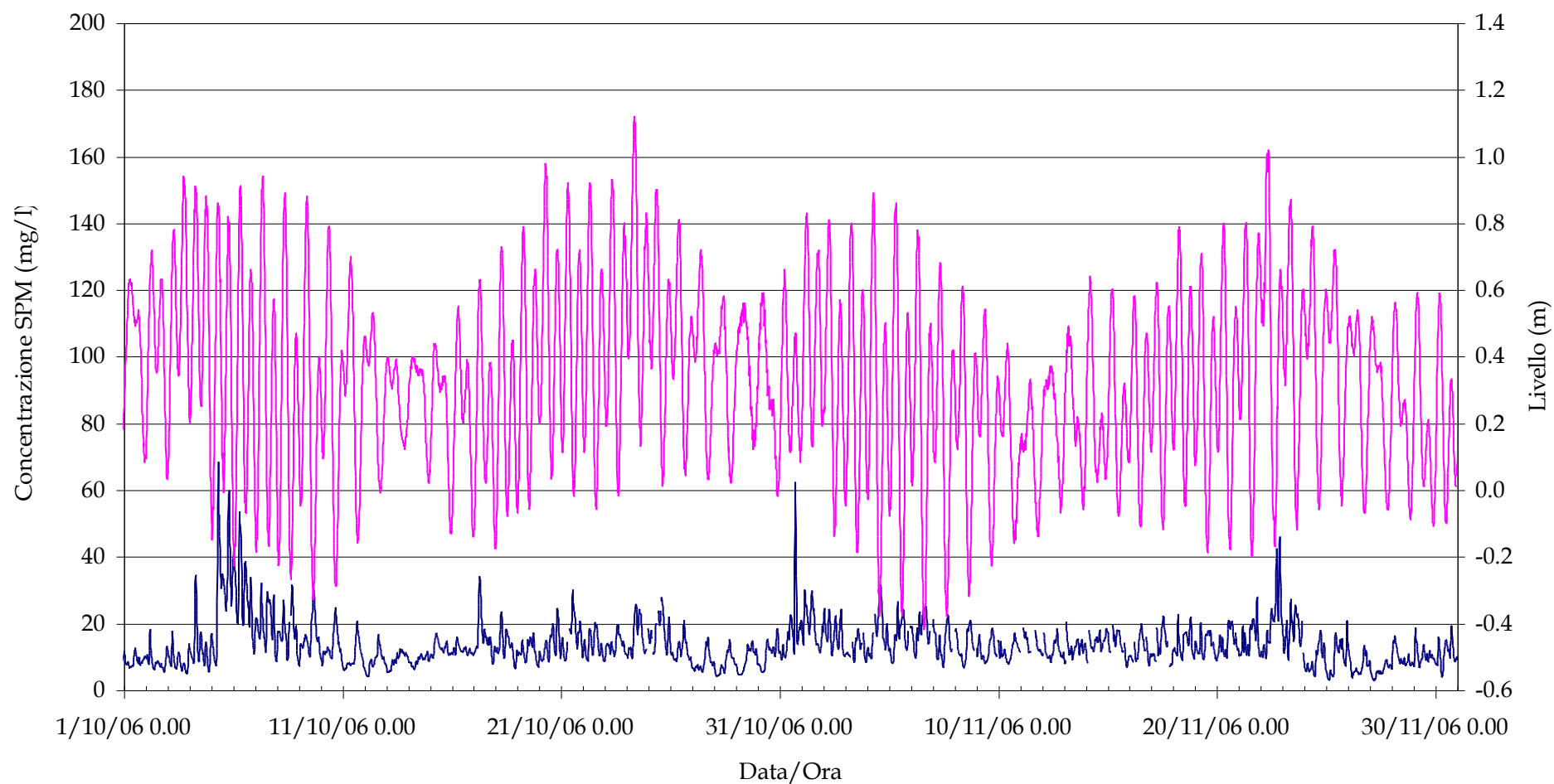
Stazione LTP

Figura 6.21 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

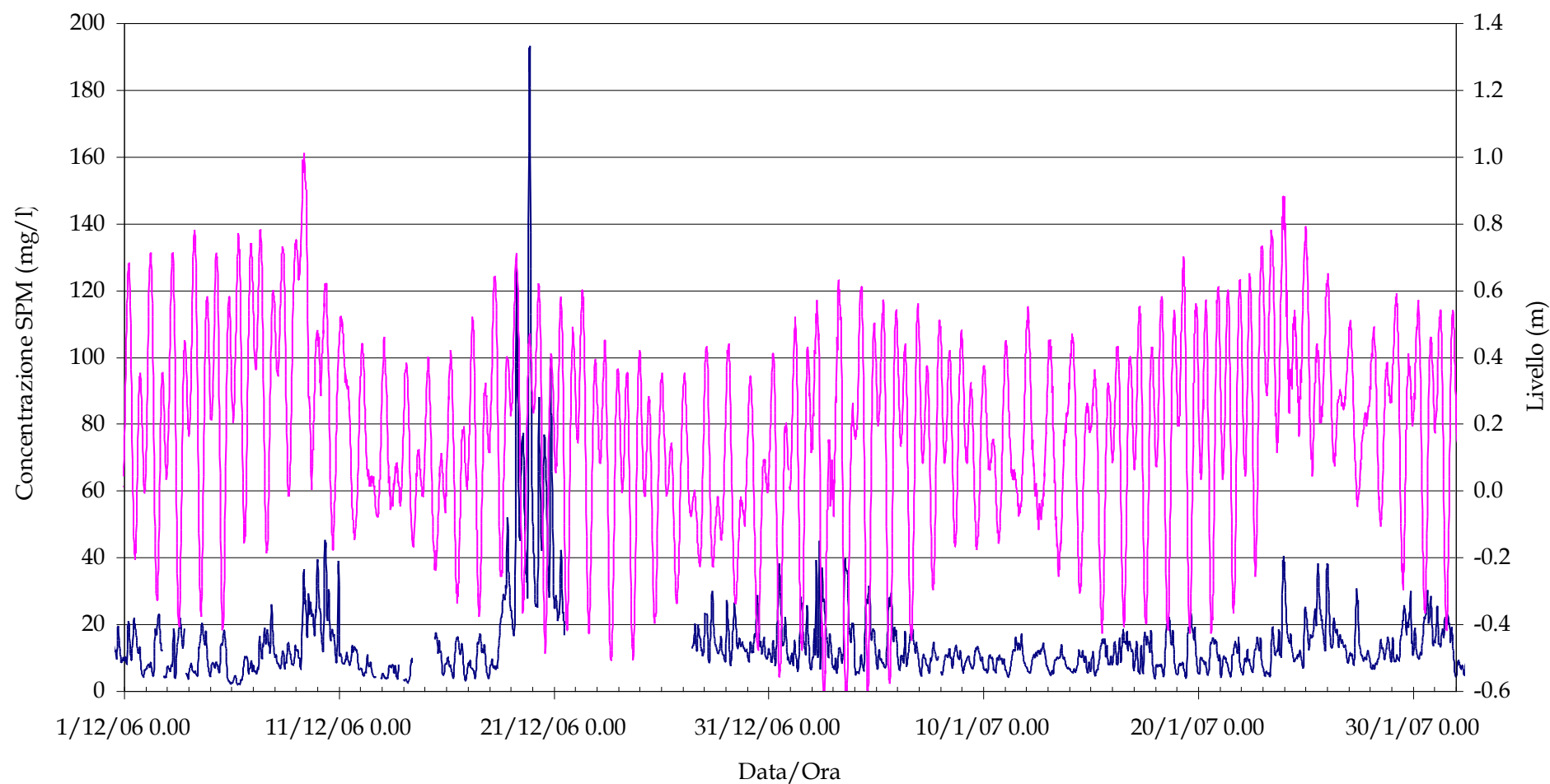
Stazione LTP

Figura 6.21 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2007.

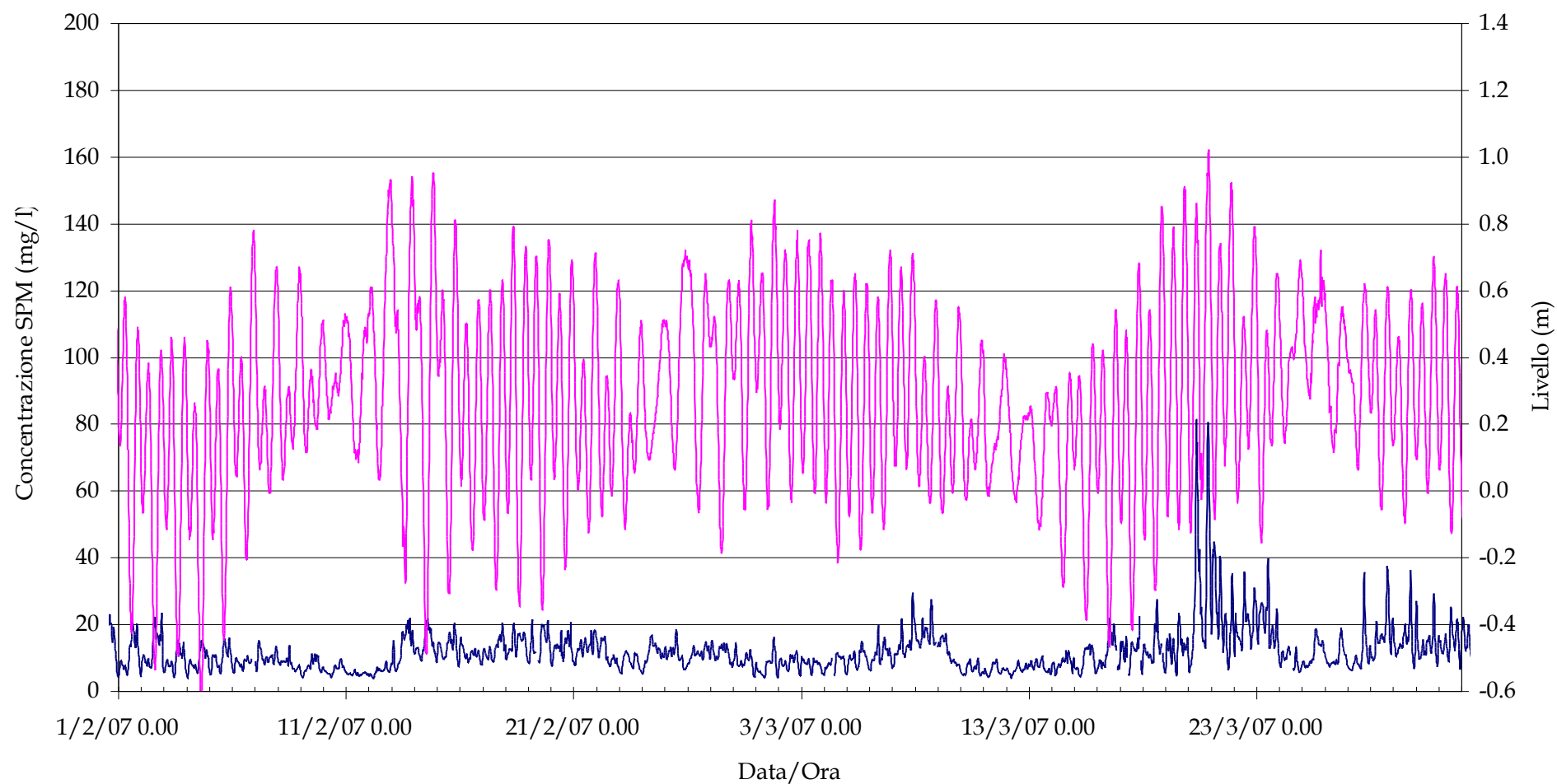
Stazione LTP

Figura 6.21 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

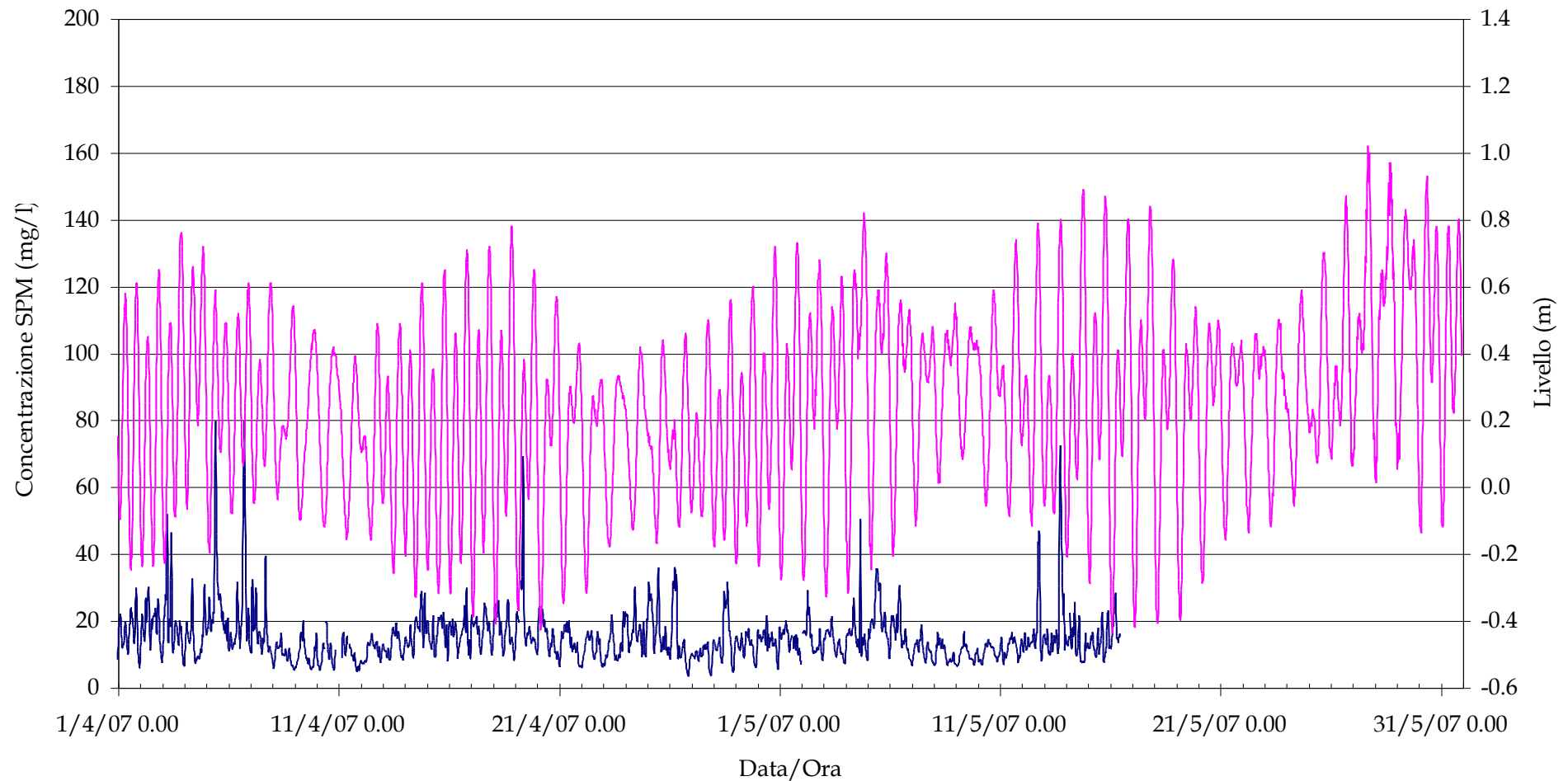
Stazione LTP

Figura 6.21 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Aprile-Maggio 2006.

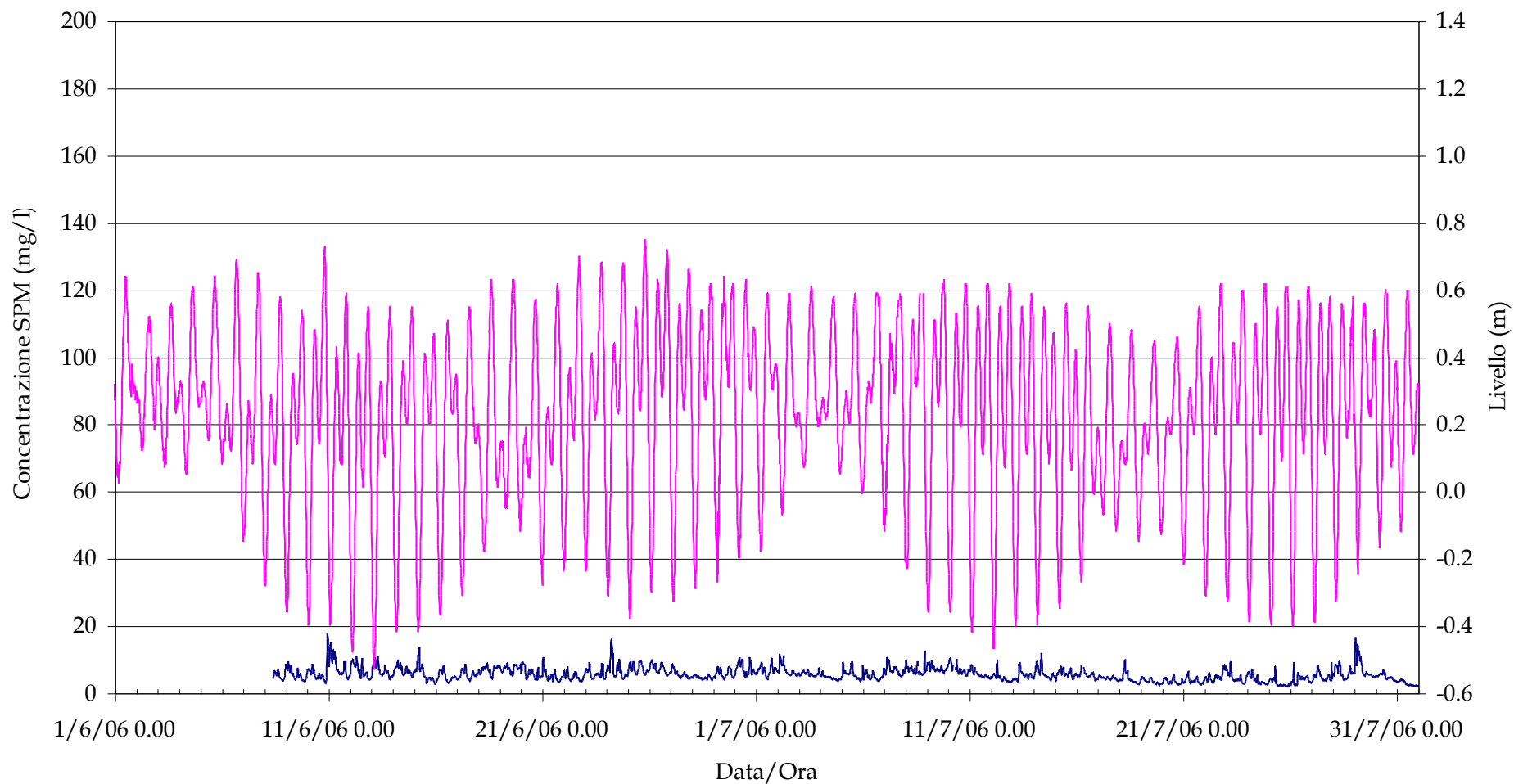
Stazione MAP

Figura 6.22 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Giugno-Luglio 2006.

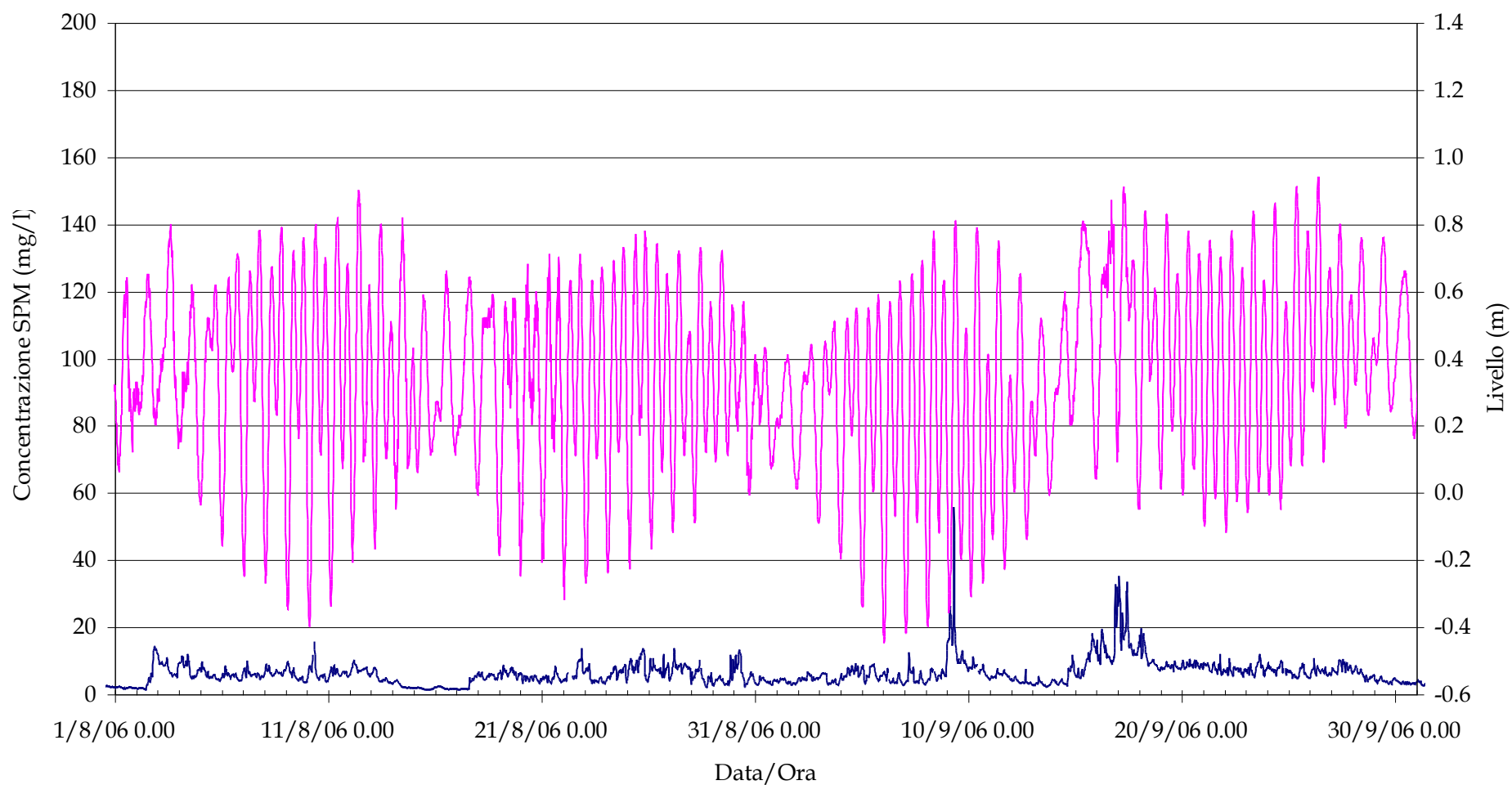
Stazione MAP

Figura 6.22 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Agosto-Settembre 2006.

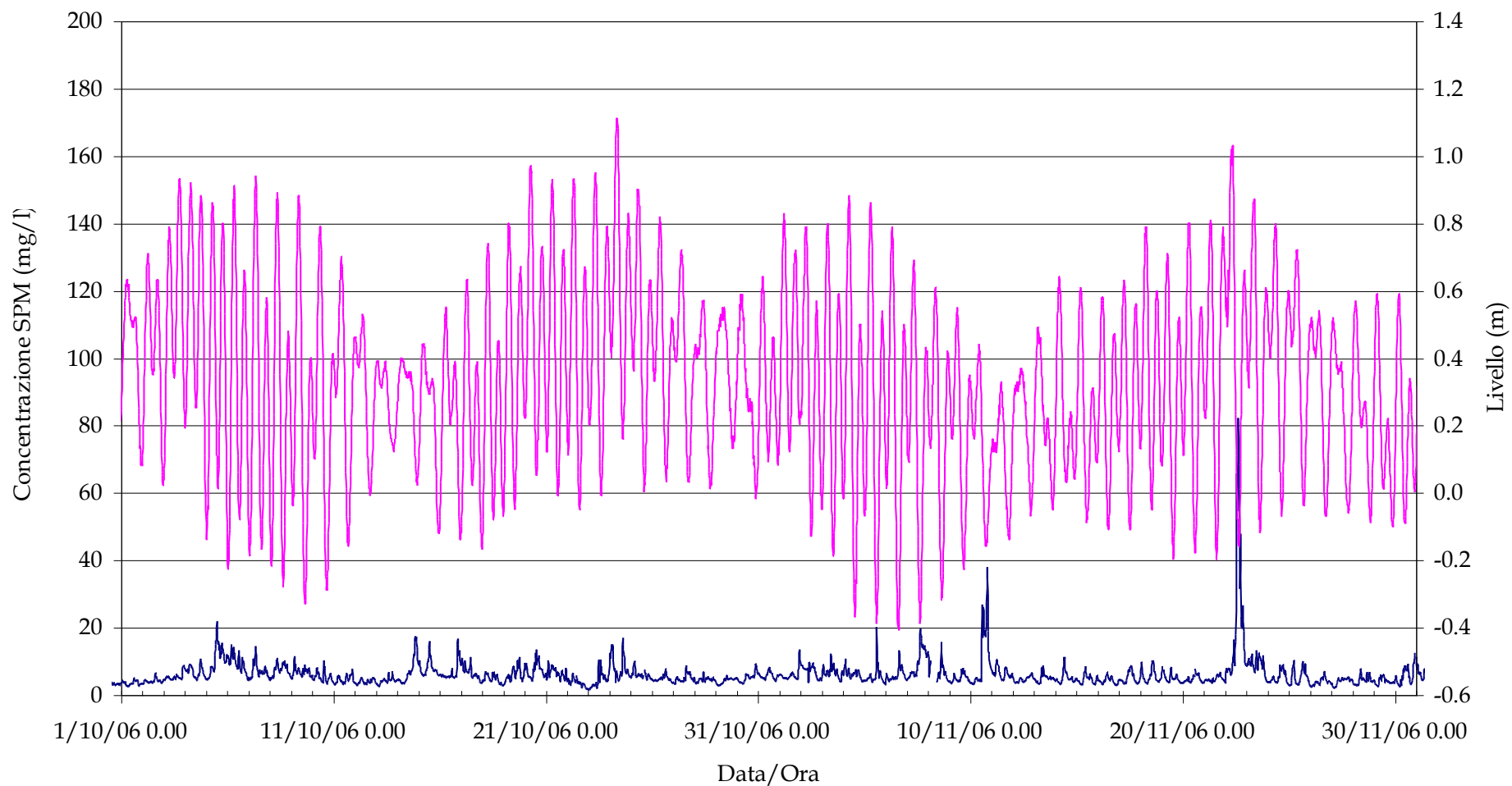
Stazione MAP

Figura 6.22 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

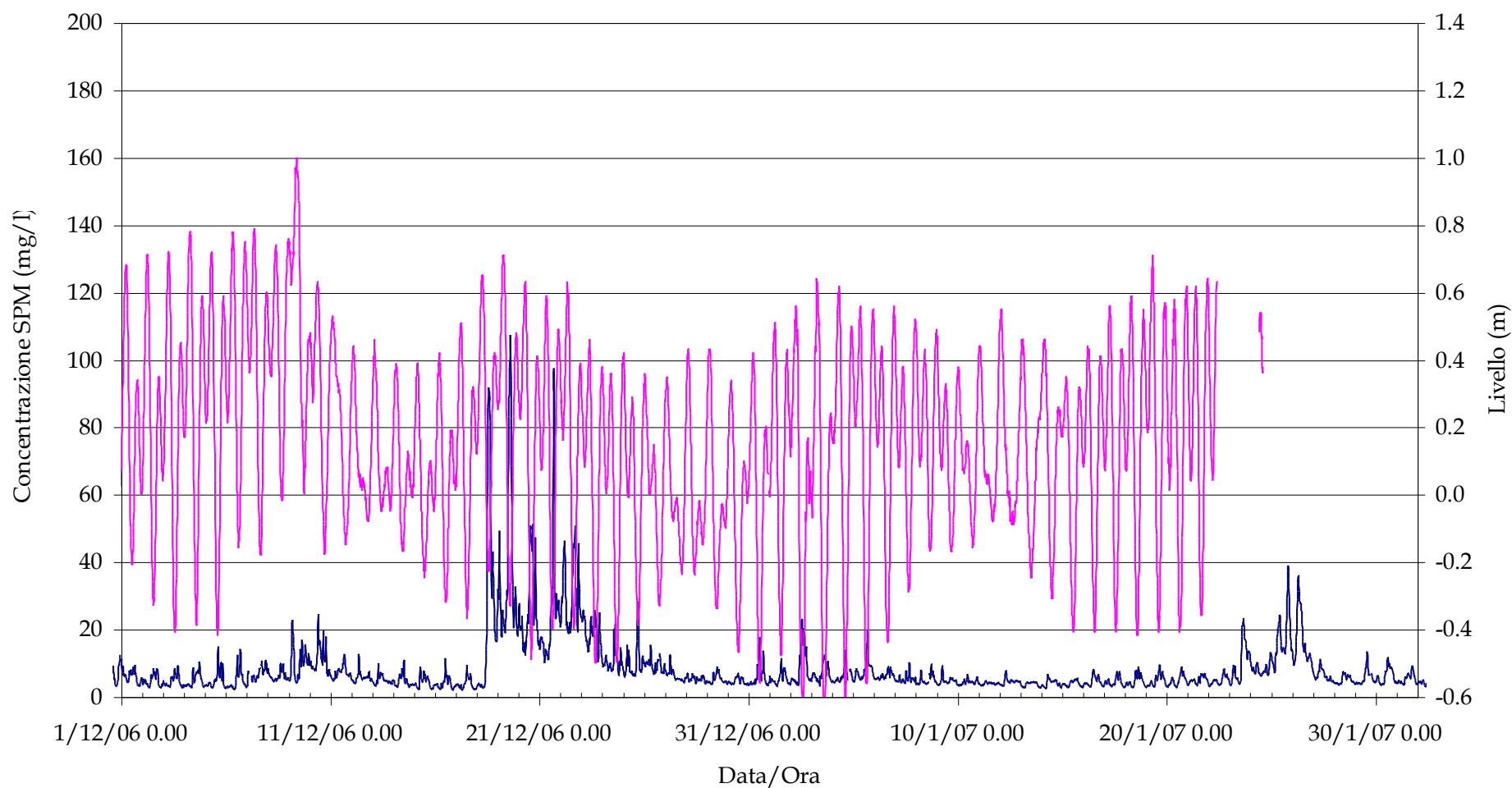
Stazione MAP

Figura 6.22 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

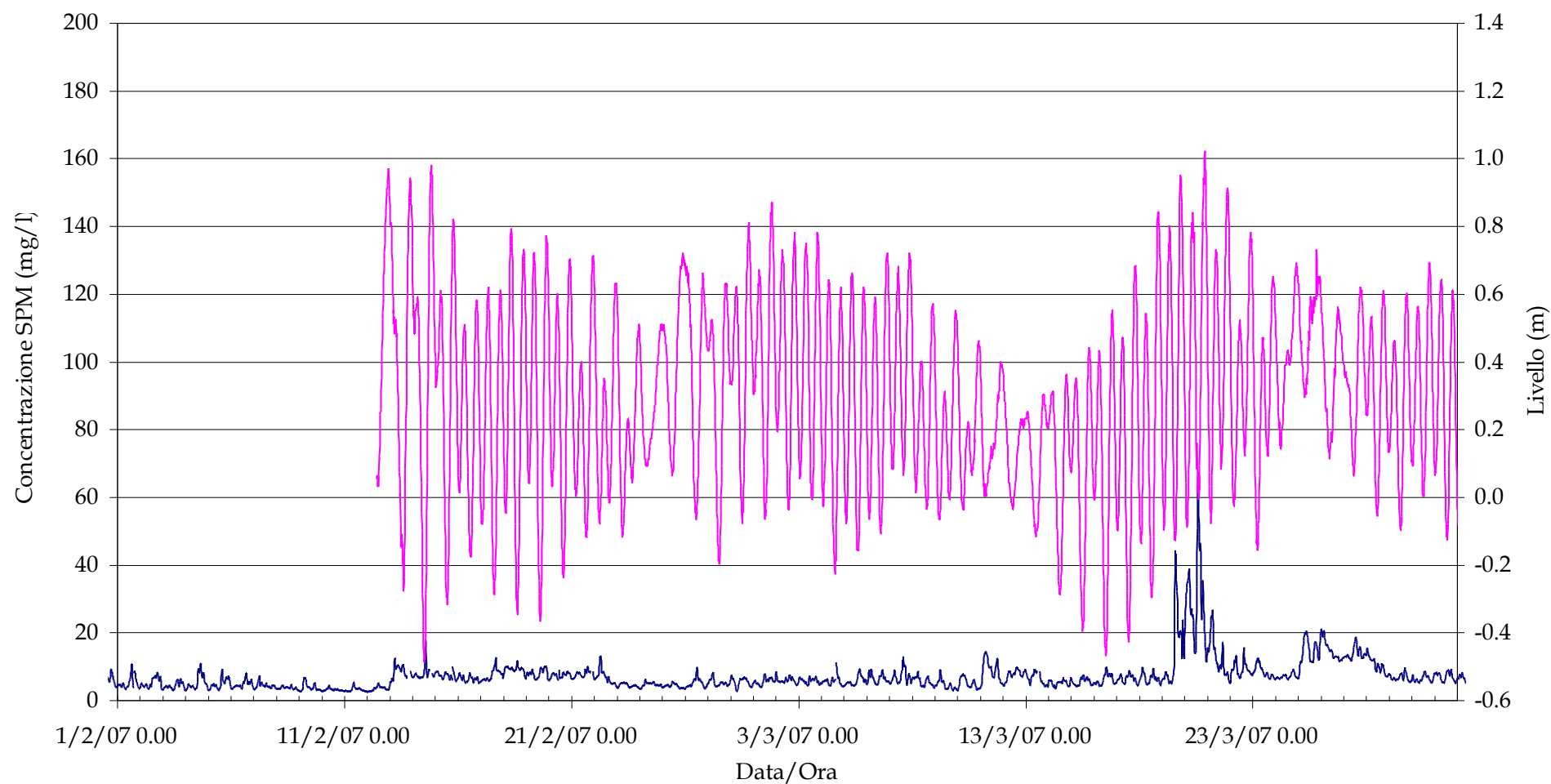
Stazione MAP

Figura 6.22 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

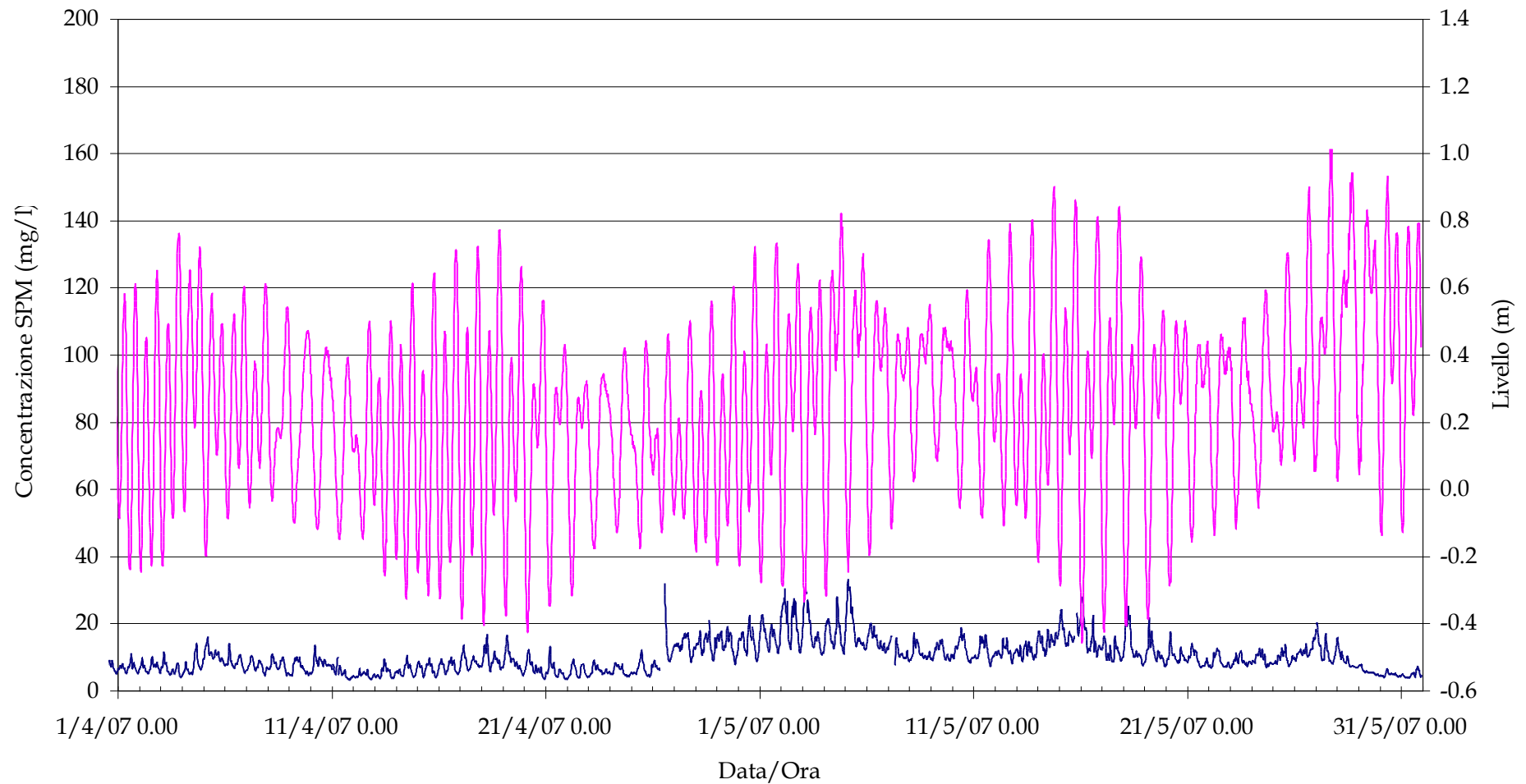
Stazione MAP

Figura 6.22 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Aprile-Maggio 2006.

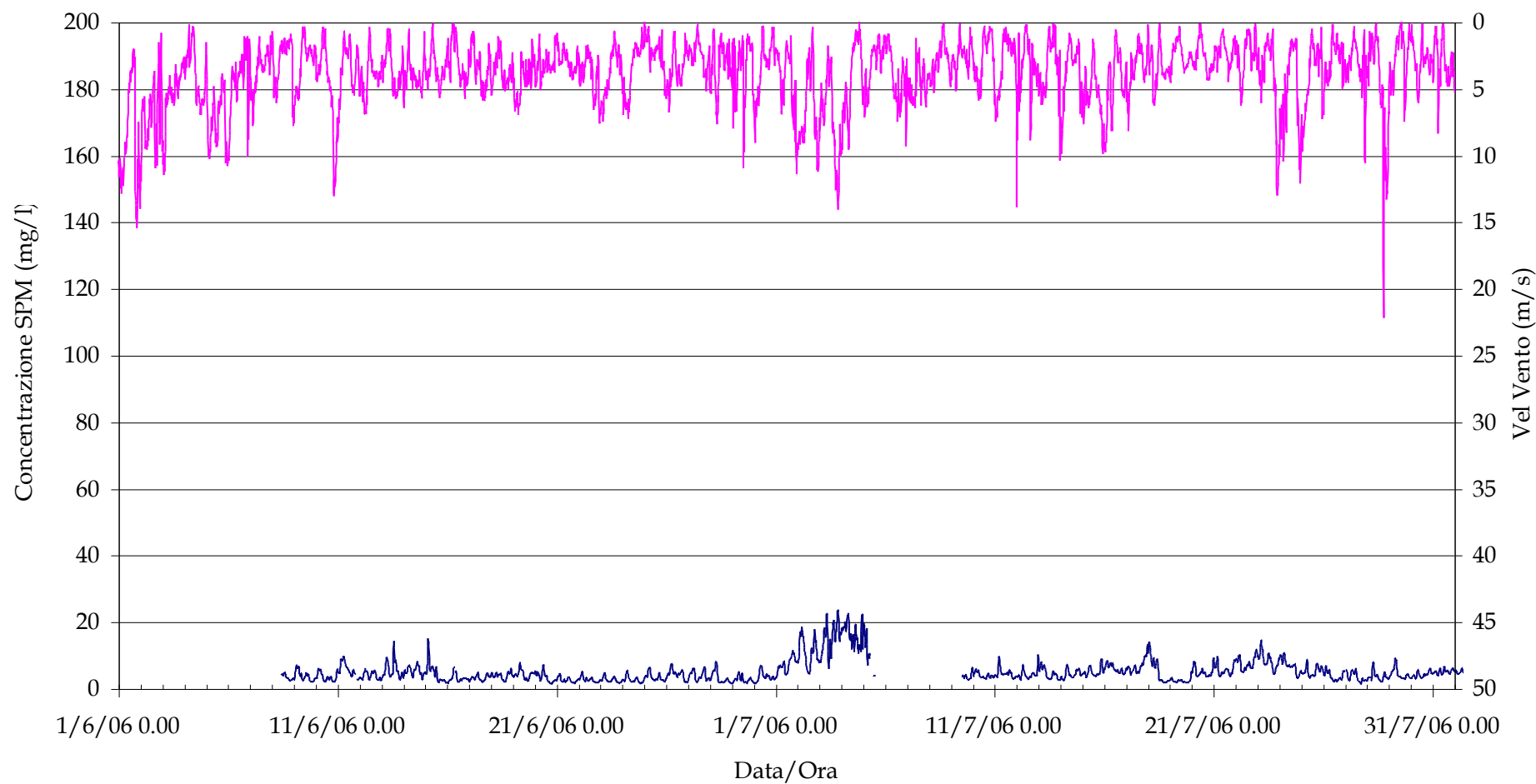
Stazione CHP

Figura 6.23 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Giugno-Luglio 2006.

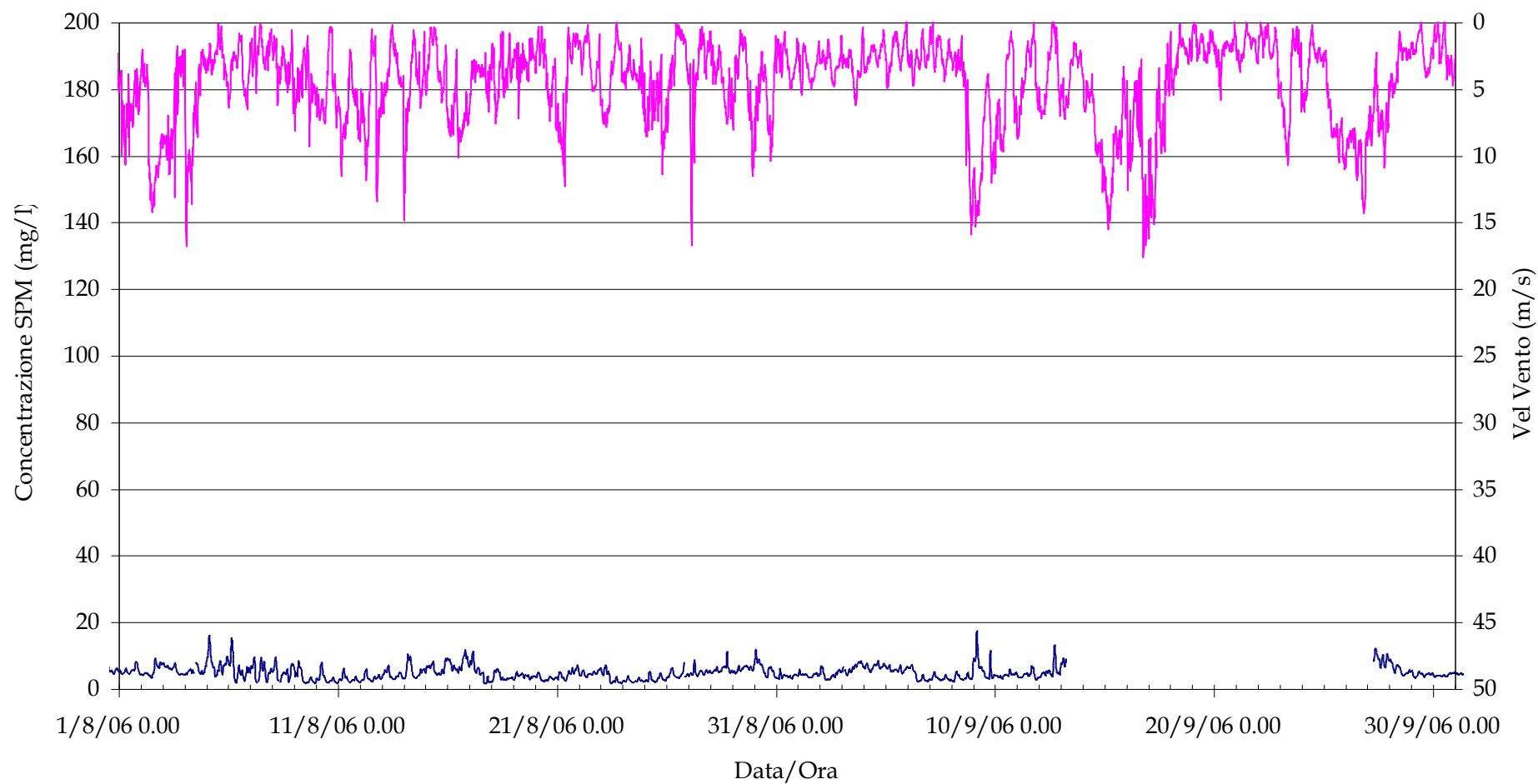
Stazione CHP

Figura 6.23 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Agosto-Settembre 2006.

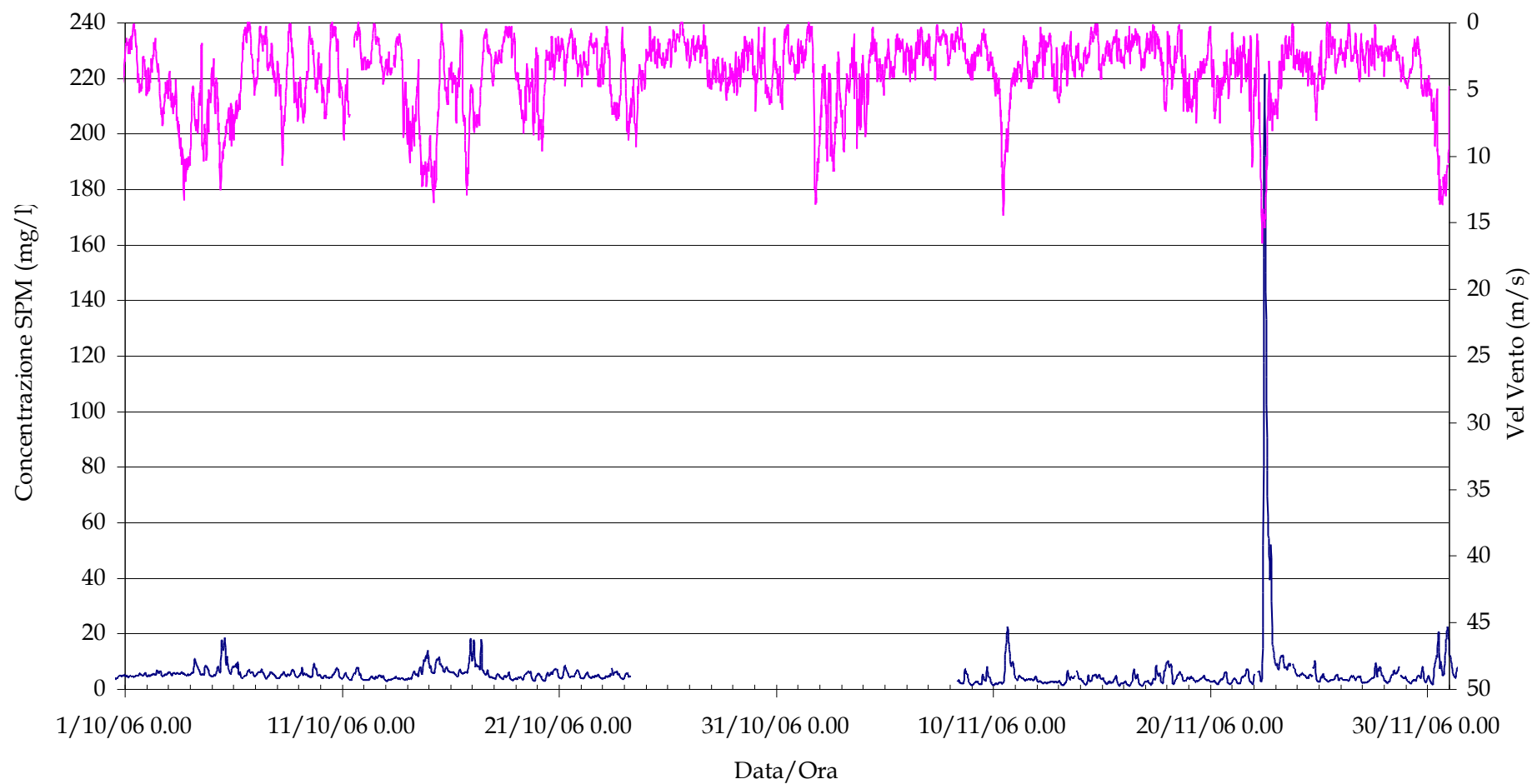
Stazione CHP

Figura 6.23 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

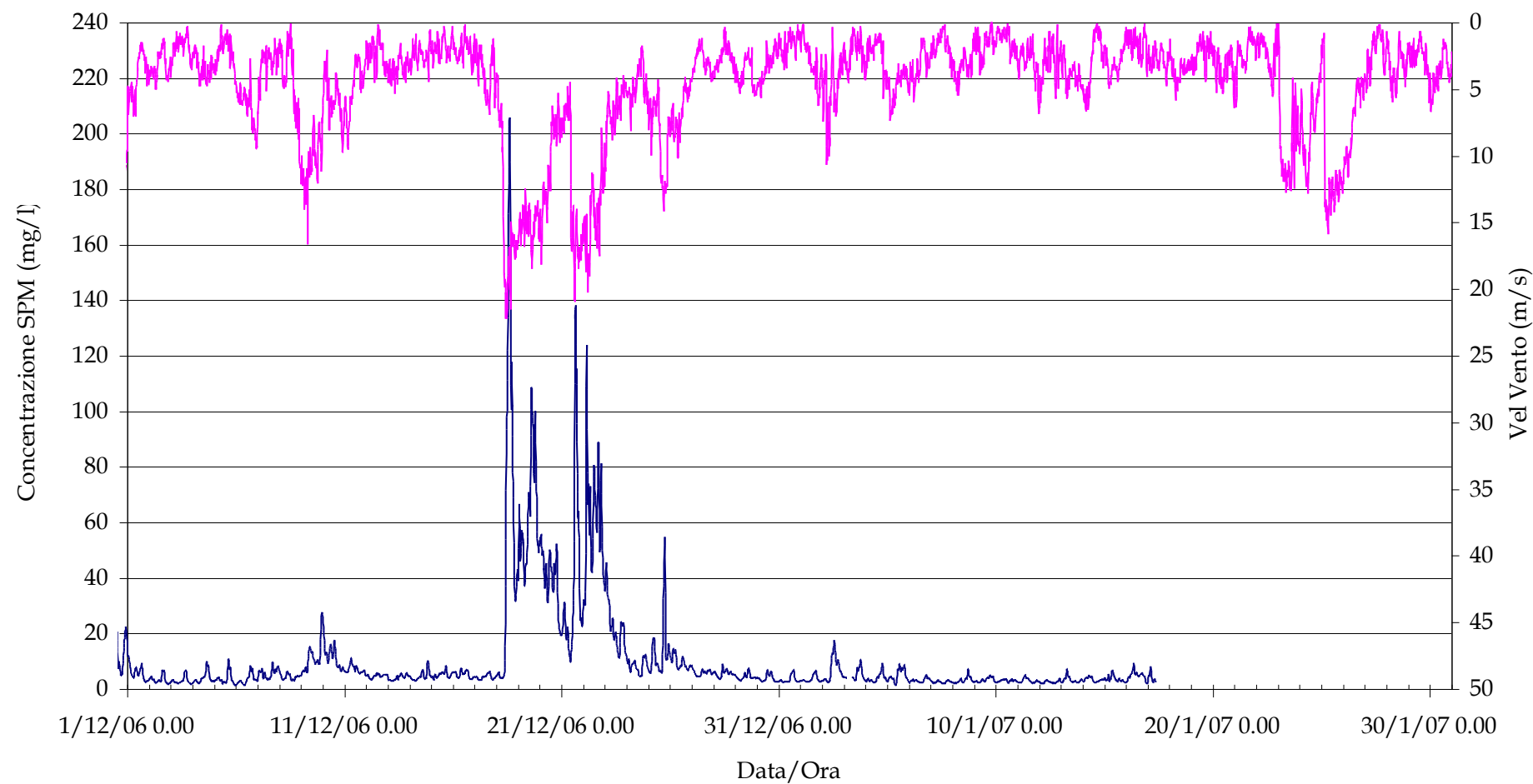
Stazione CHP

Figura 6.23 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

Stazione CHP

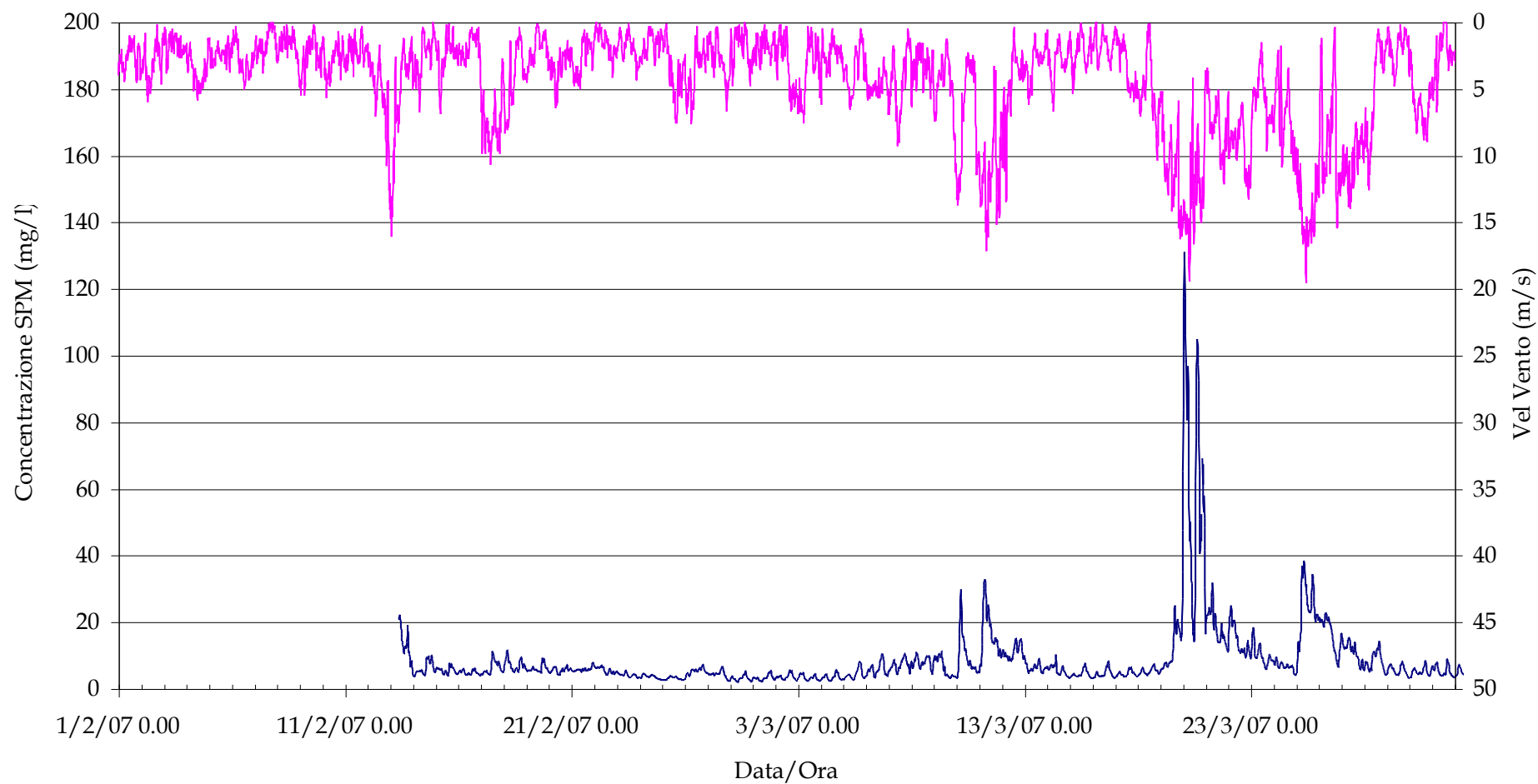


Figura 6.23 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

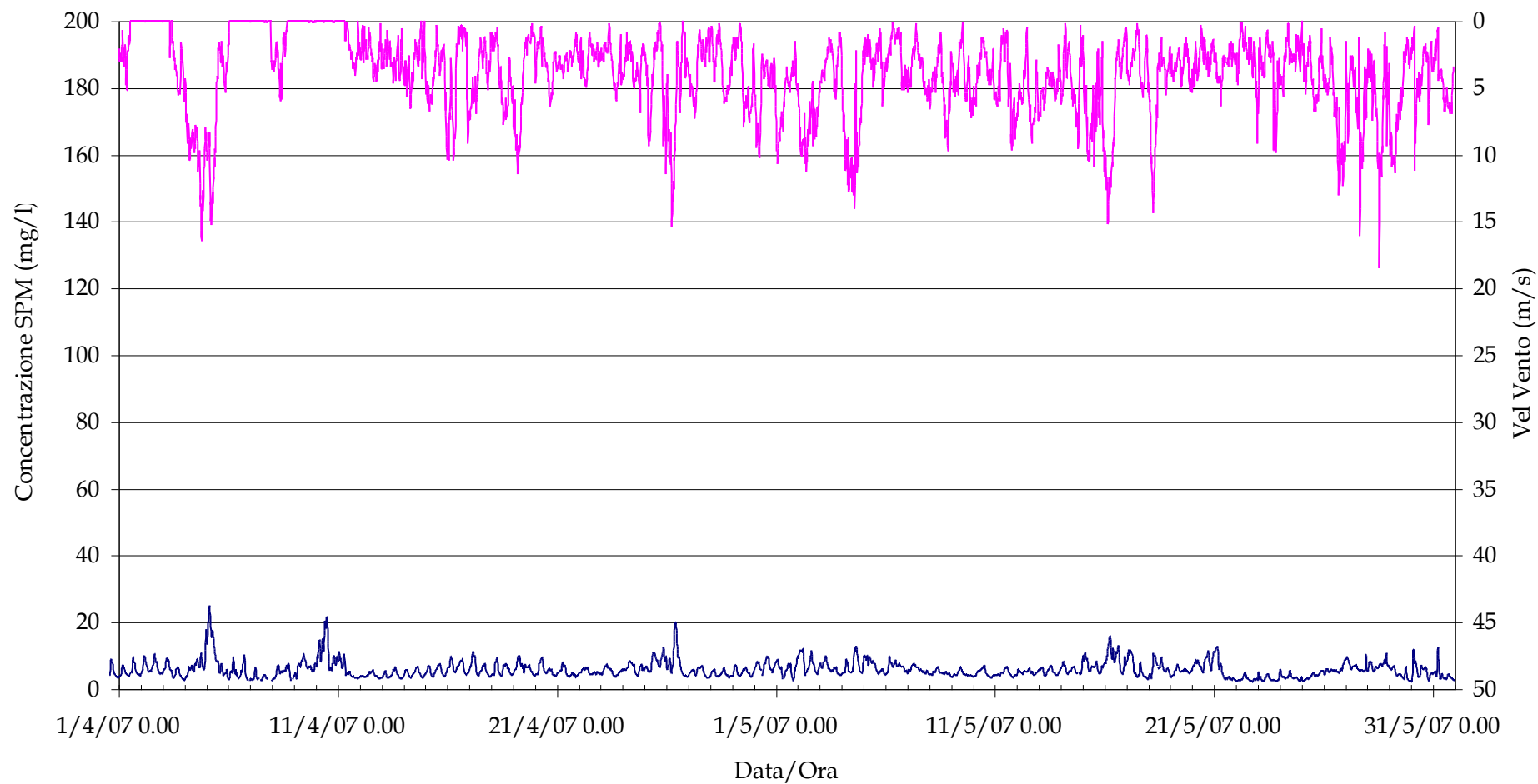
Stazione CHP

Figura 6.23 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Aprile-Maggio 2006.

Stazione LIM

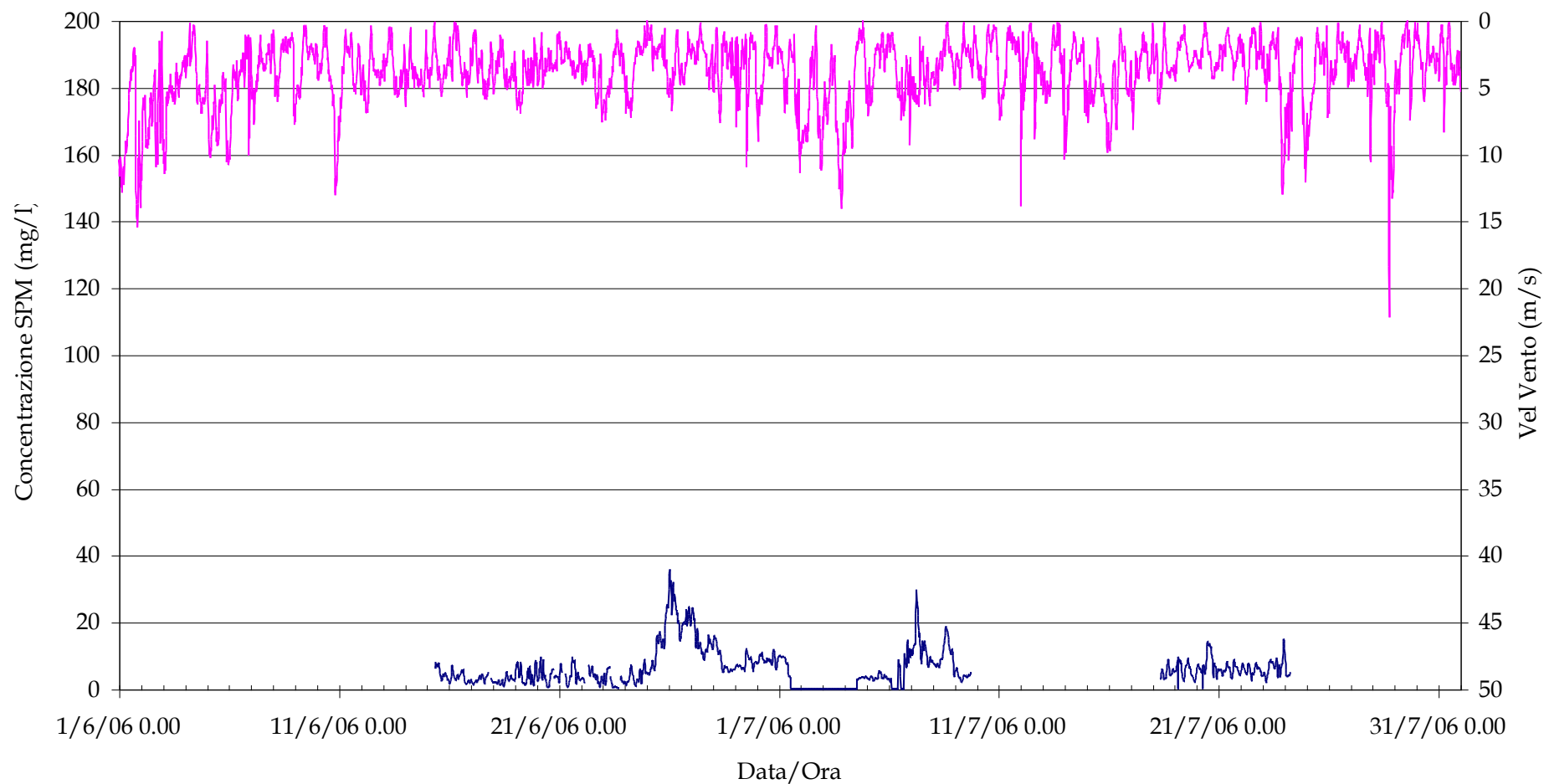


Figura 6.24 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Giugno-Luglio 2006.

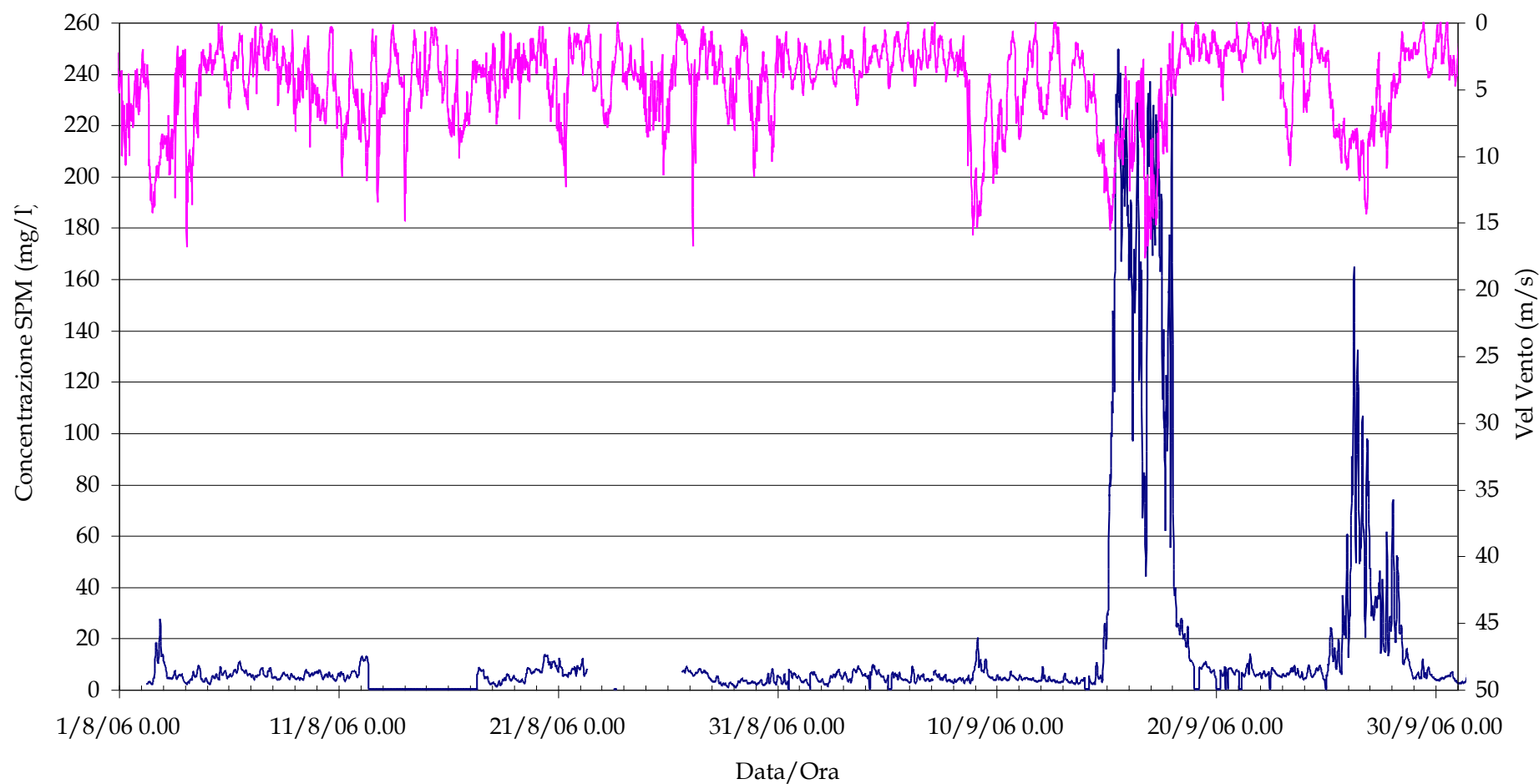
Stazione LIM

Figura 6.24 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Agosto-Settembre 2006.

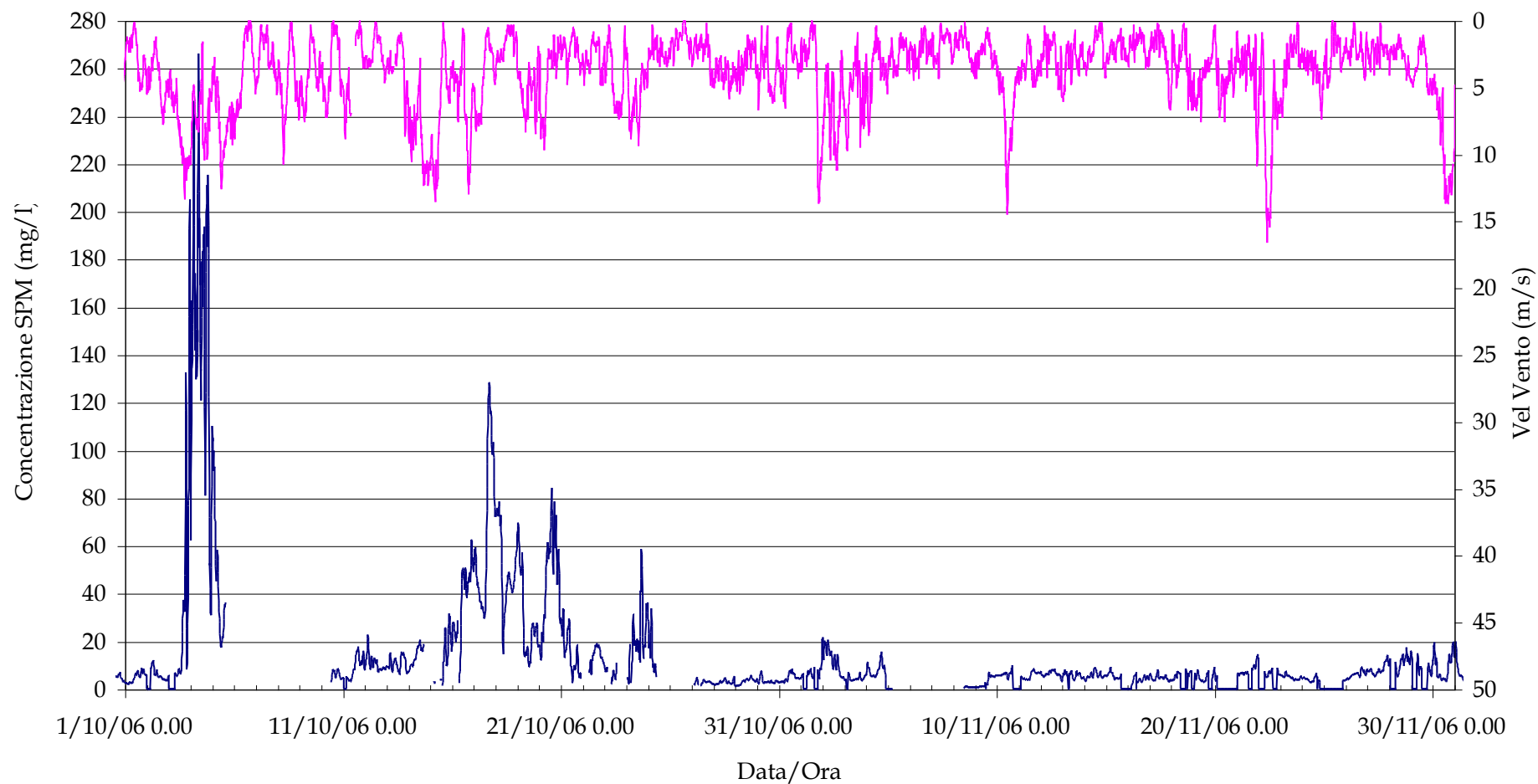
Stazione LIM

Figura 6.24 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

Stazione LIM

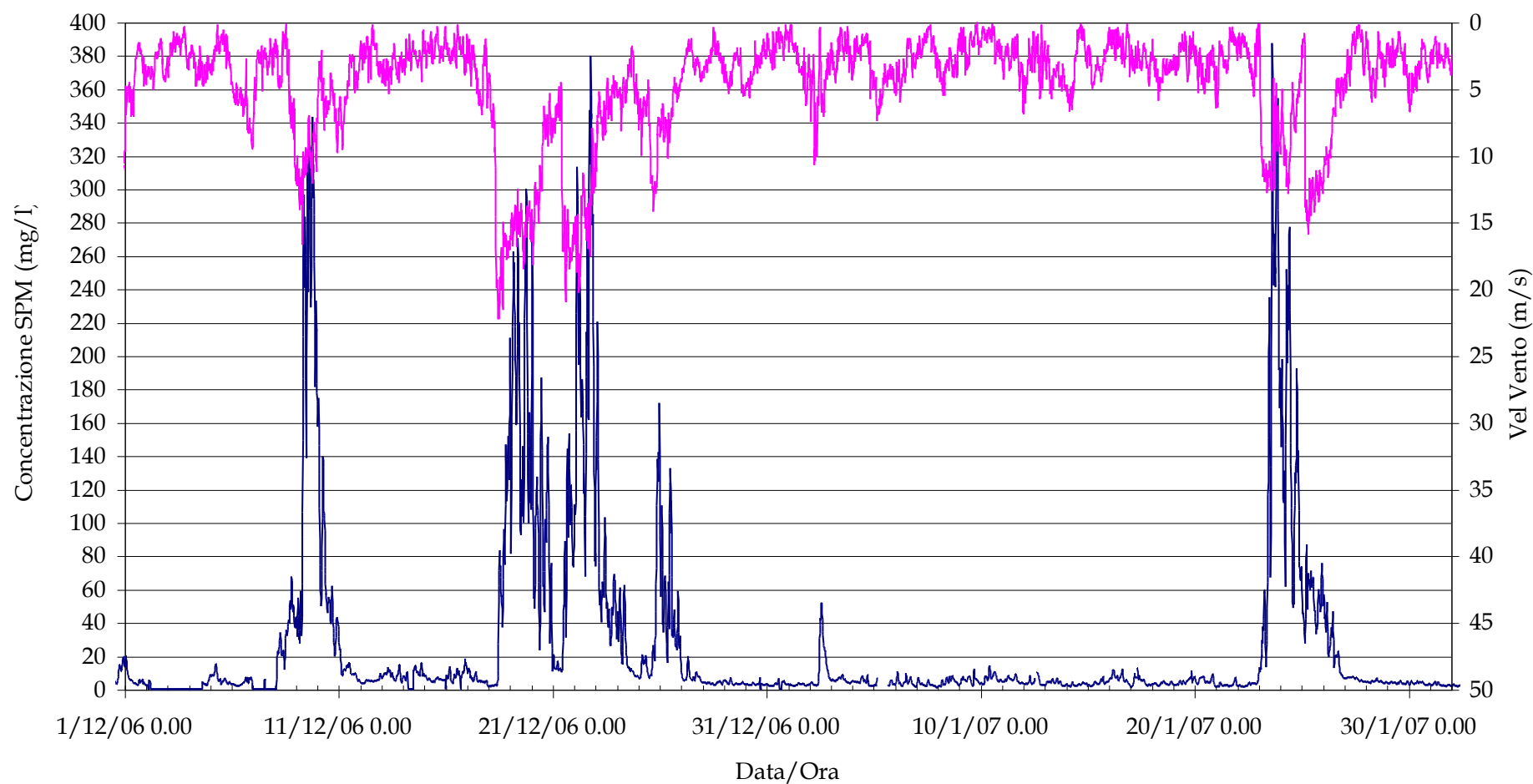


Figura 6.24 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2007.

Stazione LIM

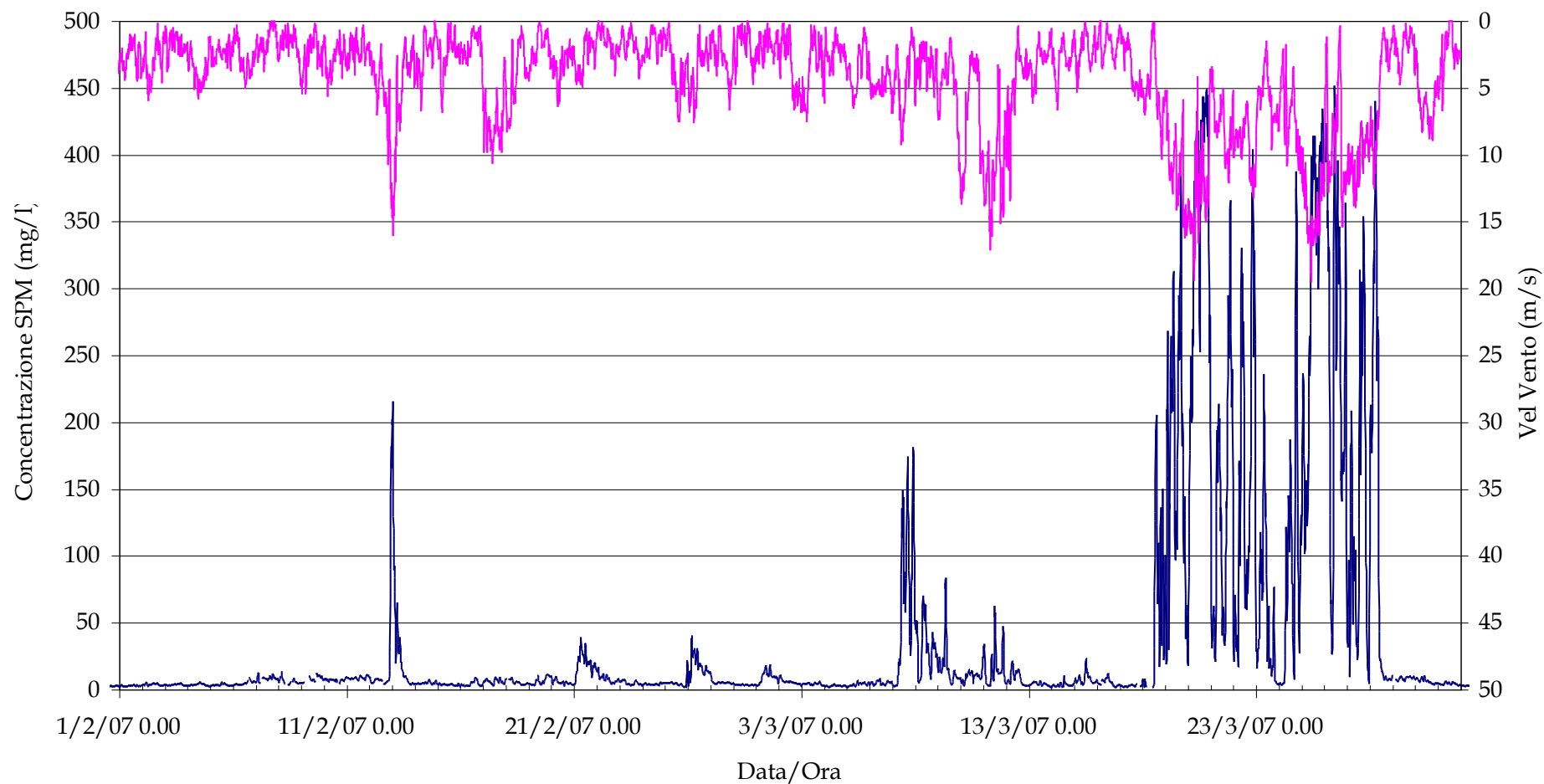


Figura 6.24 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

Stazione LIM

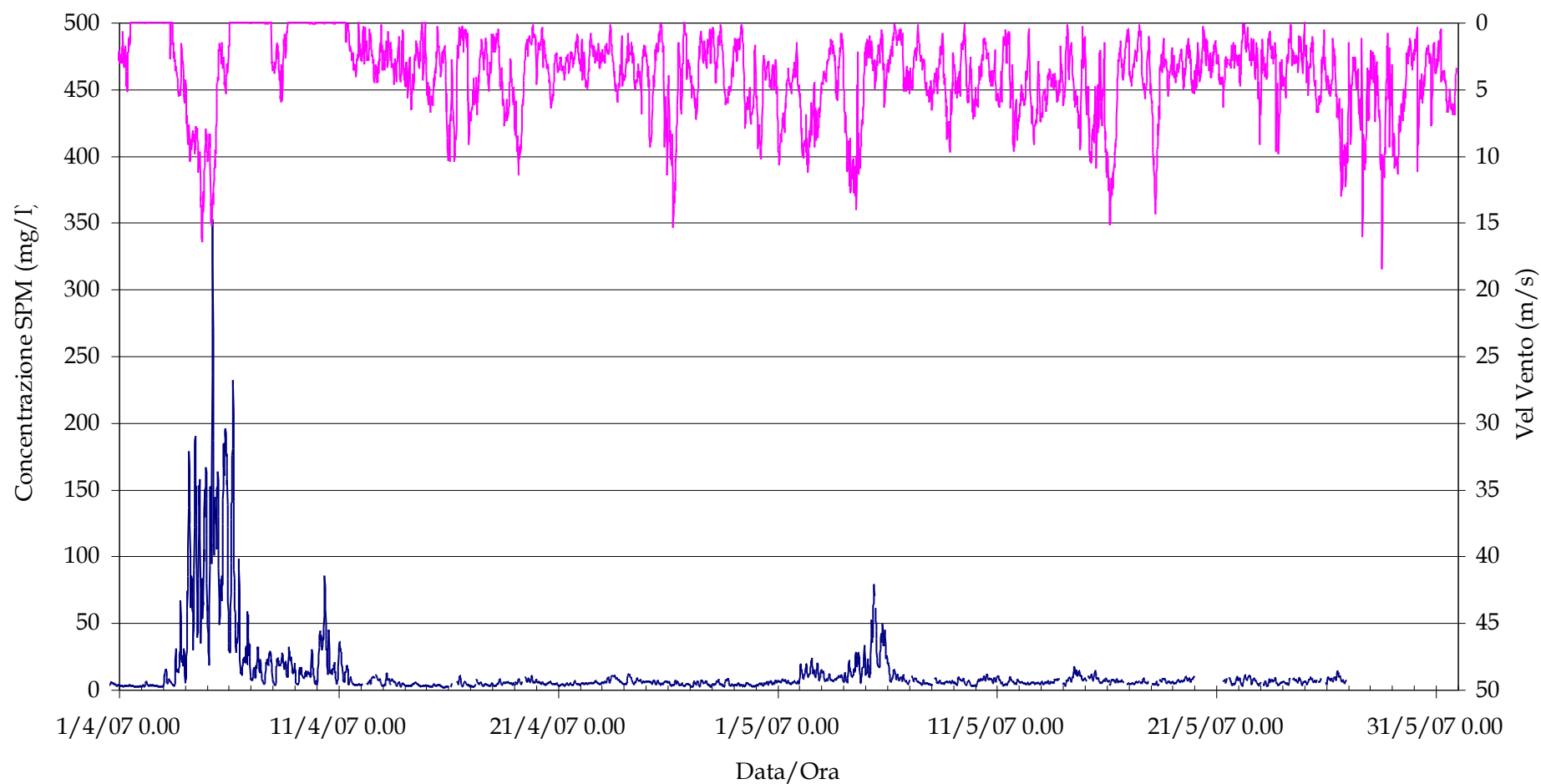


Figura 6.24 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Aprile-Maggio 2006.

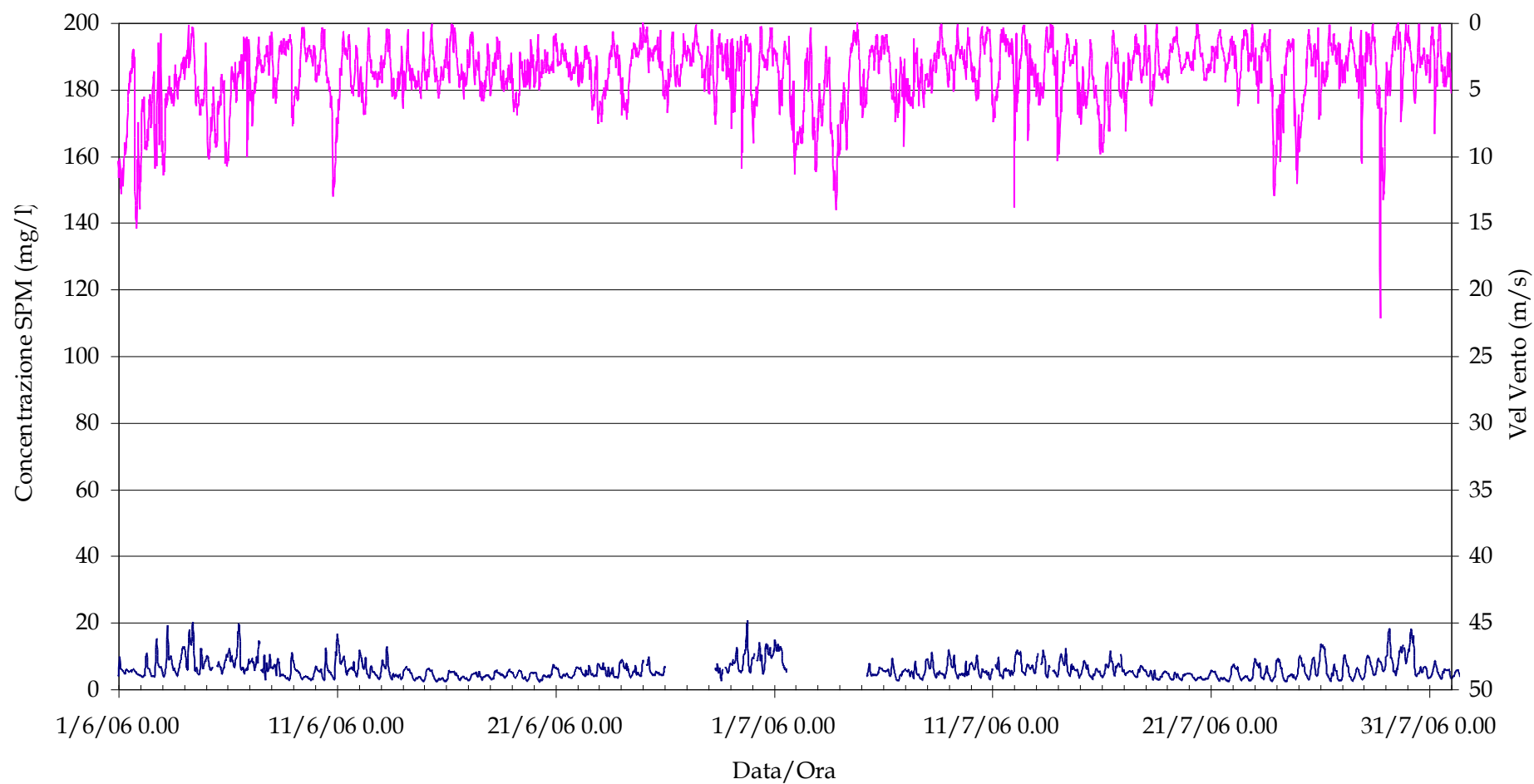
Stazione LMR

Figura 6.25 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Giugno-Luglio 2006.

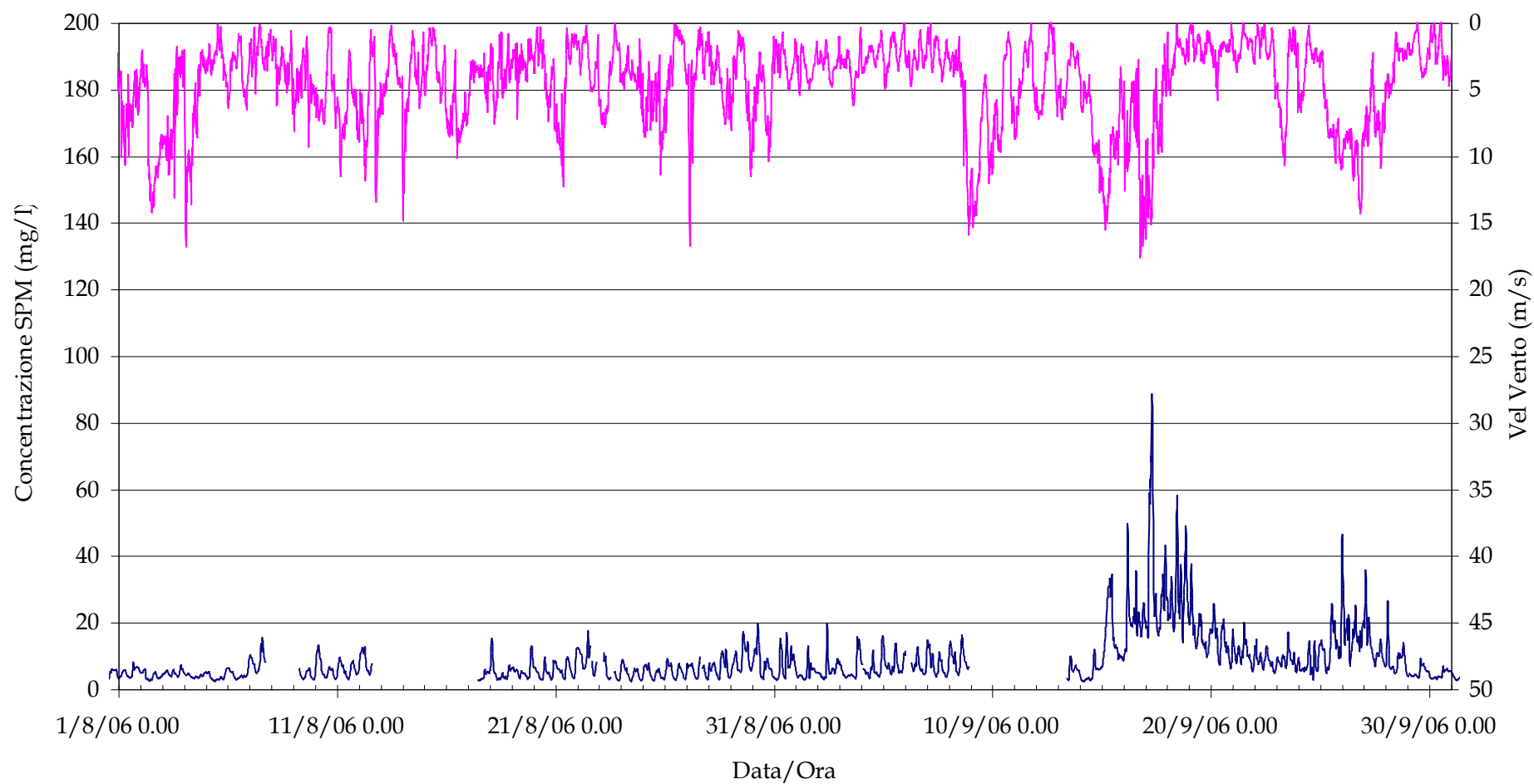
Stazione LMR

Figura 6.26 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Agosto-Settembre 2006.

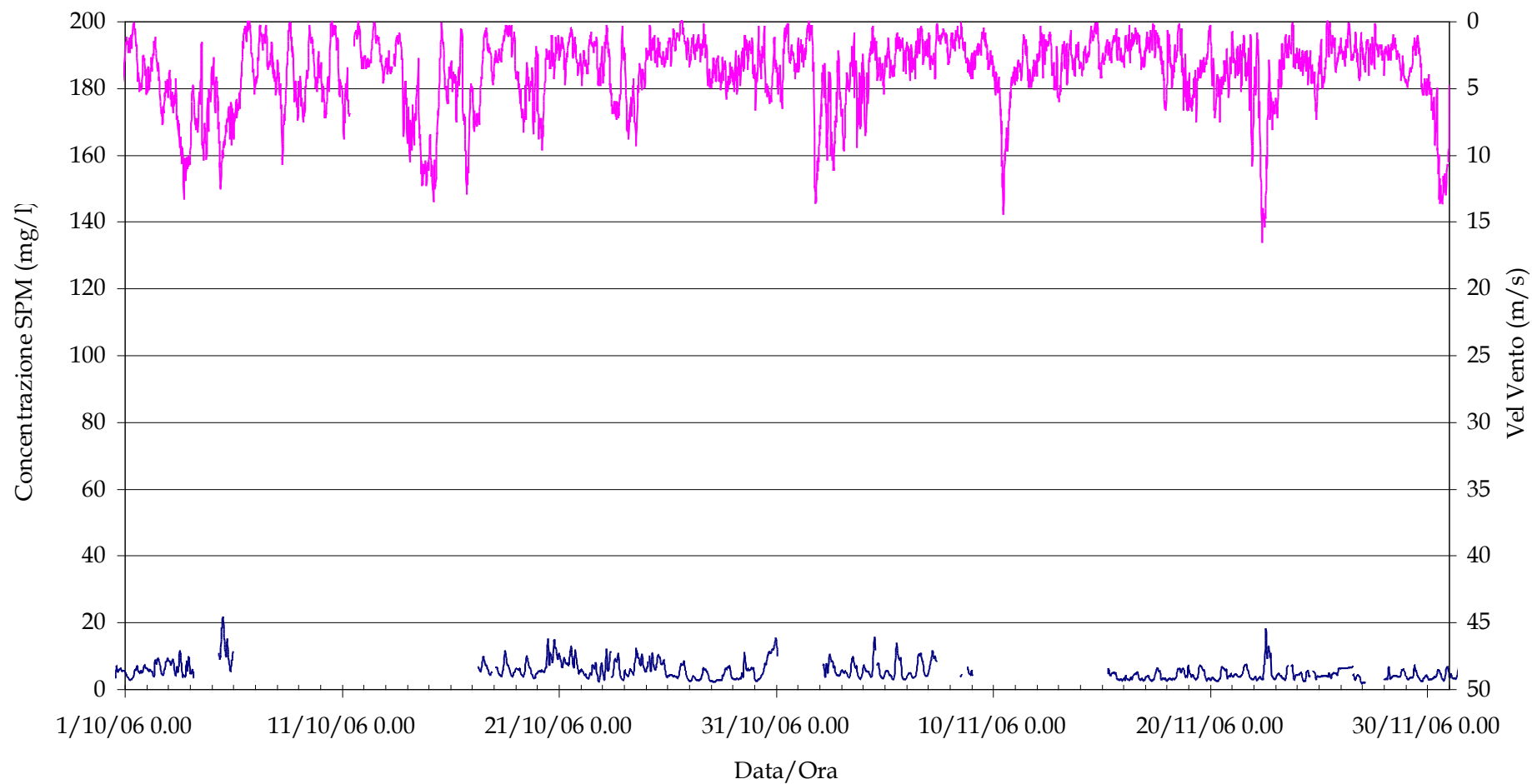
Stazione LMR

Figura 6.26 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

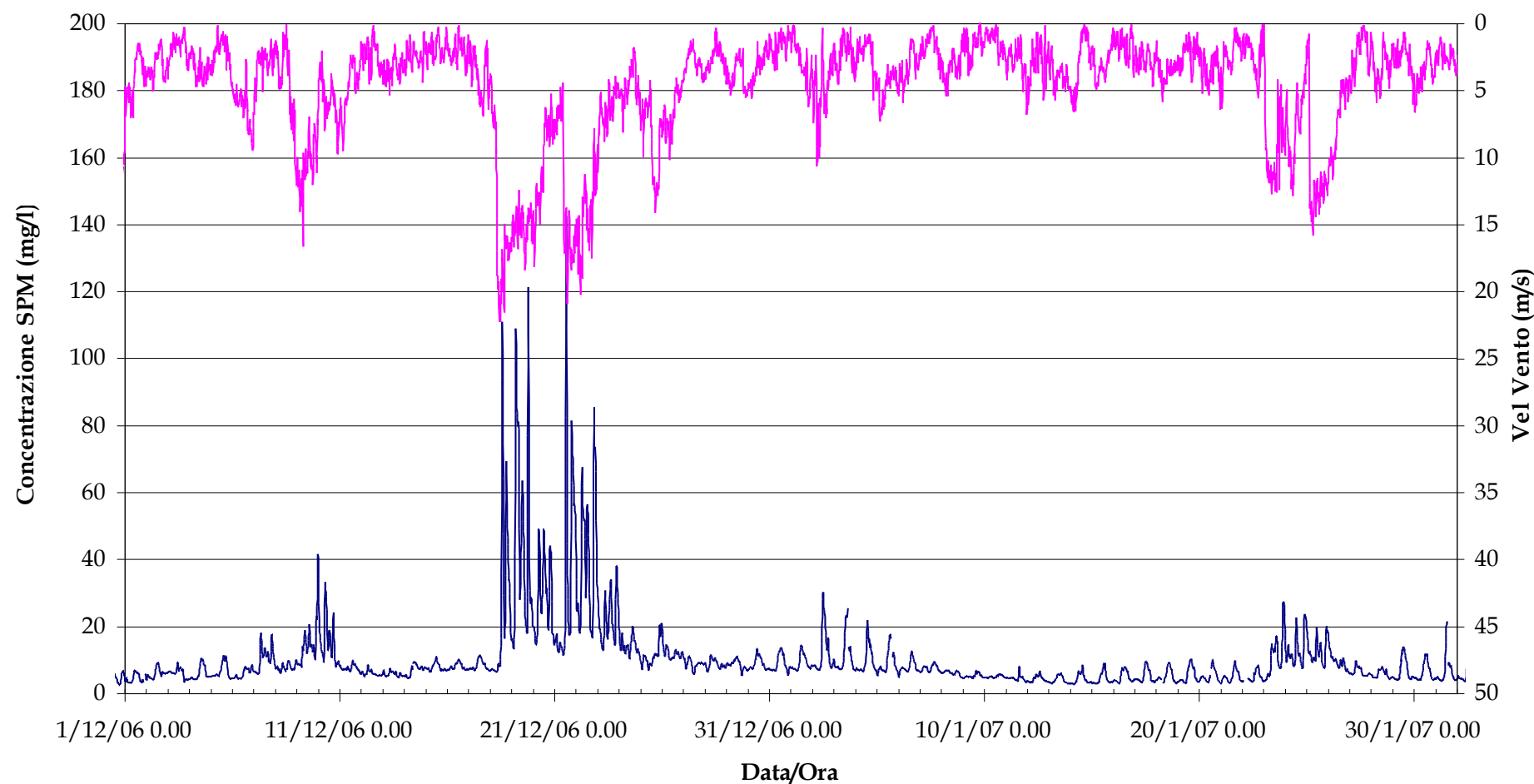
Stazione LMR

Figura 6.26 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

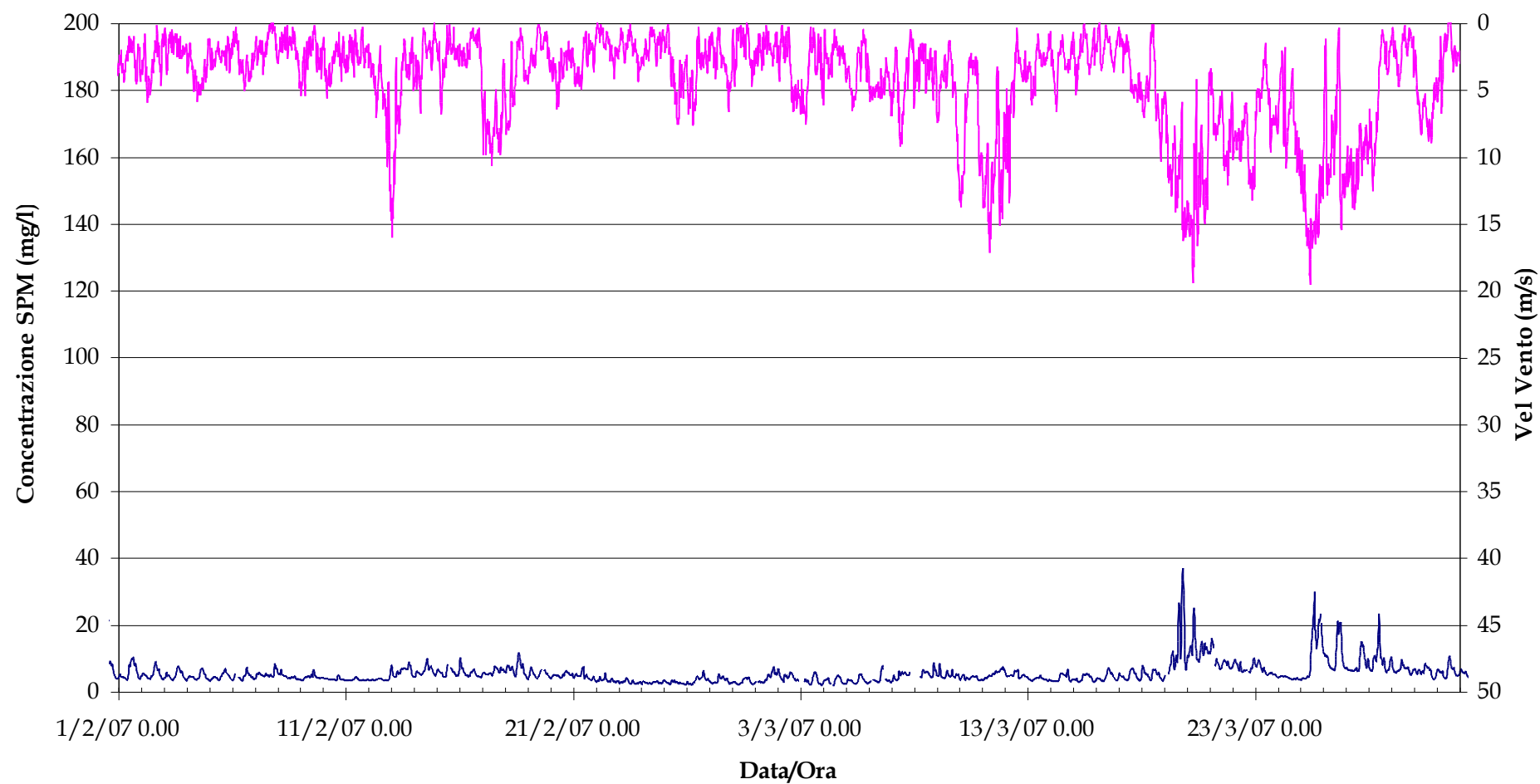
Stazione LMR

Figura 6.26 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

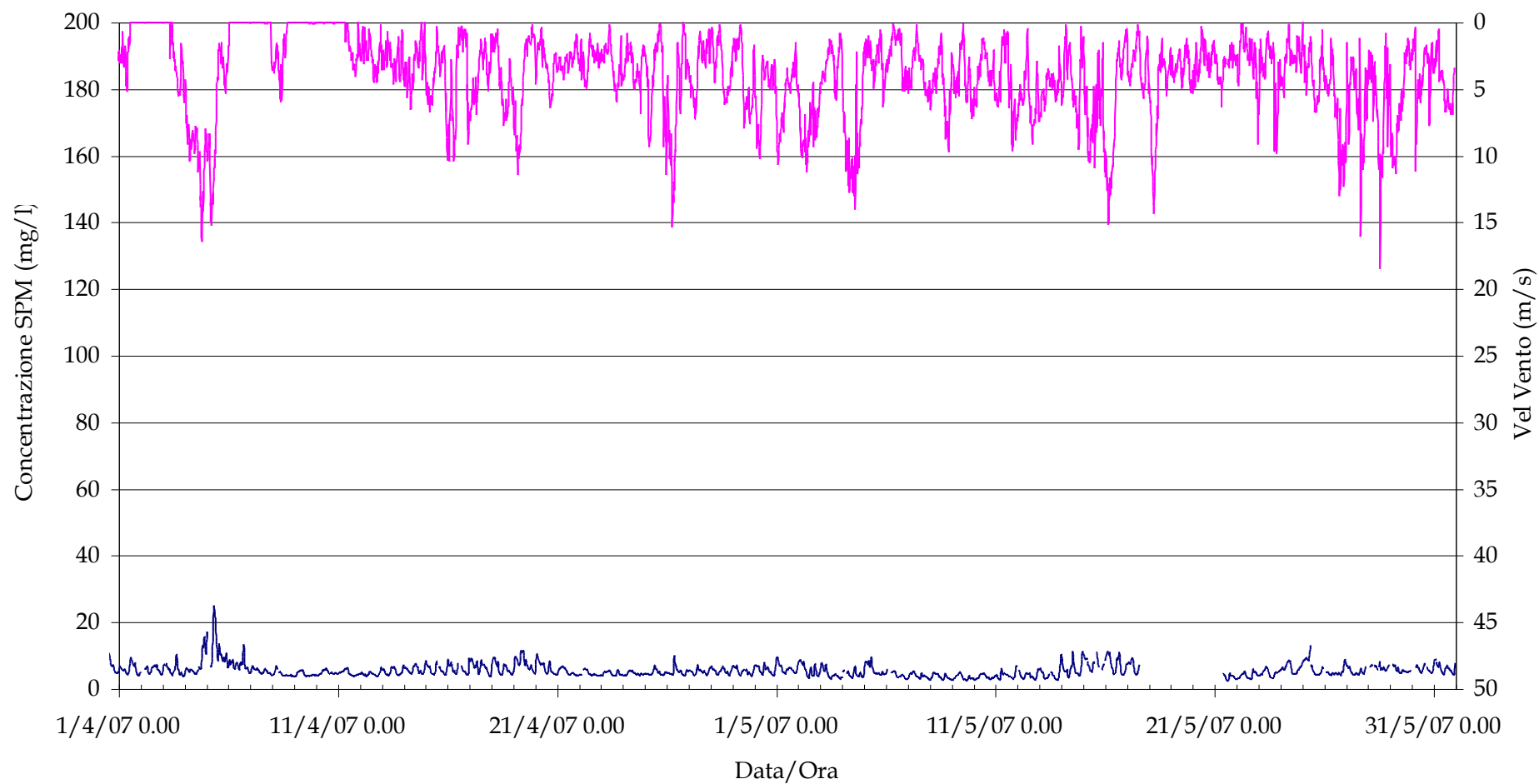
Stazione LMR

Figura 6.26 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Aprile-Maggio 2006.

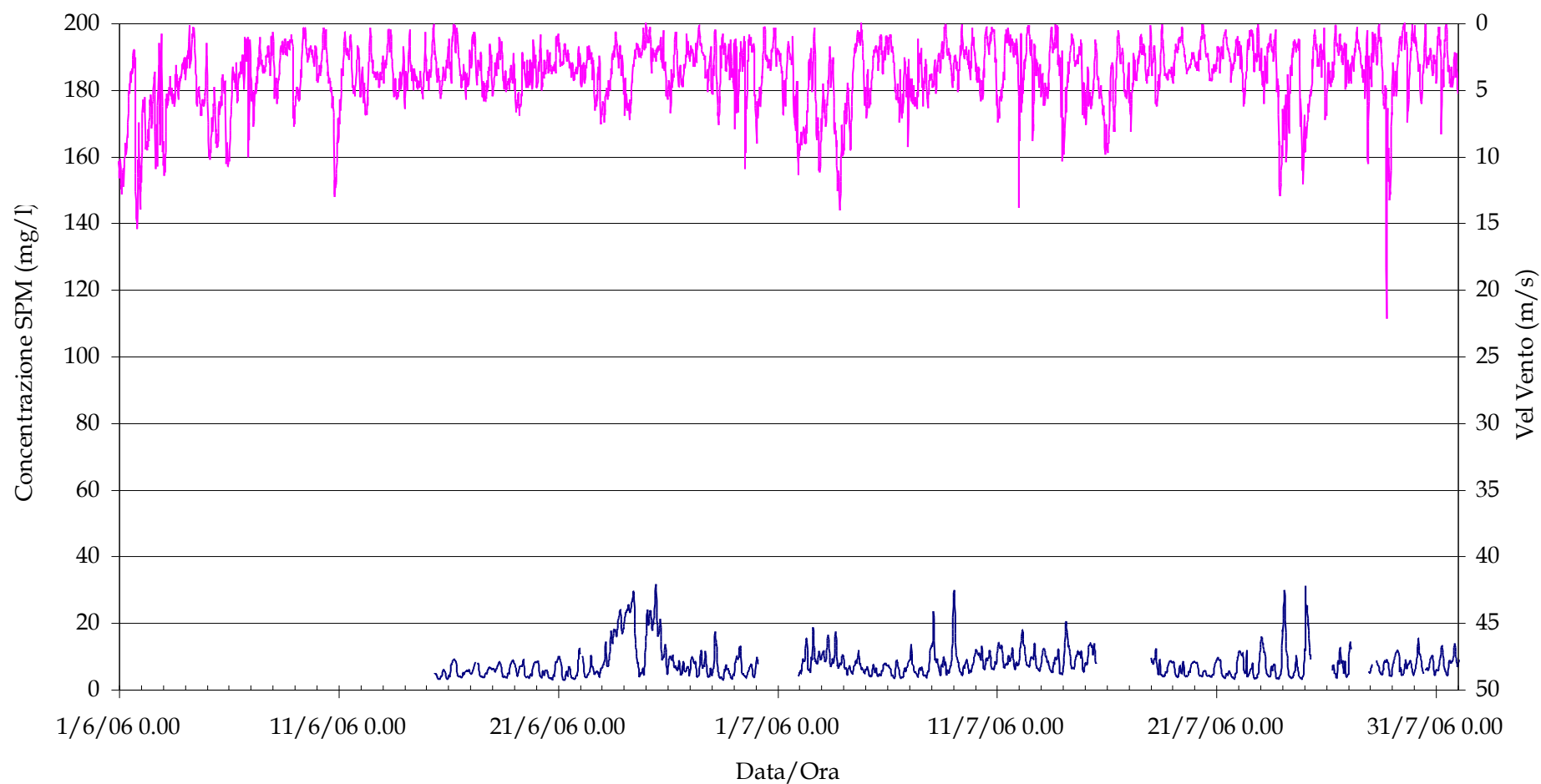
Stazione LMR-2

Figura 6.27 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR-2 nel periodo Giugno-Luglio 2006.

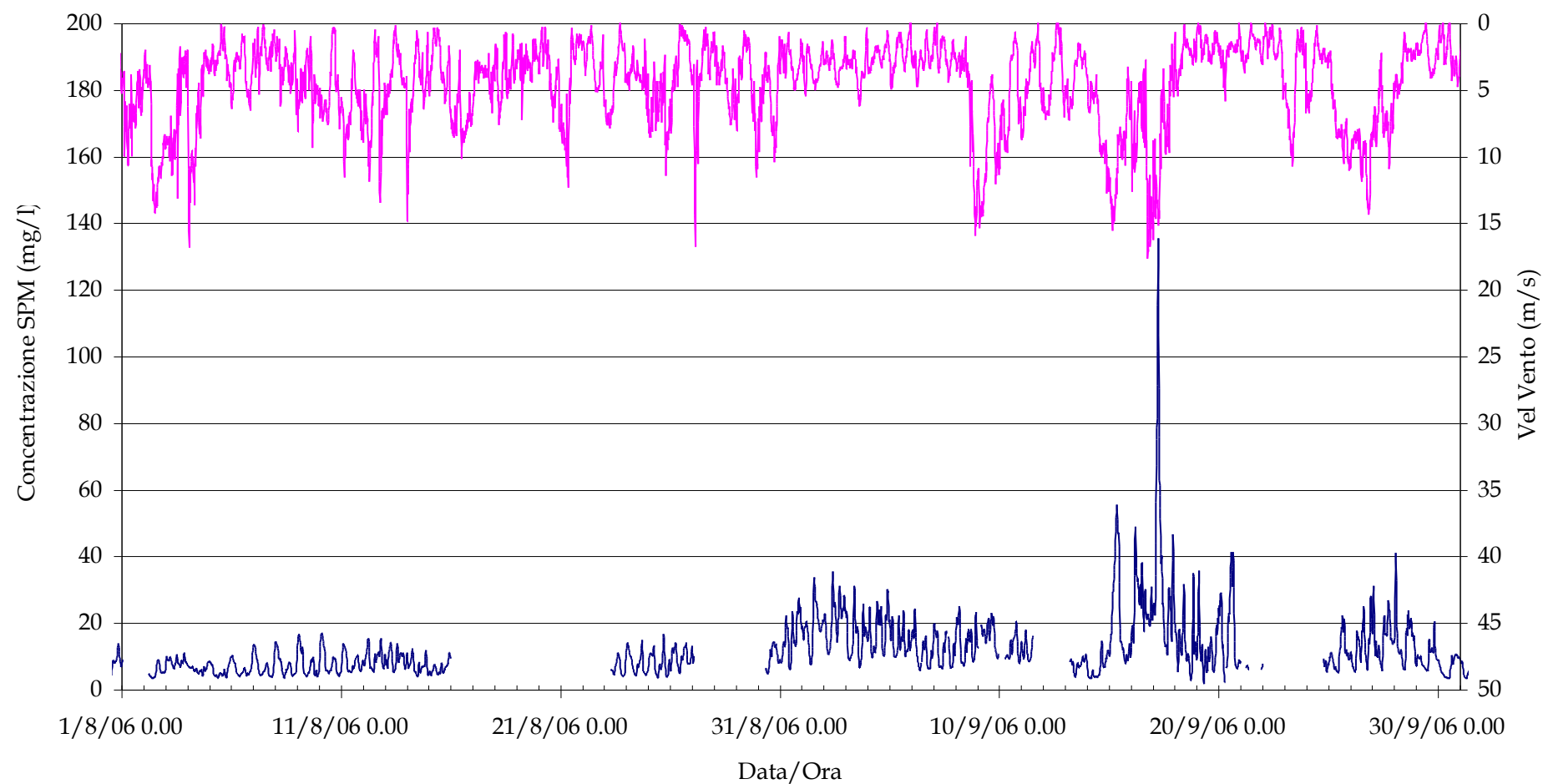
Stazione LMR-2

Figura 6.27 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR-2 nel periodo Agosto-Settembre 2006.

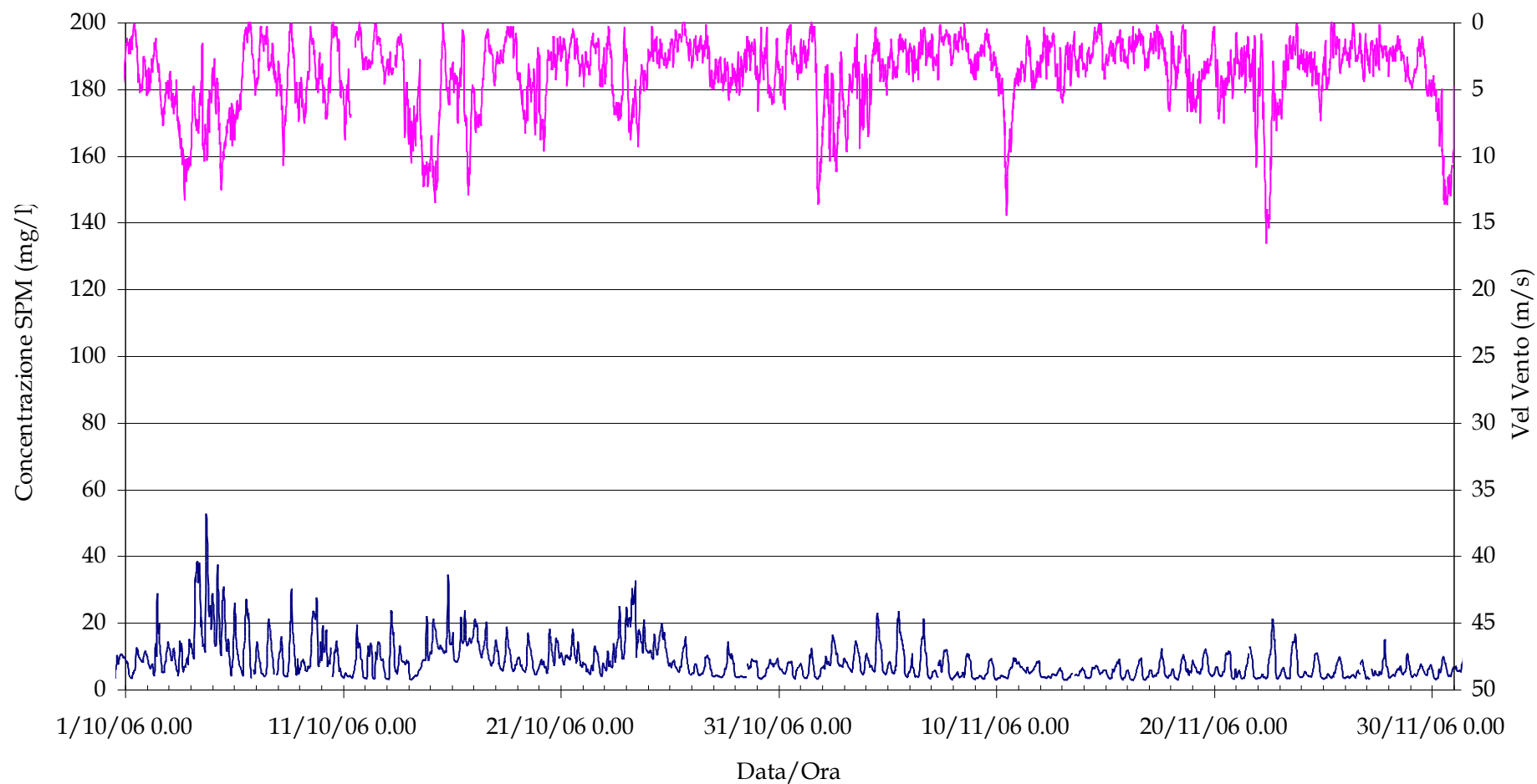
Stazione LMR-2

Figura 6.27 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR-2 nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

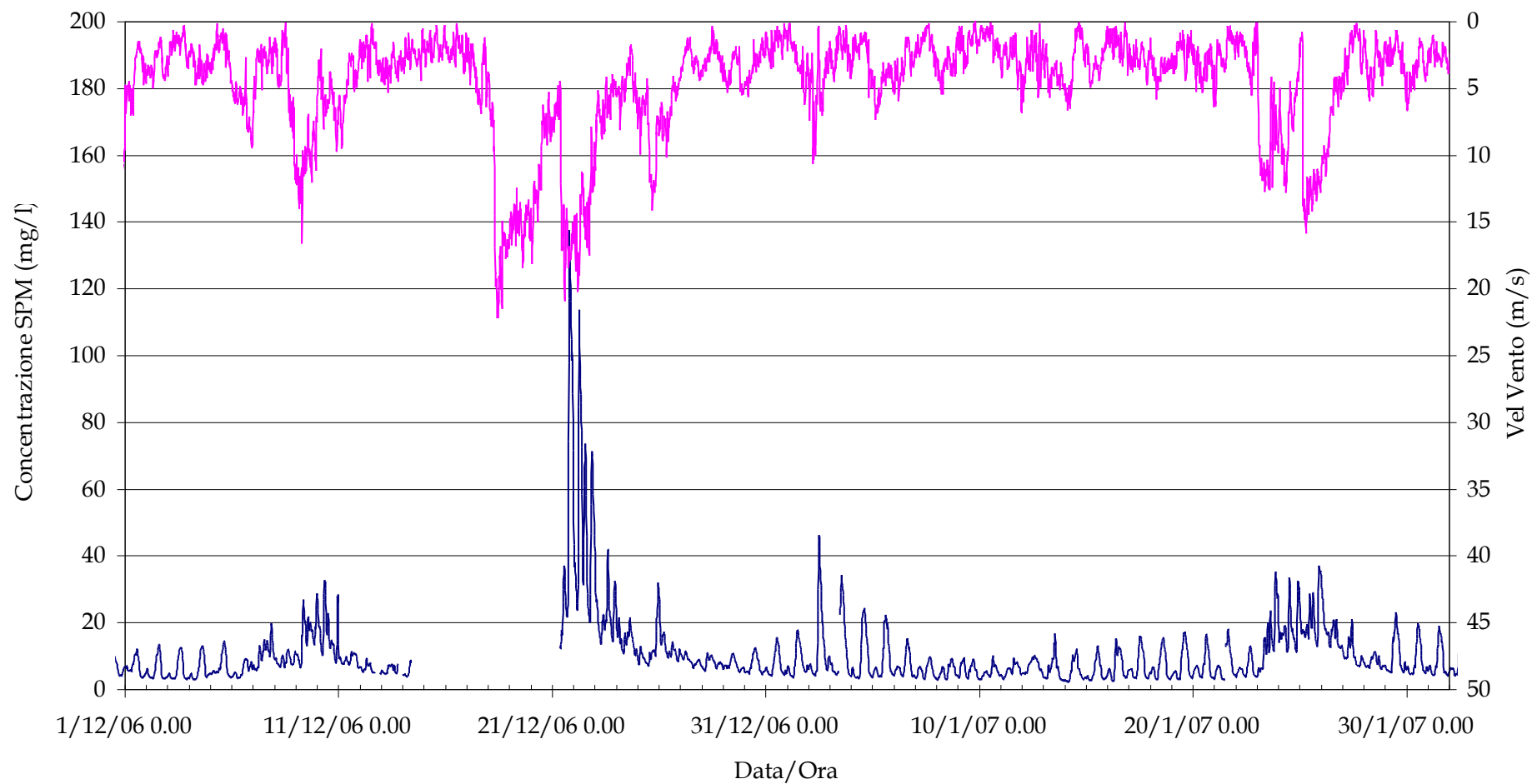
Stazione LMR-2

Figura 6.27 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR-2 nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

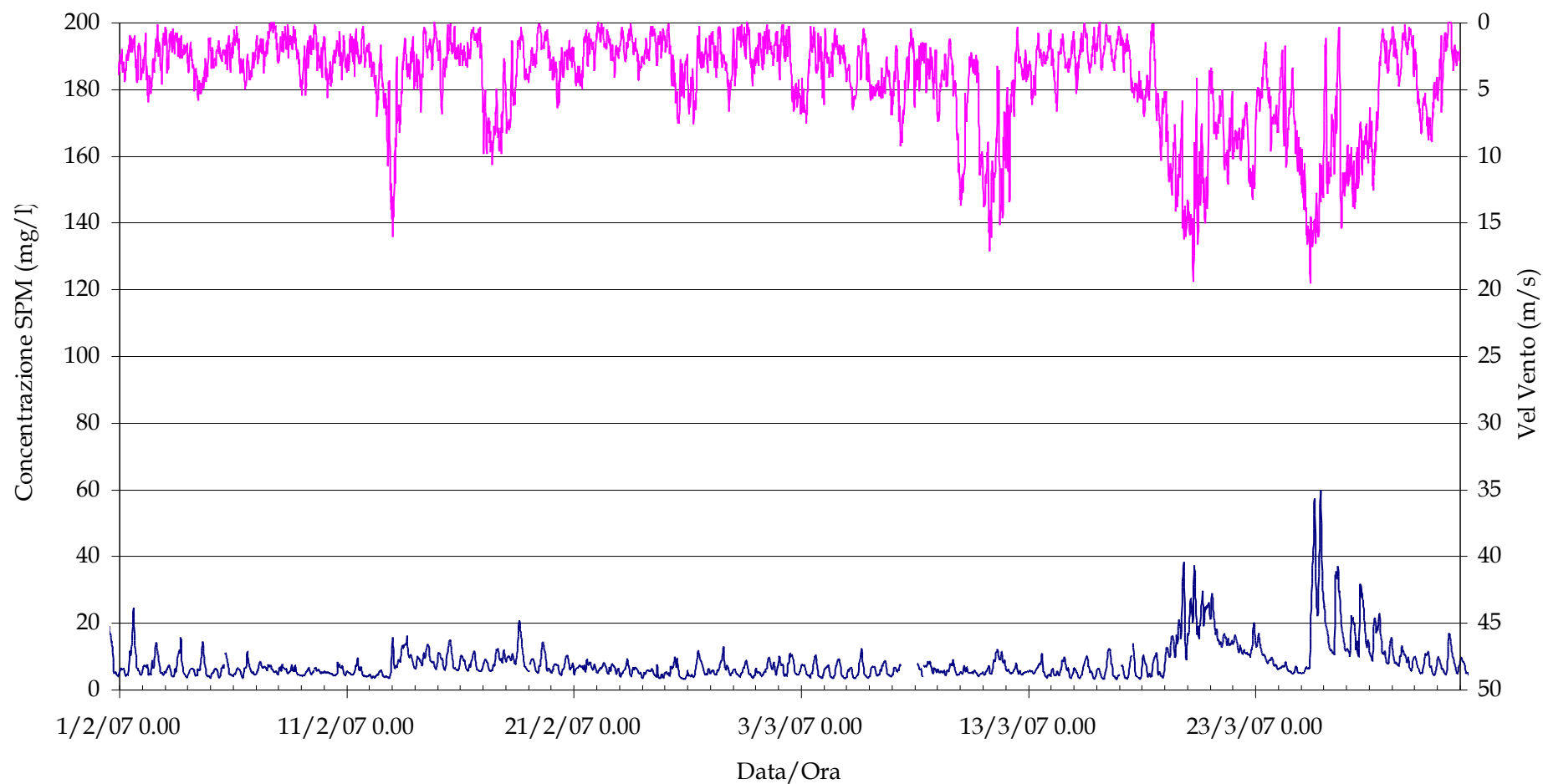
Stazione LMR-2

Figura 6.27 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR-2 nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

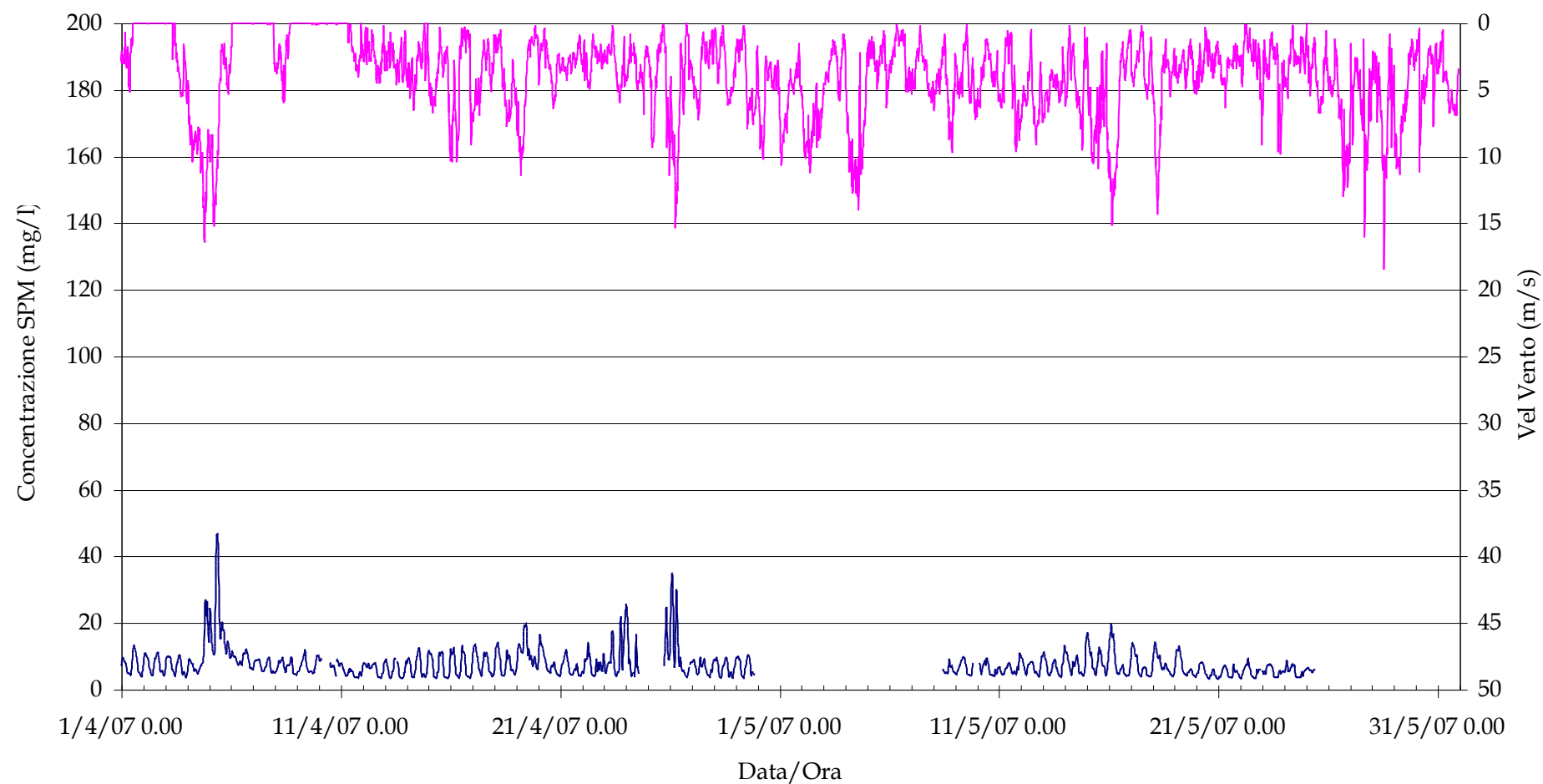
Stazione LMR-2

Figura 6.27 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR-2 nel periodo Aprile-Maggio 2006.

Stazione LSA

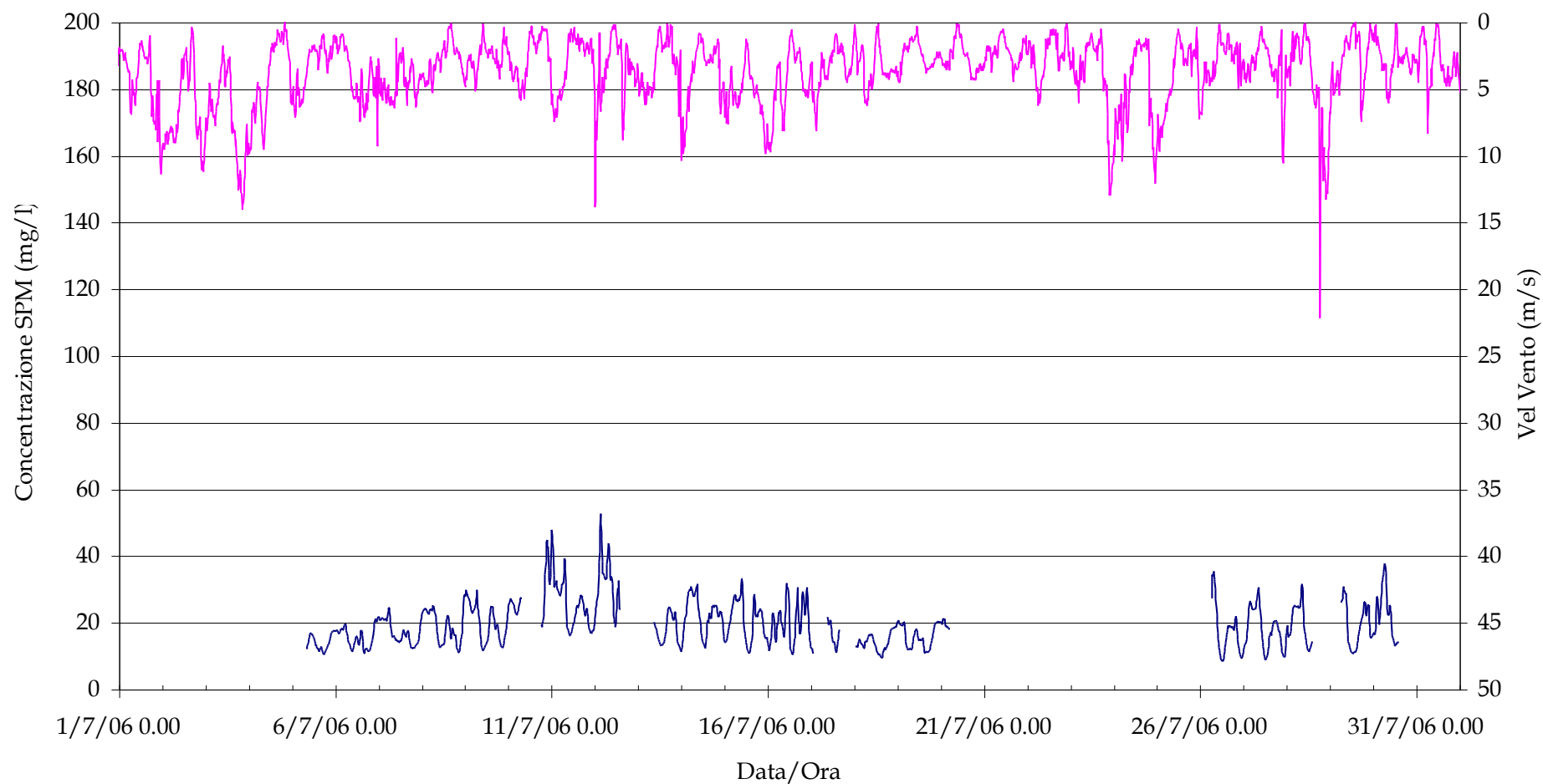


Figura 6.28 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSA nel periodo Luglio 2006.

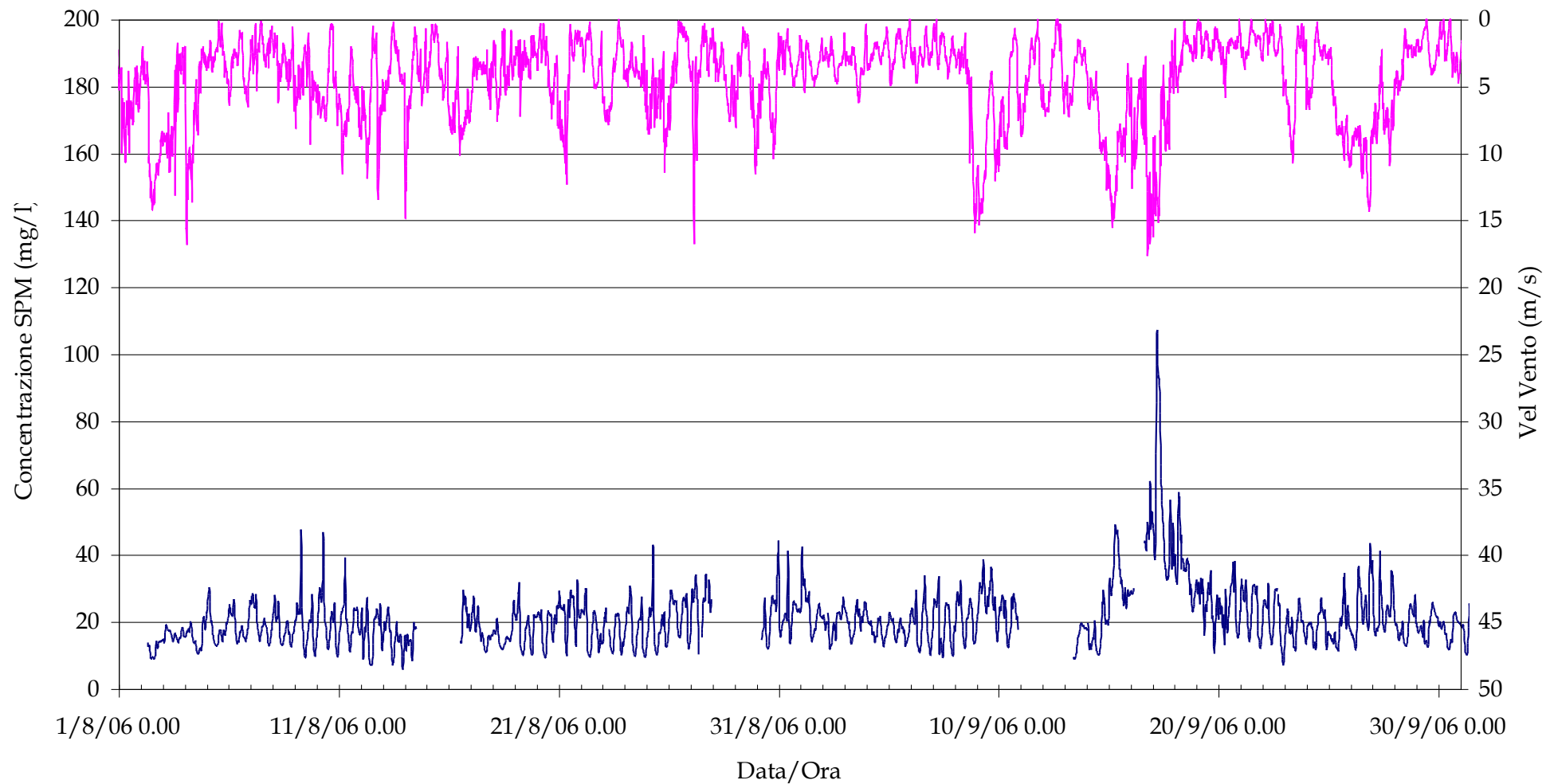
Stazione LSA

Figura 6.28 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSA nel periodo Agosto-Settembre 2006.

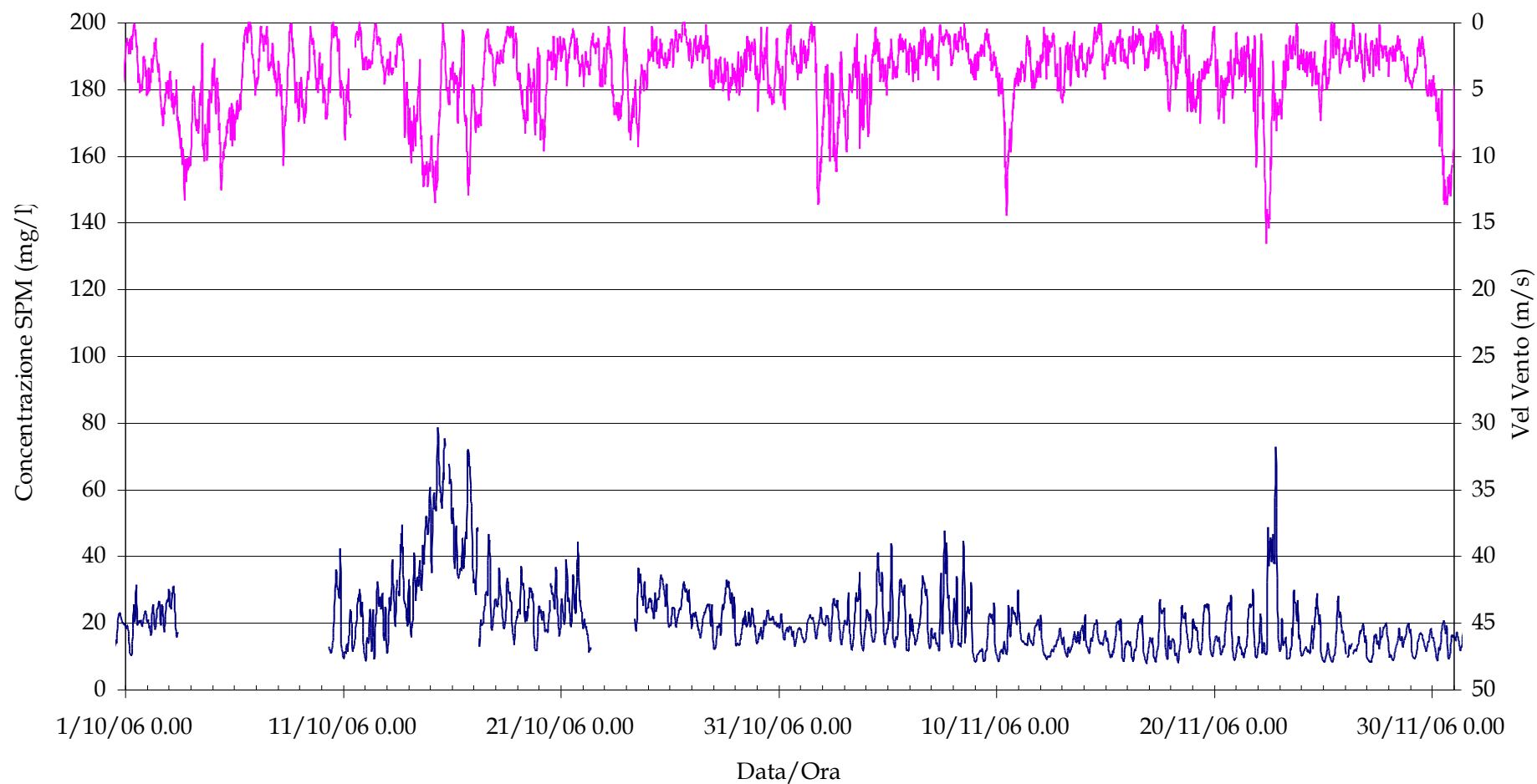
Stazione LSA

Figura 6.28 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSA nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

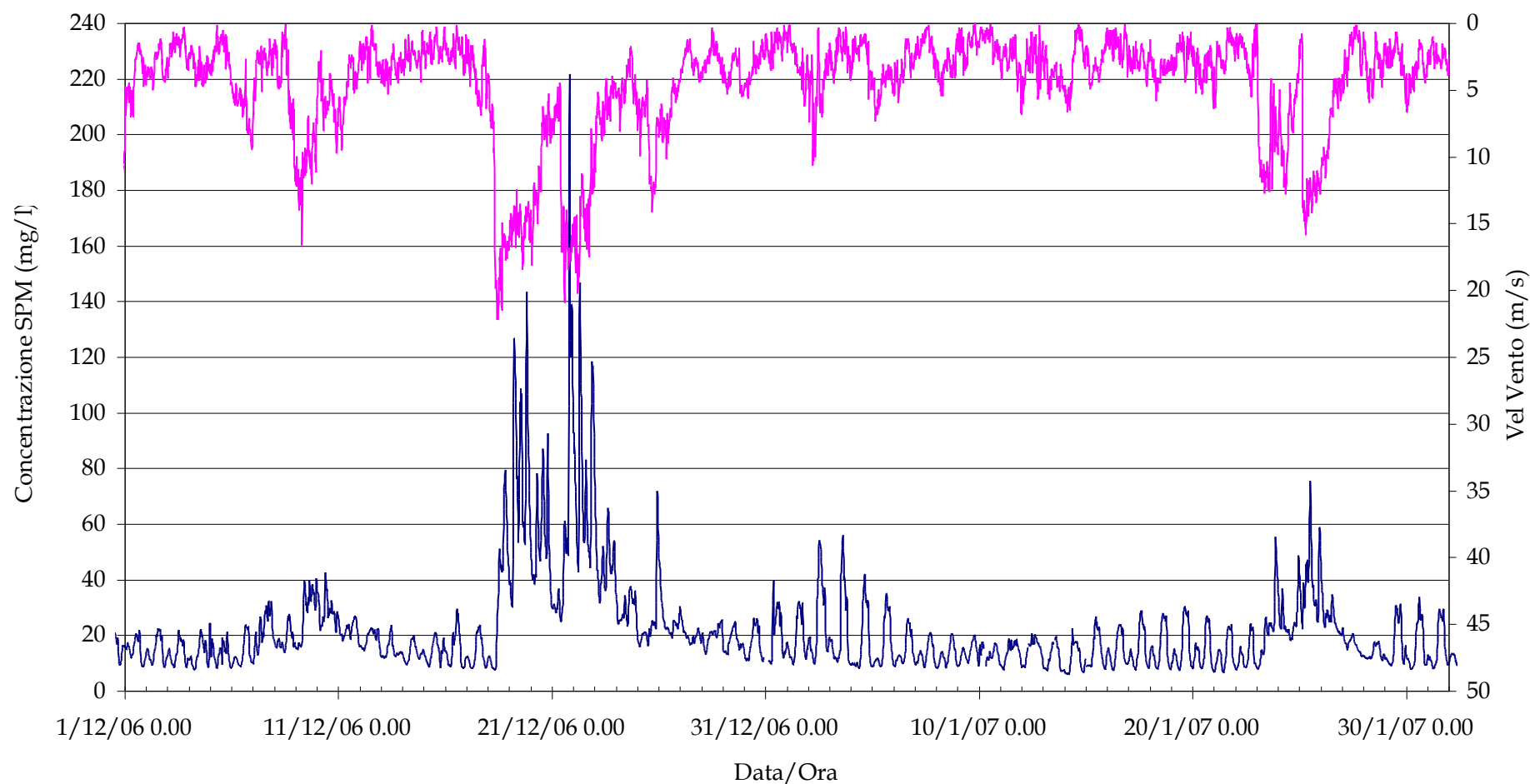
Stazione LSA

Figura 6.28 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSA nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

Stazione LSA

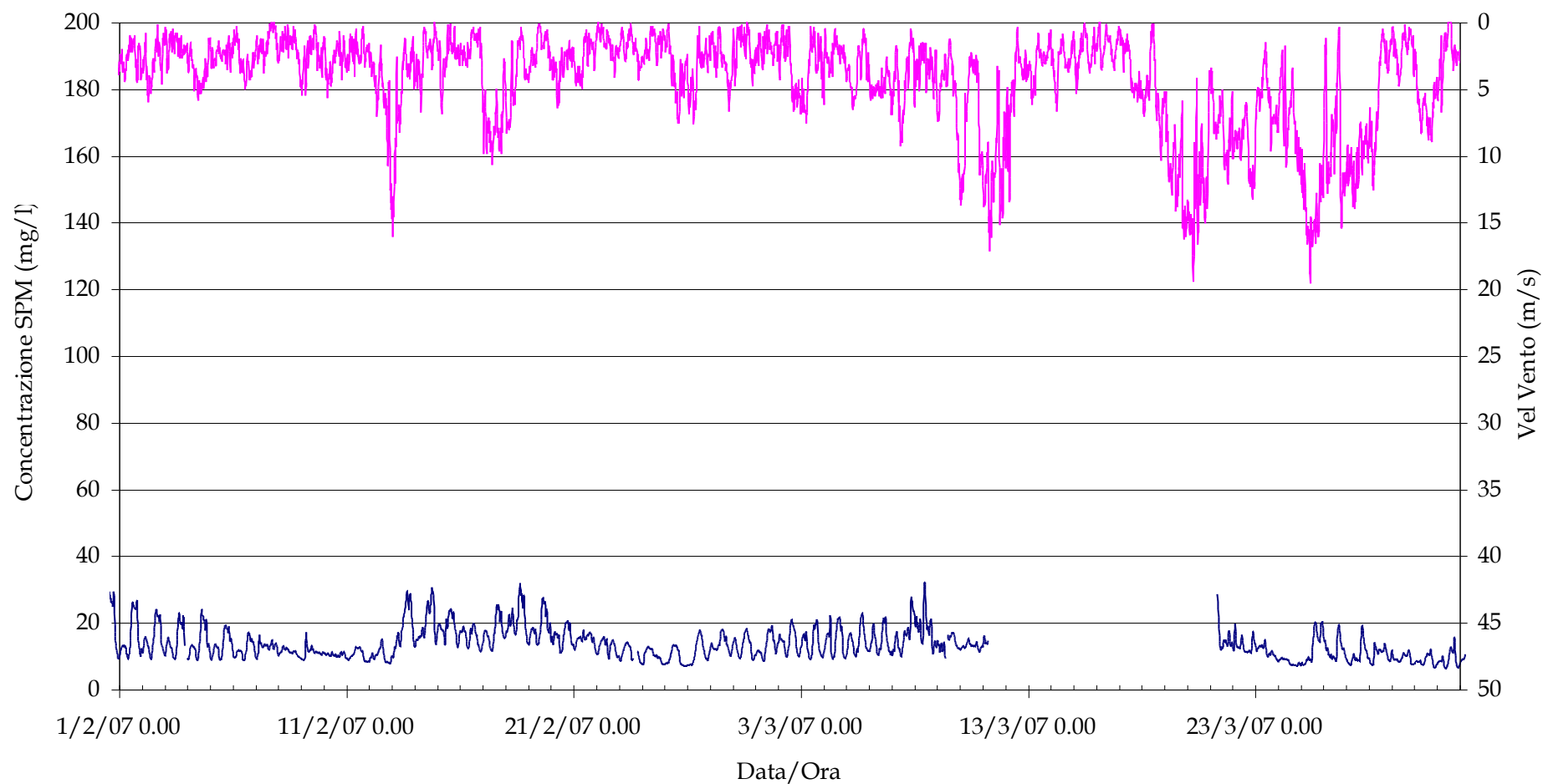


Figura 6.28 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSA nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

Stazione LSA

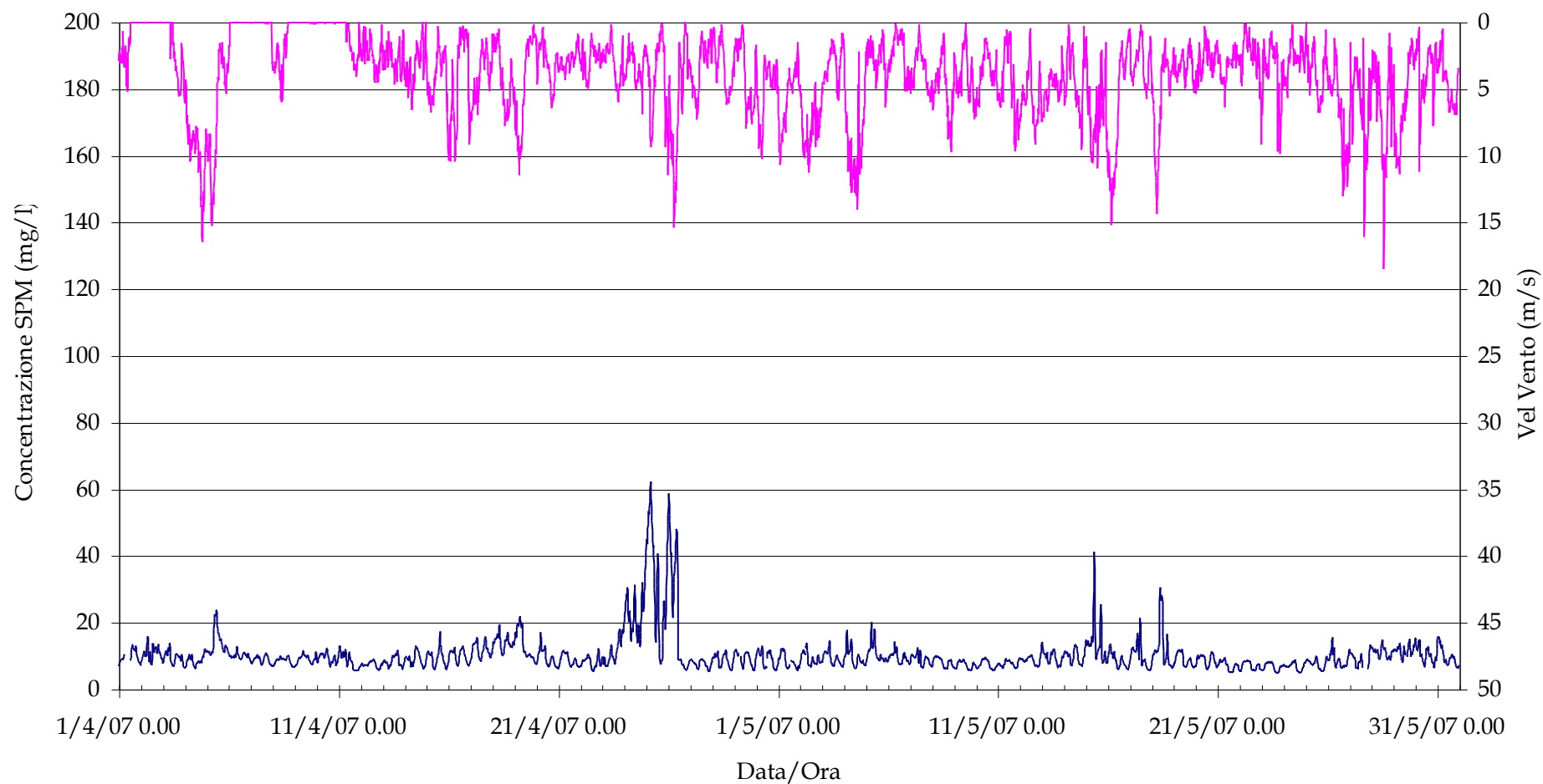


Figura 6.28 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSA nel periodo Aprile-Maggio 2006.

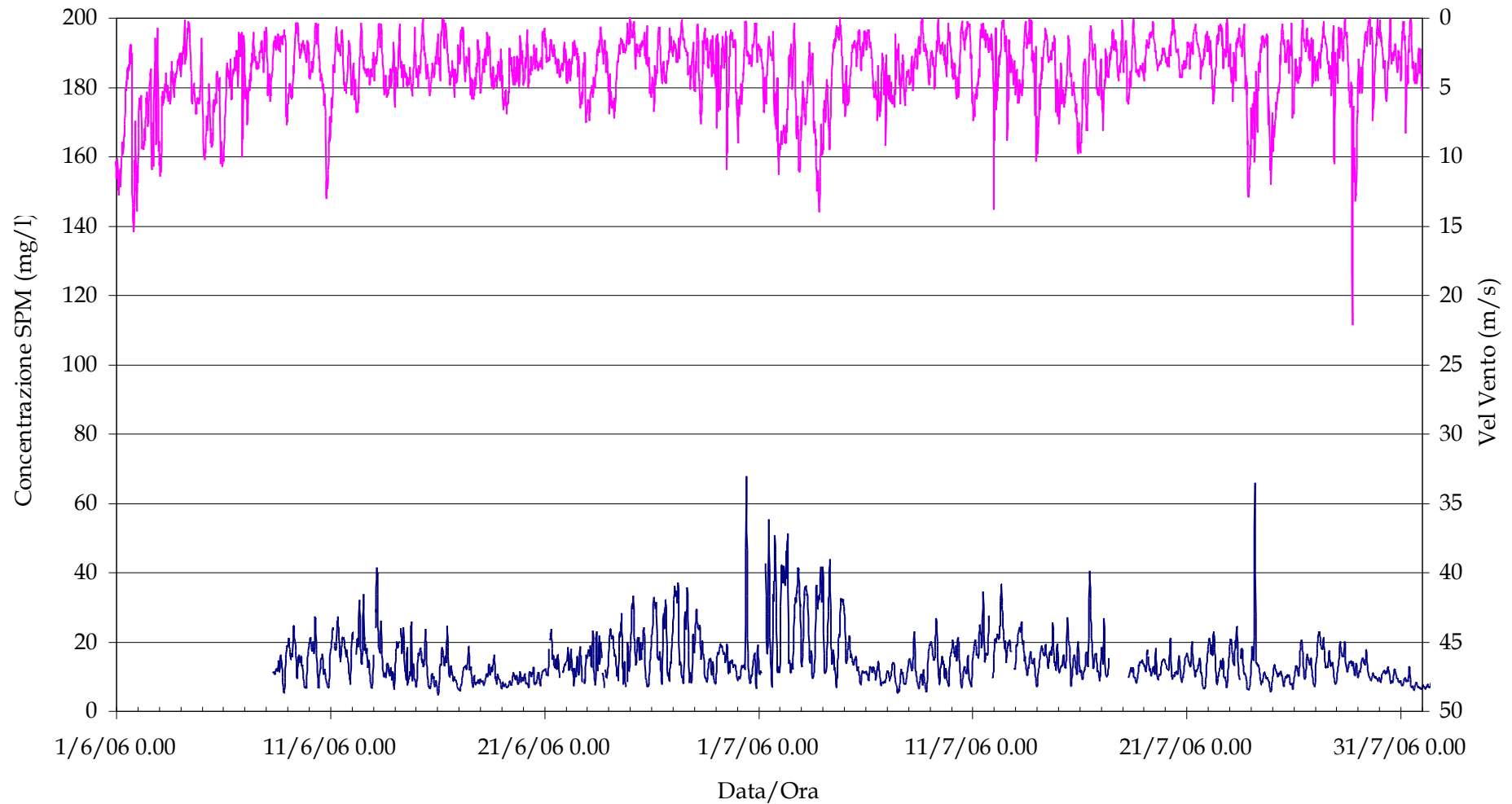
Stazione LTP

Figura 6.29 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Giugno-Luglio 2006.

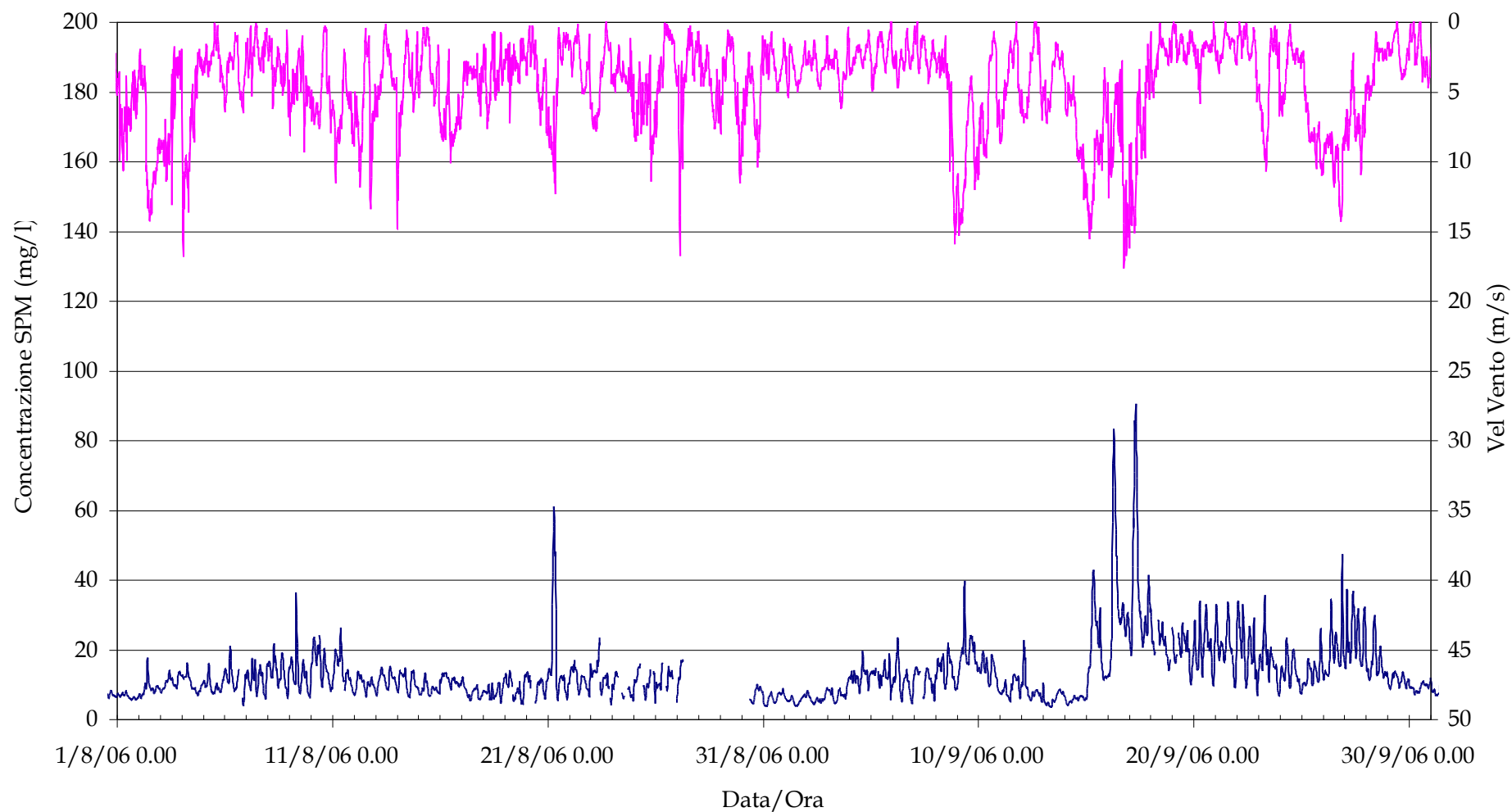
Stazione LTP

Figura 6.29 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Agosto-Settembre 2006.

Stazione LTP

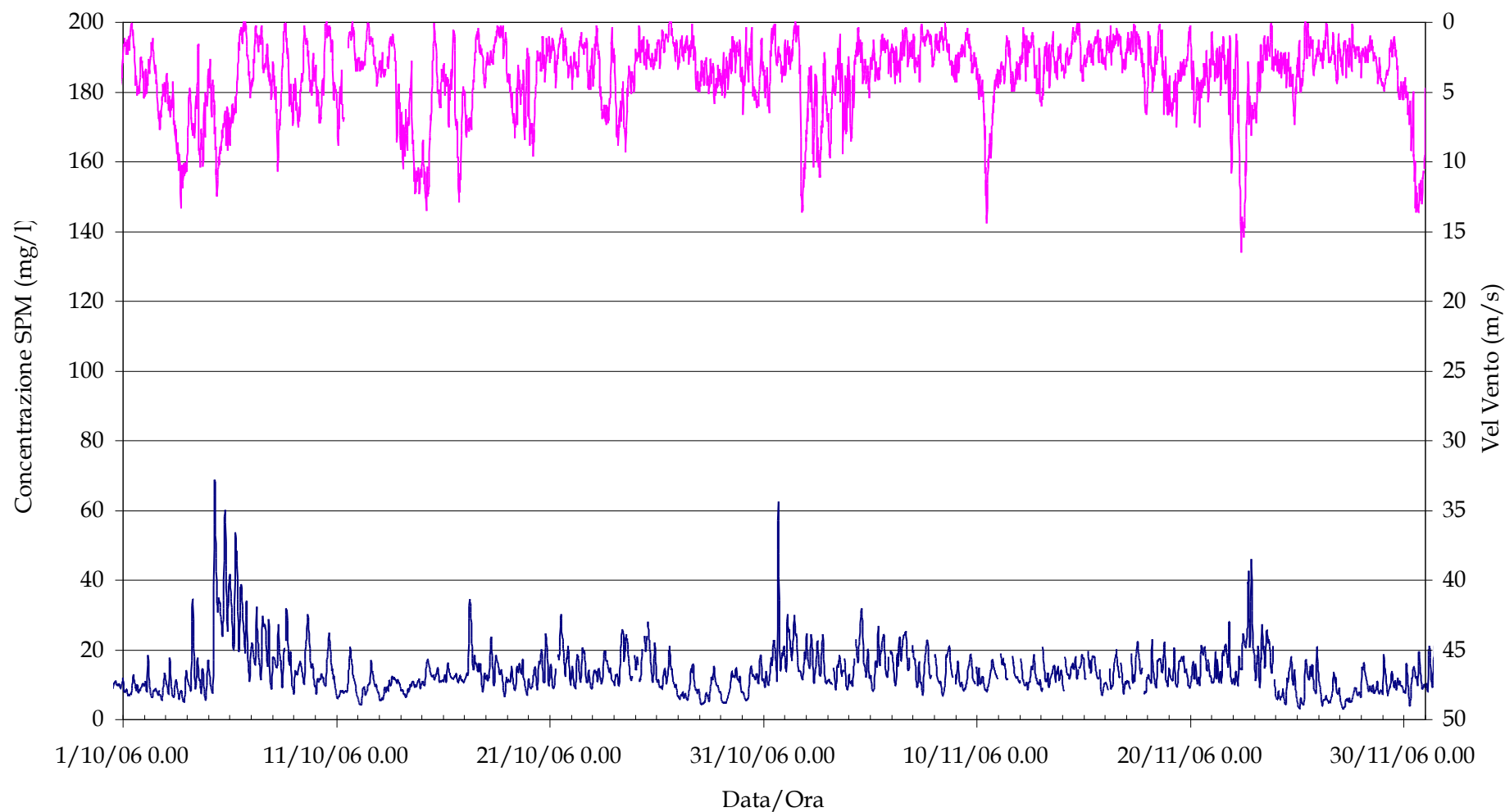


Figura 6.29 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

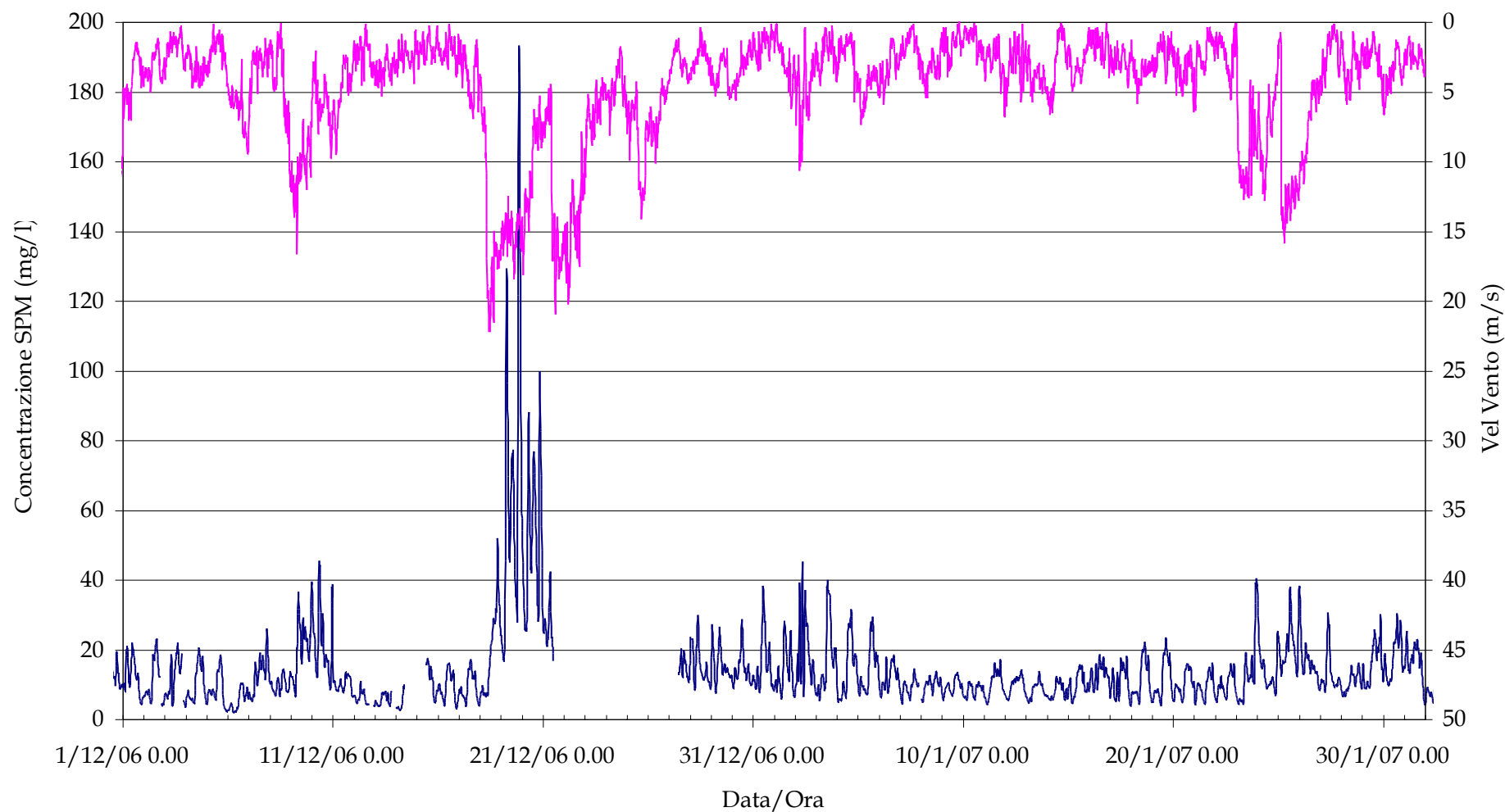
Stazione LTP

Figura 6.29 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

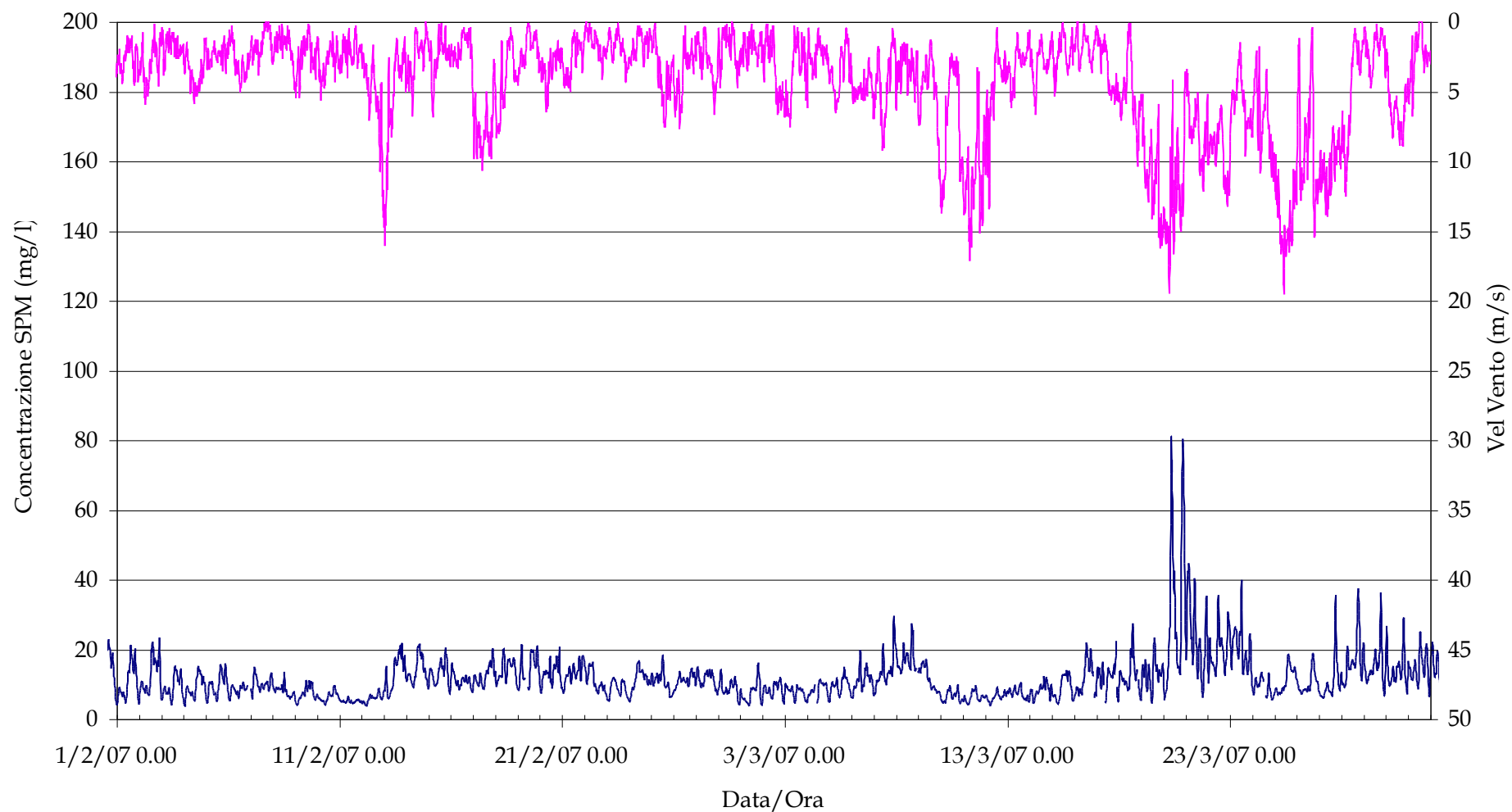
Stazione LTP

Figura 6.29 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

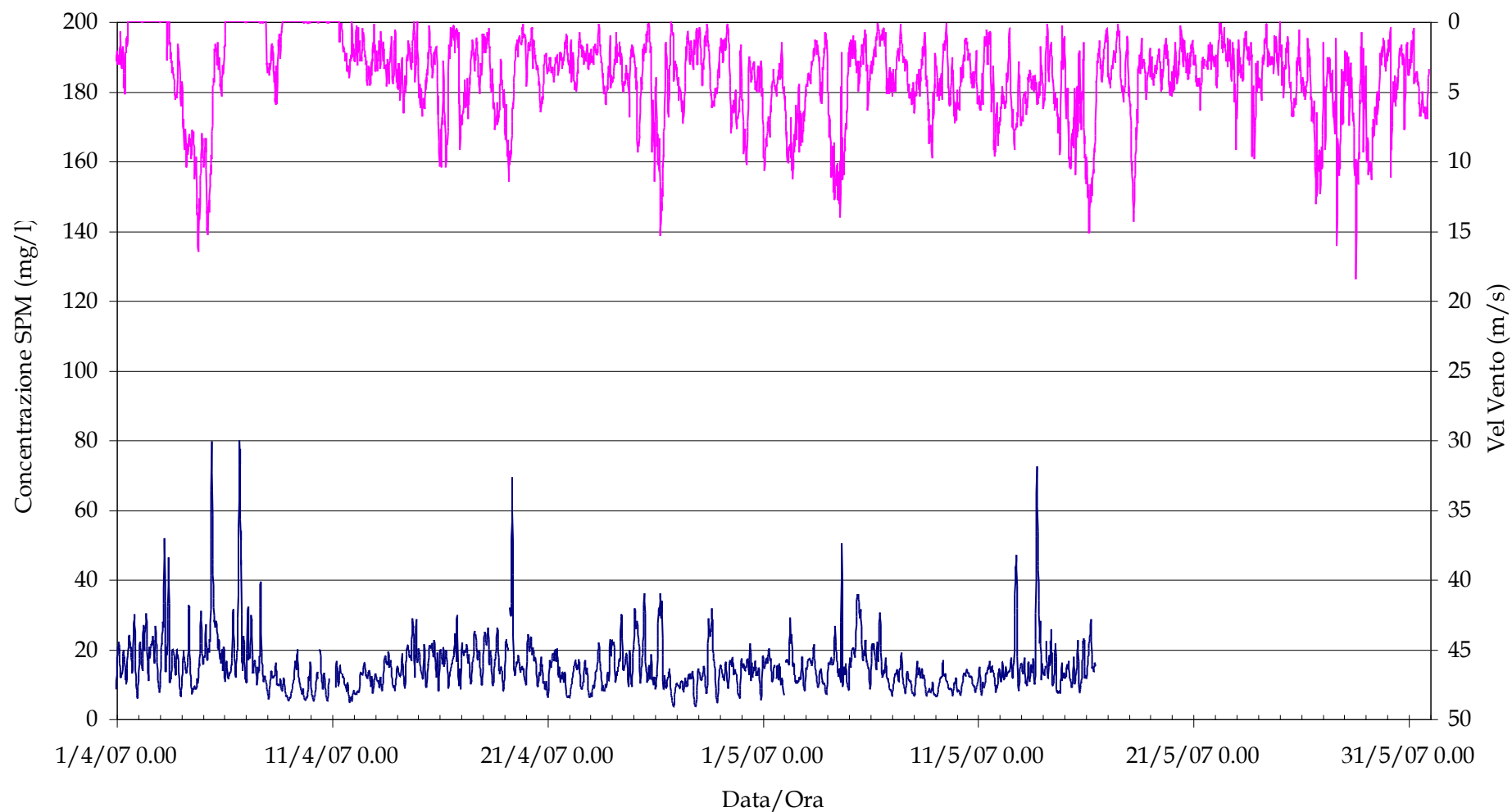
Stazione LTP

Figura 6.29 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Aprile-Maggio 2006.

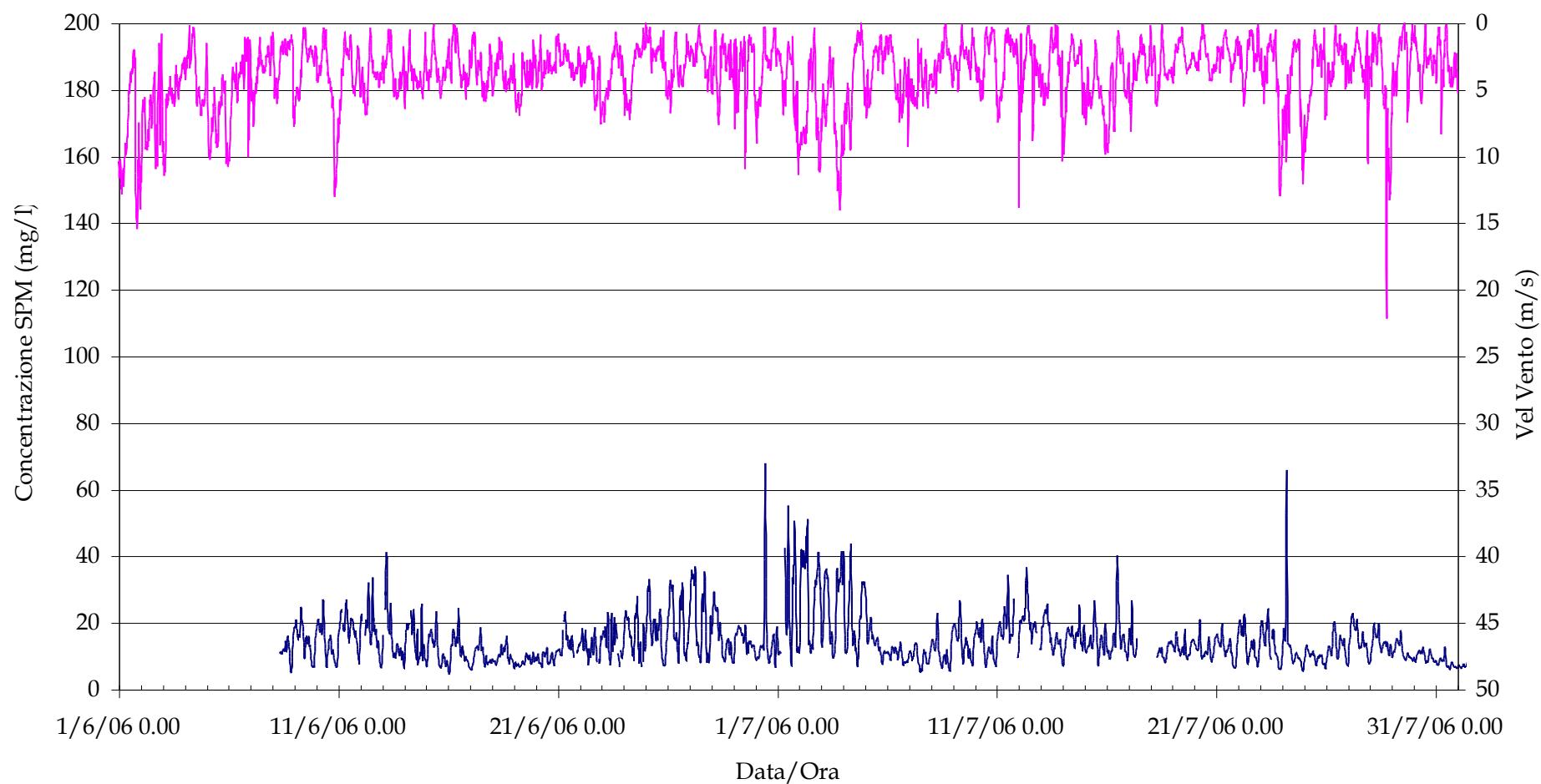
Stazione MAP

Figura 6.30 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Giugno-Luglio 2006

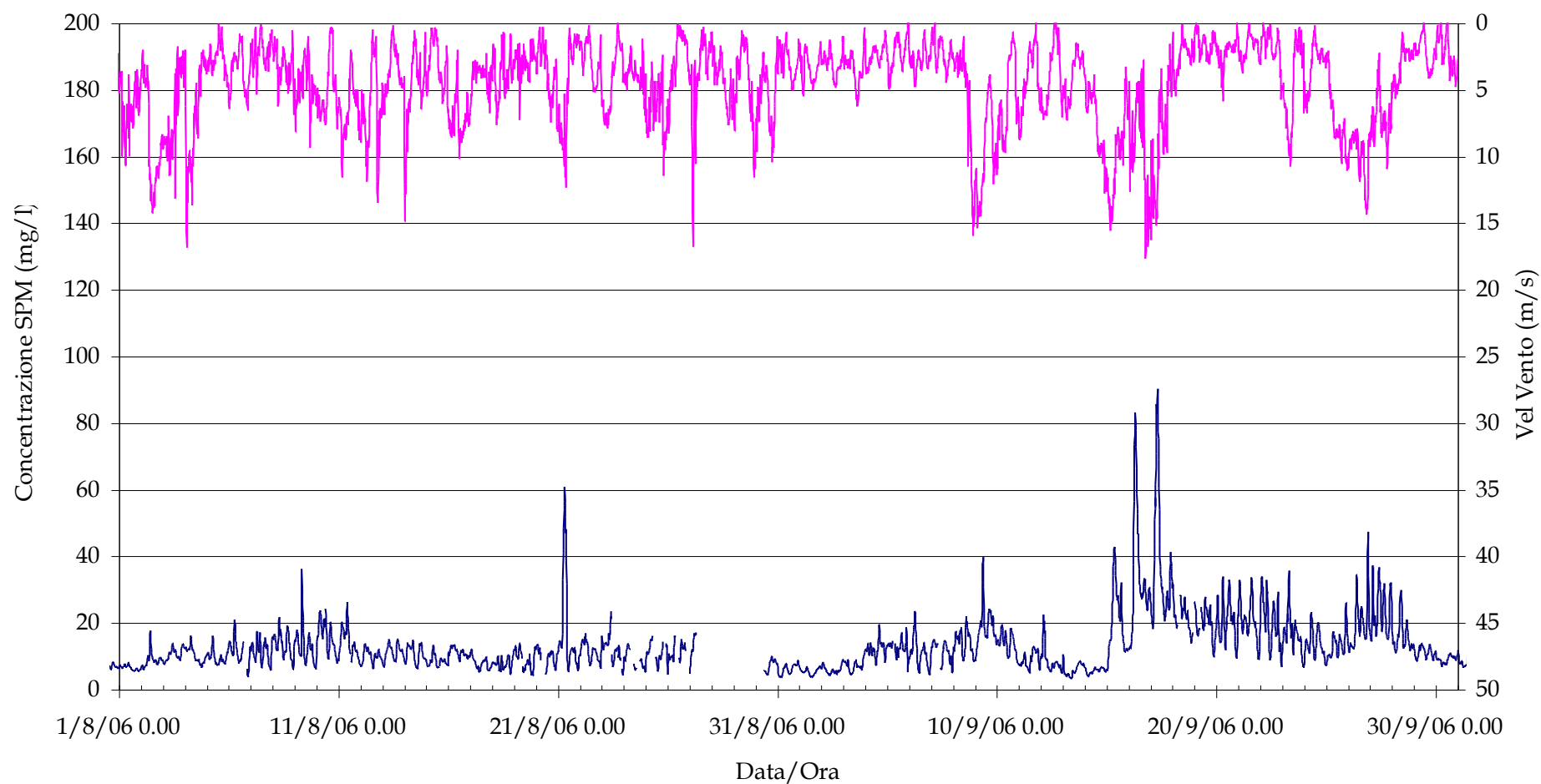
Stazione MAP

Figura 6.30 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Agosto-Settembre 2006

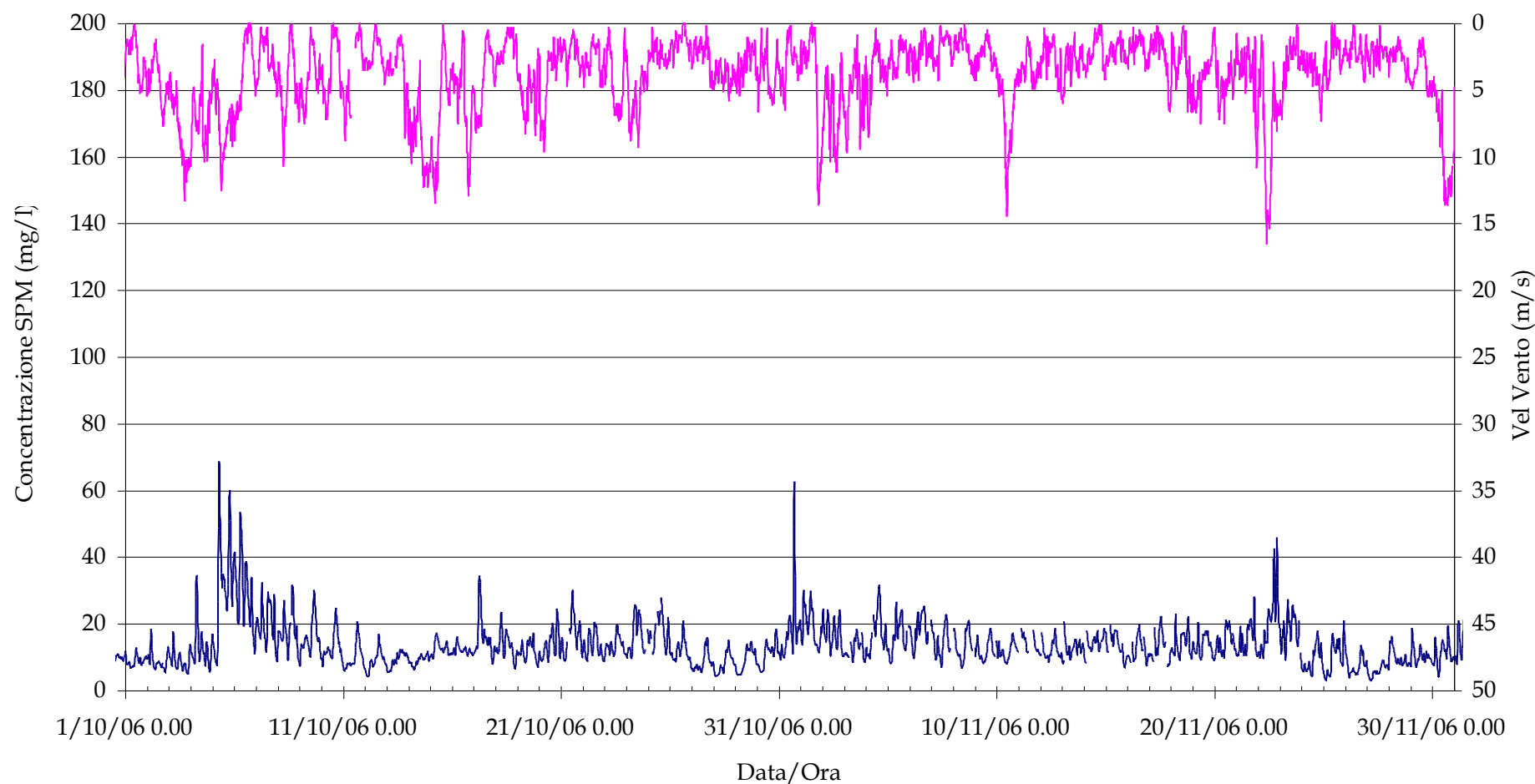
Stazione MAP

Figura 6.30 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

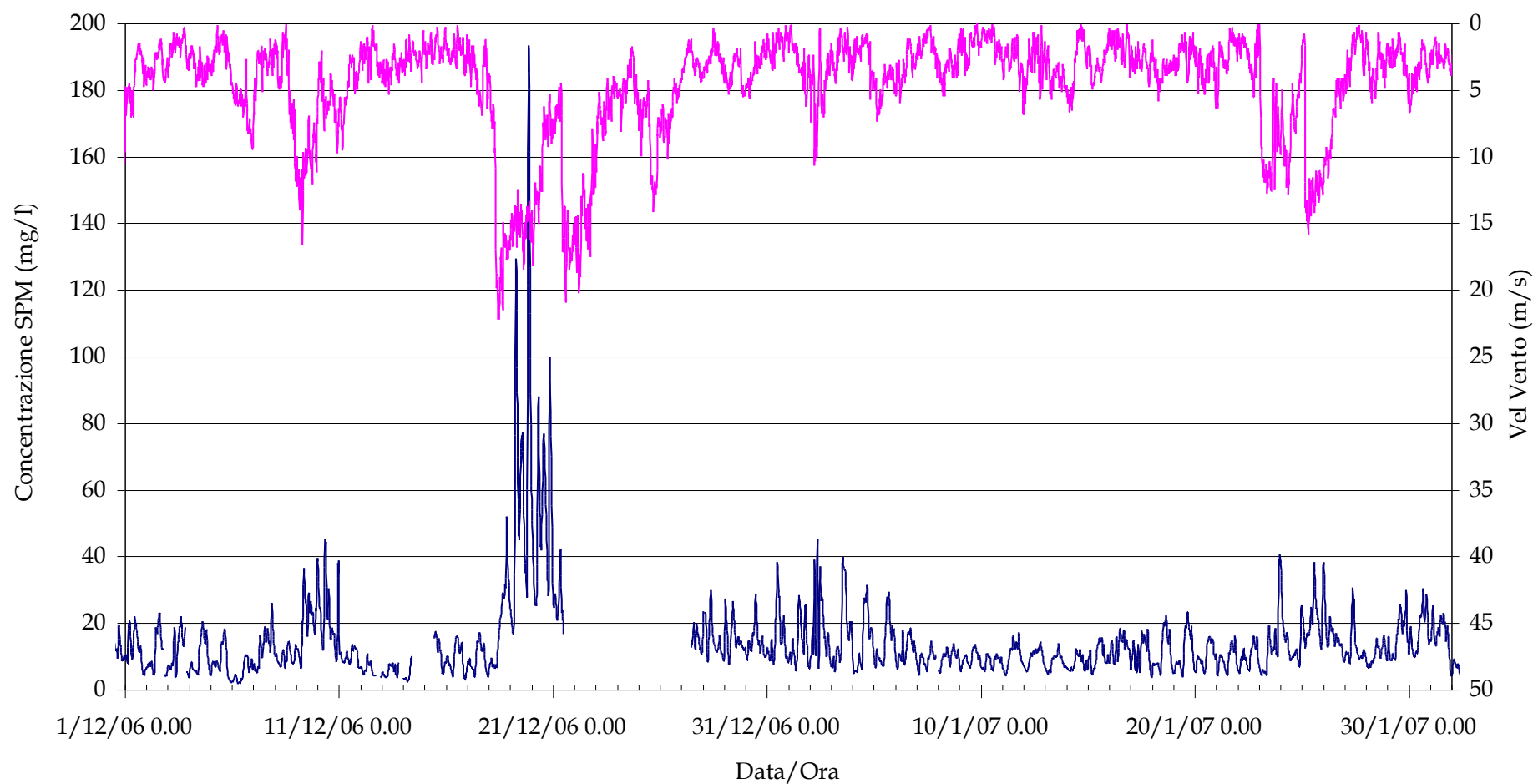
Stazione MAP

Figura 6.30 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Dicembre 2006-Gennaio 2006.

Stazione MAP

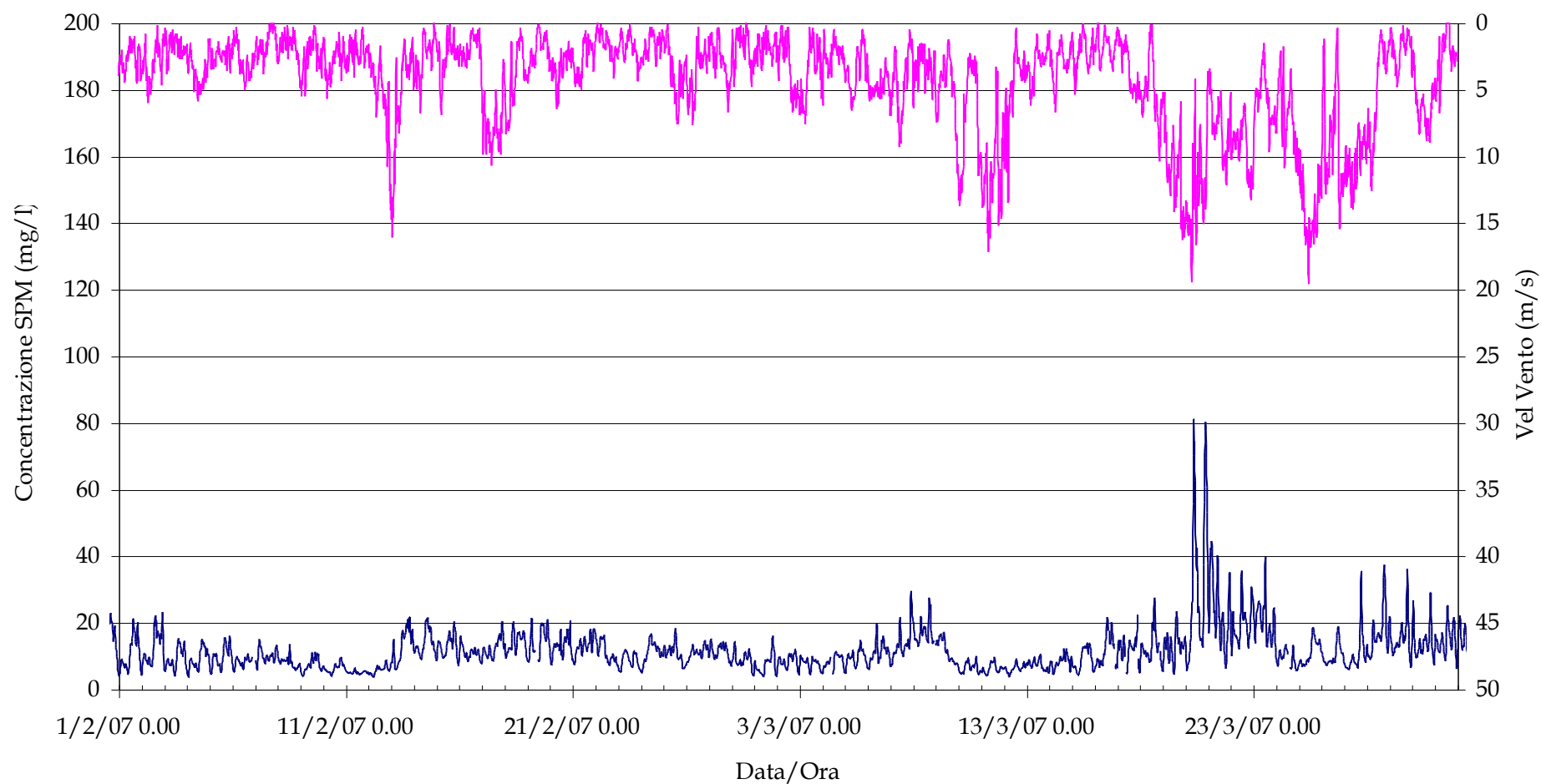


Figura 6.30 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

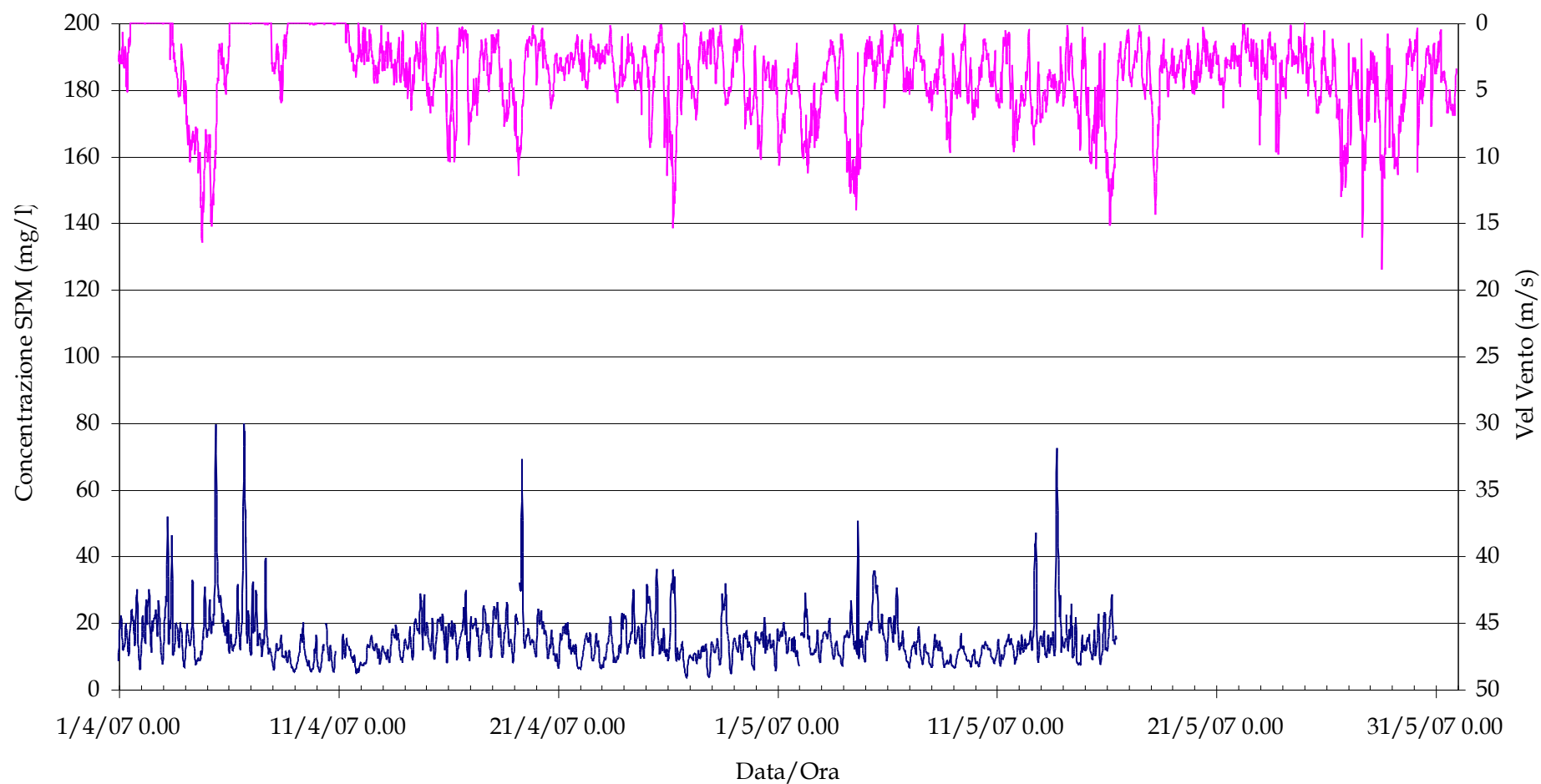
Stazione MAP

Figura 6.30 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Aprile-Maggio 2007.

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

Tabella 6.4. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nelle stazioni di misura della torbidità. N_{tot} è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione. Le concentrazioni sono in mg/l.

	CHP	LIM	LMR	LMR-2	LSA	LTP	MAP
Ntot	28539	27484	30153	27887	31057	28813	34036
Media	6.54	21.74	6.79	17.42	13.48	8.91	7.14
Dev. St.	9.90	53.01	6.43	11.51	8.59	7.31	5.56
Max	221.71	451.2	142.20	221.32	193.06	137.29	107.32
Min	0.96	0.24	1.56	4.87	1.63	1.62	1.13
10° percentile	2.47	2.61	3.11	8.11	6.46	3.77	3.38
25° percentile	3.39	3.69	3.93	10.33	8.60	4.84	4.27
30° percentile	3.66	4.03	4.16	11.12	9.25	5.20	4.55
50° percentile	4.64	5.66	5.22	14.54	11.74	6.91	5.76
70° percentile	5.97	8.47	6.78	19.66	14.78	9.41	7.50
75° percentile	6.44	10.23	7.32	21.22	15.86	10.35	8.10
90° percentile	9.55	46.63	11.04	28.27	21.57	16.07	12.09
95° percentile	14.52	123.30	15.00	35.23	26.99	21.13	15.67
99° percentile	50.32	297.39	33.12	61.45	44.53	34.34	27.69

Per quanto riguarda le medie, si evidenzia la somiglianza dei valori delle stazioni CHP, LMR, MAP, localizzate nei canali di bocca, i cui valori risultano tutti compresi nell'intervallo 6.5-7.1 mg/l. Decisamente più elevati sono, invece, i valori medi della stazione a mare LIM (21.7 mg/l) e delle stazioni localizzate in laguna (LSA e LTP, 17.4 e 13.4 mg/l rispettivamente). Lo stesso andamento si osserva nelle serie dell'anno precedente (Rapporto Finale, Studio B.6.72 B/1).

Dalla tabella risulta che i valori di torbidità massimi variano tra 107 e 451 mg/l; nei paragrafi successivi verrà fatta un'analisi dei picchi di torbidità in relazione alla velocità del vento, per ogni stazione.

Interessante è anche la distribuzione dei valori relativi al 95° percentile che individuano una serie di gruppi omogenei: un gruppo costituito dalla stazione a mare, con concentrazioni pari a 123.3 mg/l ed un gruppo costituito dalle stazioni nei canali di bocca, con concentrazioni comprese fra 14.5 e 21.0 mg/l. Le due stazioni in laguna presentano anch'esse valori simili del 95° percentile e si collocano in posizione intermedia fra i due gruppi precedenti con valori intorno a 27.0-35.2 mg/l. Un analogo distinzione in tre gruppi era stata fatta per le serie dell'anno precedente (Rapporto Finale, Studio B.6.72 B/1).

Per quanto riguarda i valori del 25° percentile, che potrebbe rappresentare con una buona approssimazione le condizioni di assenza di perturbazioni da moto ondoso nelle stazioni considerate, è interessante osservare come la stazione a mare e quelle collocate entro i canali di

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

bocca presentino valori molto simili e, in tutti i casi, inferiori a 4.8 mg/l. Questo dimostrerebbe come la torbidità dell'acqua entro le bocche di porto sia prevalentemente influenzata dalle caratteristiche di qualità dell'acqua di mare nelle condizioni normali. I valori del I quartile delle stazioni localizzate in laguna, al margine dei canali di Treporti e di S. Nicolò, sono, invece, caratterizzati da concentrazioni più elevate, intorno a 8-10 mg/l. Queste stesse considerazioni valgono anche per il 50° percentile che rappresenterebbe le condizioni più frequentemente incontrate e per le quali le concentrazioni nelle stazioni a mare si discostano solo di poche unità da quelle nelle bocche di porto. I valori delle prime cinque stazioni risultano, infatti, tutti compresi nell'intervallo 4.6-6.9 mg/l, mentre le concentrazioni relative ai siti in laguna raggiungono gli 11-15 mg/l circa.

Per quanto riguarda le due installazioni LMR, posta sul fondo, e LMR-2 posta in superficie nella stessa stazione, si può dire che i valori di concentrazione medi, massimi e minimi relativi alla stazione LMR-2 sono molto più elevati. Il che potrebbe di nuovo confermare che la "sorgente" di torbidità è ancora in mare, nella zona di sollevamento dal fondo da parte delle onde e quindi a profondità alquanto inferiore a quella della bocca.

Facendo un confronto tra i valori di torbidità di questo secondo anno di monitoraggio ed i valori dell'anno precedente si possono fare le seguenti considerazioni:

- i valori medi del periodo giugno 2006-maggio2007 sono inferiori (da 2 a 4 mg/l) a quelli del periodo maggio 2005-maggio 2006, fatta eccezione per la stazione a mare LIM la cui media è superiore di 6 mg/l;
- i valori del 25° percentile sono simili per LIM e LMR mentre sono inferiori per le altre stazioni;
- i valori del 50° percentile del periodo giugno 2006-maggio2007 sono inferiori a quelli del periodo maggio 2005-maggio 2006 in tutte le stazioni ad eccezione di LMR, i cui valori sono simili;
- i valori del 95° percentile del secondo anno di monitoraggio sono inferiori al primo anno, fatta eccezione per la stazione a mare LIM i cui valori sono superiori.

Non è possibile effettuare il confronto tra la stazione LSN e LNA perché sono ubicate in luoghi molto diversi dal punto di vista morfologico rispetto alle precedenti localizzazioni.

I parametri statistici significativi dei valori di concentrazione di particellato solido in sospensione misurati nell'ambito dei diversi studi effettuati da CNR-ISMAR, OGS, CORILA e APAT tra il 2001 ed il 2004 (vedi tabella 6.5, Rapporto Variabilità, Studio B.6.72 B/1, Novembre 2006) all'interno delle bocche di porto sono confrontabili con i valori ottenuti dalle registrazioni delle stazioni LMR, CHP e MAP, ubicate nel canale di bocca o in aree molto prossime allo stesso.

Tabella 6.5 Parametri statistici significativi dell'insieme dei dati di concentrazione del particellato solido in sospensione (mg/l) misurati nell'ambito di diversi studi effettuati a partire dal 2002 alle bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia.

Determinazioni sperimentali 2001-2004	
Ntot	959
Media	12,0
Dev. Std.	13,2
Max.	139,6
Min.	1,2
25° percentile	5,2
50° percentile	8,0
75° percentile	12,6
95° percentile	34,8

Va comunque ricordato che i rilievi eseguiti nelle stazioni fisse nel corso dello stesso anno mettono in evidenza un'elevata variabilità spaziale peraltro collegata alla variabilità meteorologica intra-annuale: in altre parole, eventi di vento locale elevato o moto ondoso in Adriatico (a cui corrispondono valori elevati di torbidità tendenzialmente più elevati rispettivamente in laguna o in mare) si fanno sentire in modo diverso a seconda della posizione del torbidimetro.

Un altro elemento che può essere rilevante in termini di variabilità spaziale è il possibile diverso effetto del fouling sui diversi apparecchi. Nel complesso, pertanto, la variabilità spaziale può oscurare la variabilità temporale sul lungo periodo (variabilità interannuale) ed, ancora di più gli eventuali effetti delle opere.

6.7 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche

L'obiettivo del monitoraggio è sia quello di monitorare i valori di torbidità di fondo ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio sia quello di verificare la dispersione della torbidità generata dalle draghe.

I bollettari forniti da Thetis e dal CVN-Servizio Ingegneria (file excel comprendenti l'orario, le coordinate e la velocità della draga, con aggiornamento ogni minuto circa) hanno permesso di ricavare gli orari di inizio e fine dragaggio della Draga Astra presso la Bocca di Lido, limitatamente ai periodi seguenti:

- 12-15 giugno 2007
- 2-9 agosto 2007
- 21-25 agosto 2007
- 27 agosto-4 settembre 2007
- 12-21 settembre 2007
- 25 settembre-1 dicembre 2007

Nel periodo che va dal 1 Giugno 2006 al 31 Dicembre 2006 la draga idrorefluente a sfioro ASTRA ha operato in diverse fasi e con frequenza diversa nella bocca di Porto di Lido, in prossimità dell'Isola Nuova, in fase di costruzione. Lo scavo ha interessato la porzione del canale compresa fra l'isola stessa e la spalla sud, nel canale di San Nicolò e la posizione corrispondente verso la spalla est, nel canale di Treporti. Si è pensato pertanto di analizzare le serie temporali delle stazioni LMR, LMR-2, LTP e LSA per verificare l'eventuale presenza di effetti significativi delle attività di scavo sulle registrazioni dello strumento. A questo scopo si è reso necessario acquisire gli orari precisi di lavoro dell'imbarcazione, in modo da poter posizionare gli intervalli di lavoro sulla serie temporale della torbidità per la verifica.

L'analisi è stata svolta considerando le concentrazioni al di sopra di 30 mg/l e individuando i picchi di torbidità ("Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto", Studio B.6.72 B/1, settembre 2005; "Linee guida misure speditive", Studio B.6.72 B/1, dicembre 2006; "Rapporto Finale", Studio B.6.72 B/1, dicembre 2006). Si ricorda che tale valore soglia per la torbidità generata, definito nel corso del primo anno di monitoraggio, è stato posto pari ad una concentrazione media su tutta la colonna d'acqua di 30 mg/l al di fuori della zona ad impatto totale.

La stazione LTP non viene considerata in questa analisi in quanto per la sua posizione le misure non possono essere influenzate dalla presenza della draga nella bocca.

Si distinguono due casi di picchi di torbidità:

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

- il primo caso quando la violazione è certamente indipendente dalla presenza della draga; questo caso si verifica quando la draga, in quello stesso intervallo di tempo, non è attiva, è troppo lontana o quando la corrente ha una direzione entrante (per l'analisi dei dati registrati dalle stazioni LMR e LMR-2) o ha una direzione uscente (per l'analisi dei dati registrati dalla stazione LSA);
- il secondo caso si ha quando la violazione potrebbe essere collegata alla presenza della draga, cioè quando la draga è presente ad una distanza tale che la velocità dell'acqua consente alla nuvola di torbidità di raggiungere la stazione di misura in un tempo inferiore al tempo che trascorre tra inizio scavo o inversione di corrente e istante di misura.

Si riportano nella tabella seguente i risultati dell'analisi.

Tabella 6.7. Analisi picchi di torbidità durante il periodo di presenza della draga Astra (giugno-dicembre 2006)

Stazione	LMR-2	LMR	LSA
Numero di eventi con $C > 30$ mg/l	23	17	119
Numero di eventi in cui non si hanno informazioni sulla draga	2	0	23
Numero di eventi CERTAMENTE NON attribuibili alla draga	21	15	85
Numero di eventi POSSIBILMENTE attribuibili alla draga	0	2	11
Percentuale eventi POSSIBILMENTE attribuibili alla draga	0%	11.8%	11.5%

È quindi evidente che l'influenza della draga sui picchi di torbidità è minima.

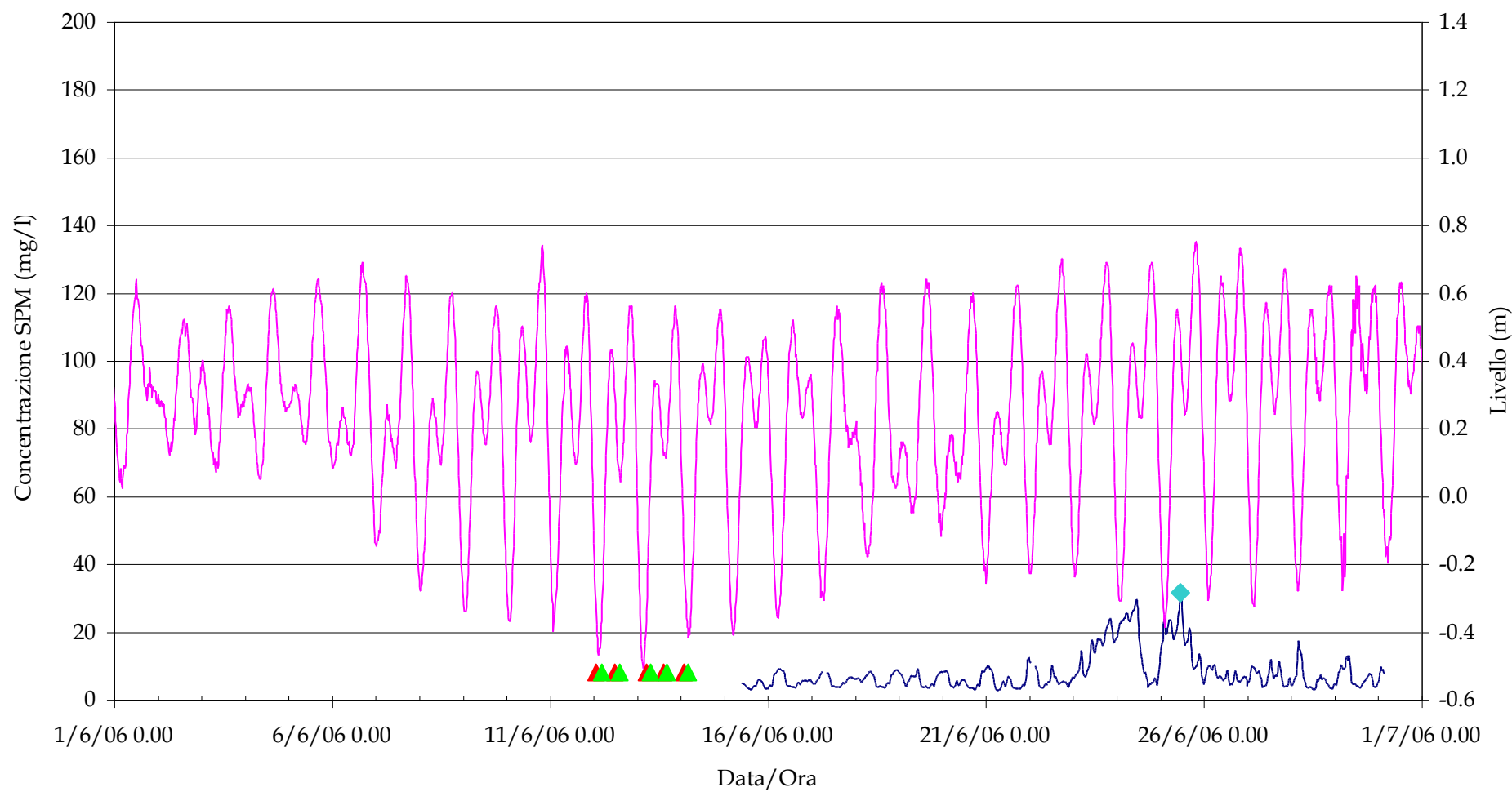
La successione degli interventi di scavo di cui è stato possibile raccogliere le informazioni è riportata, insieme all'andamento della torbidità e del livello di marea nelle figure successive. La serie temporale della torbidità che è stata considerata è già stata sottoposta alle procedure di controllo e filtrazione, in modo da poter accertare l'eventuale presenza di picchi istantanei legati alla stessa attività di scavo.

Gli istanti iniziale e finale di ciascun periodo di scavo sono indicati, rispettivamente, con punti di colore rosso e verde. Nel caso di mancanza di dati di concentrazione, vengono riportati nel grafico triangoli rossi e verdi in corrispondenza del valore medio di concentrazione del mese relativo.

I picchi che rappresentano un superamento del limite certamente indipendente dalla presenza della draga sono segnati con un cerchio rosso, mentre i picchi che rappresentano una violazione che potrebbe essere collegata alla presenza della draga sono evidenziati con un asterisco verde.

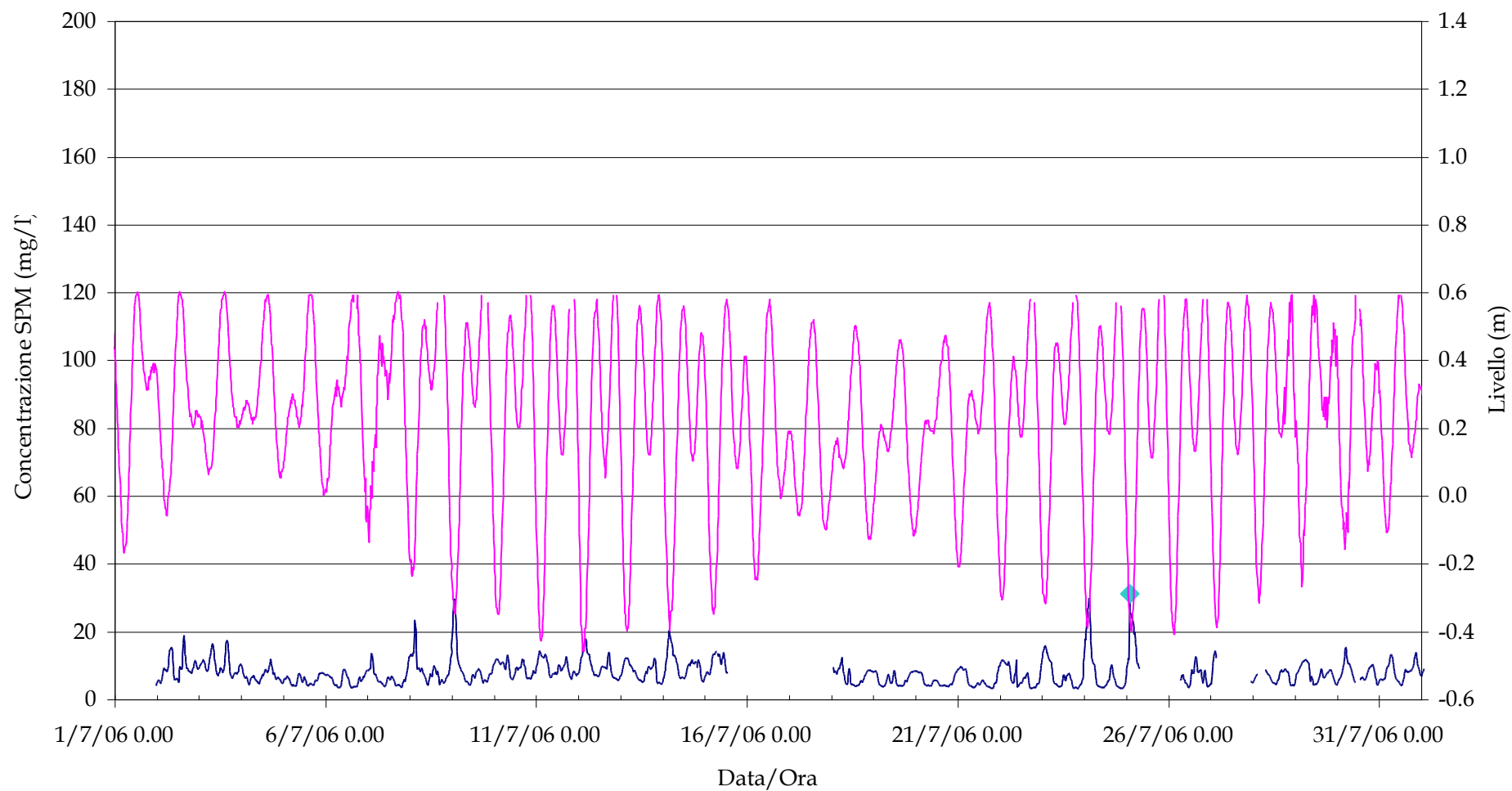
Nei casi di mancanza di informazioni sulla presenza della draga, i picchi sono evidenziati con un rombo azzurro.

Stazione LMR-2



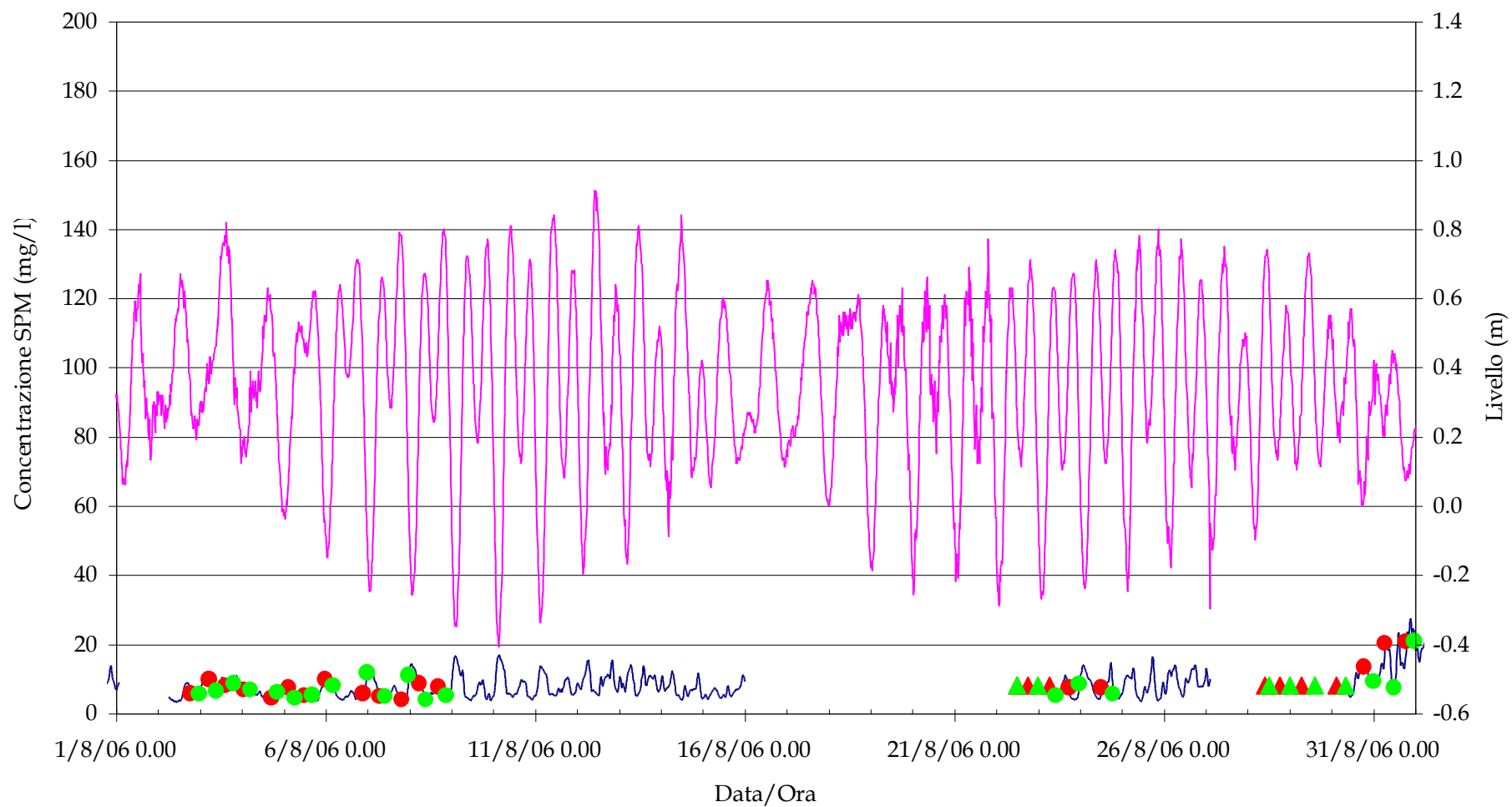
(a)

Stazione LMR-2



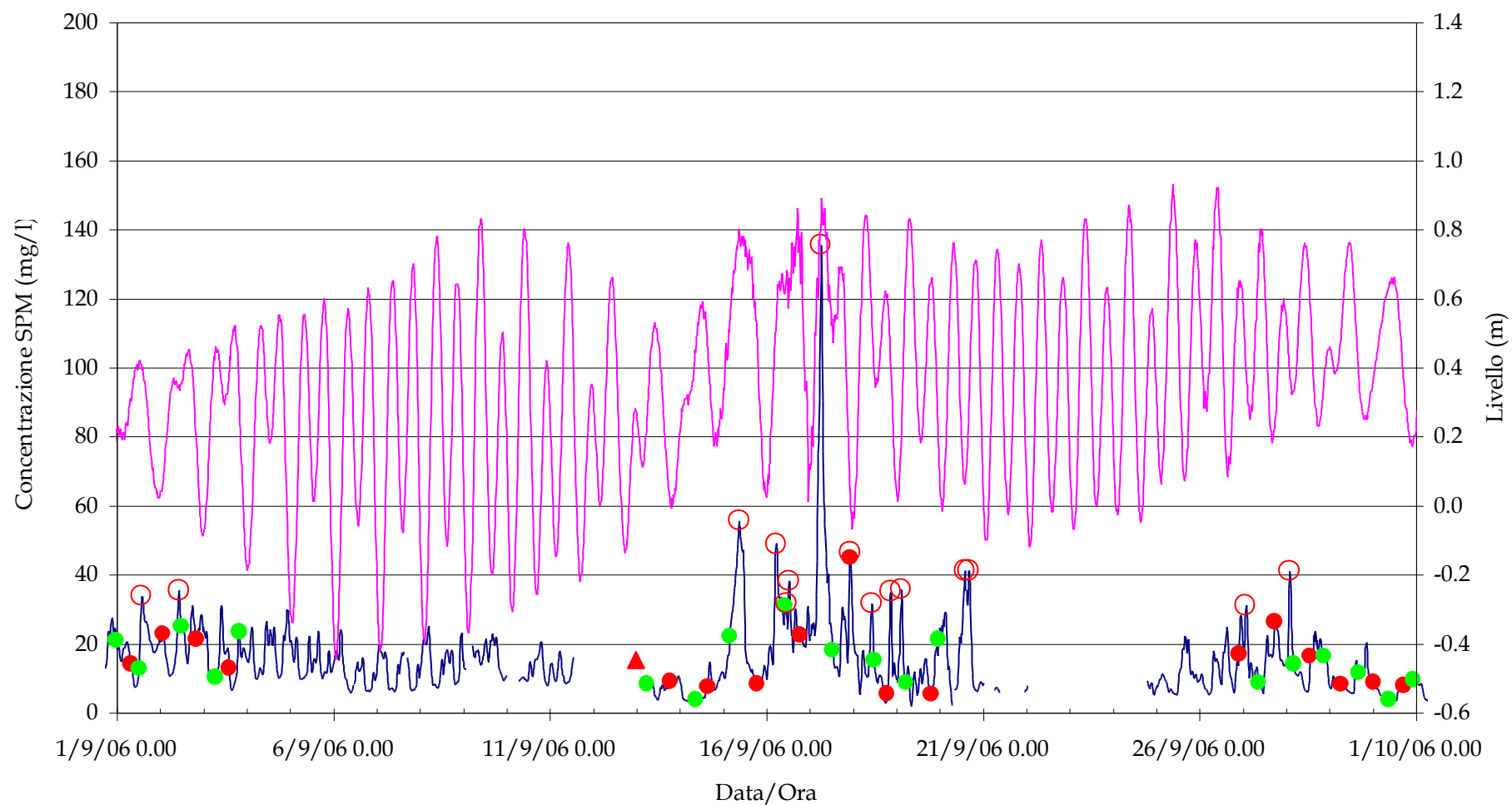
(b)

Stazione LMR-2



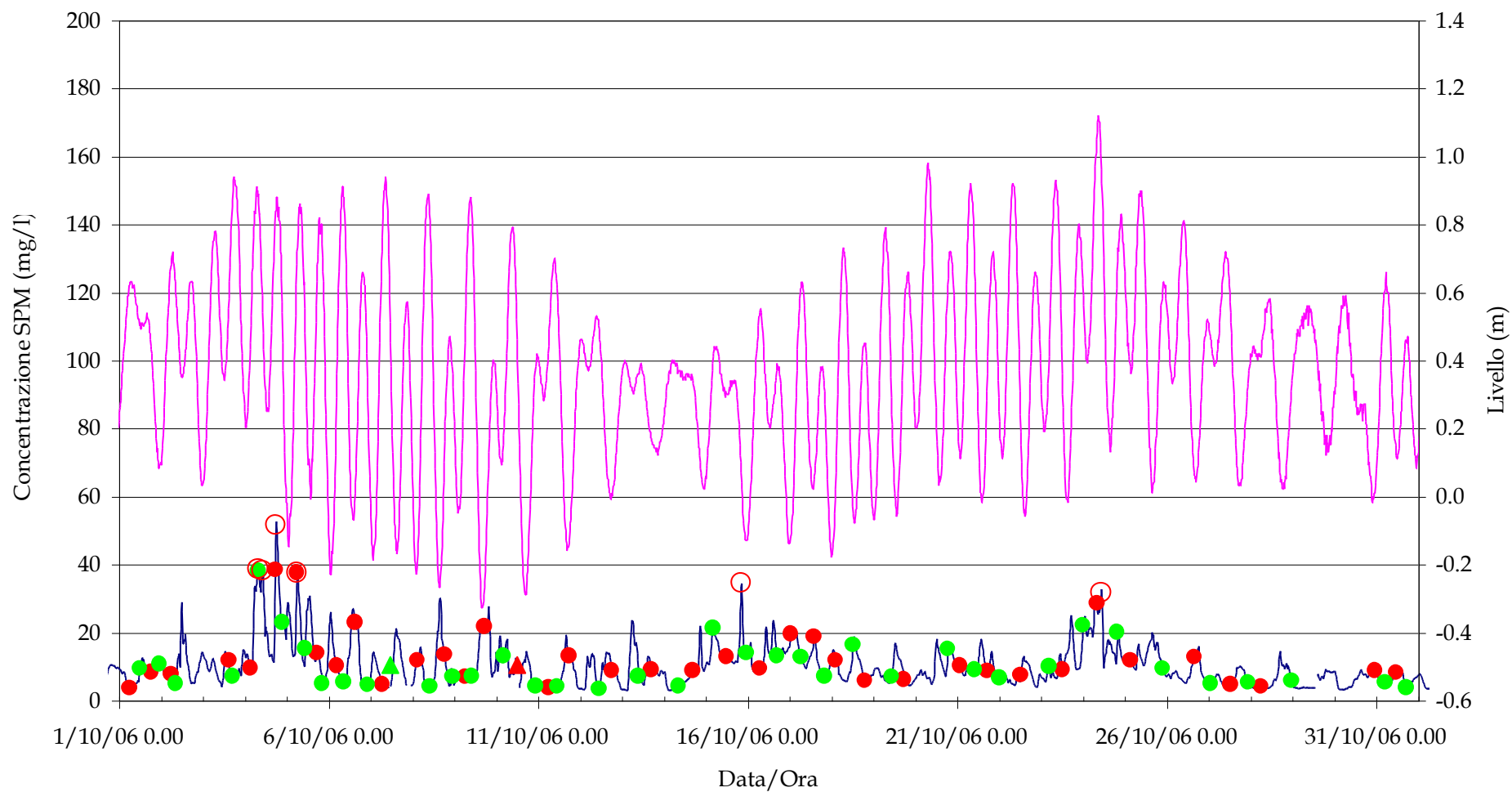
(c)

Stazione LMR-2



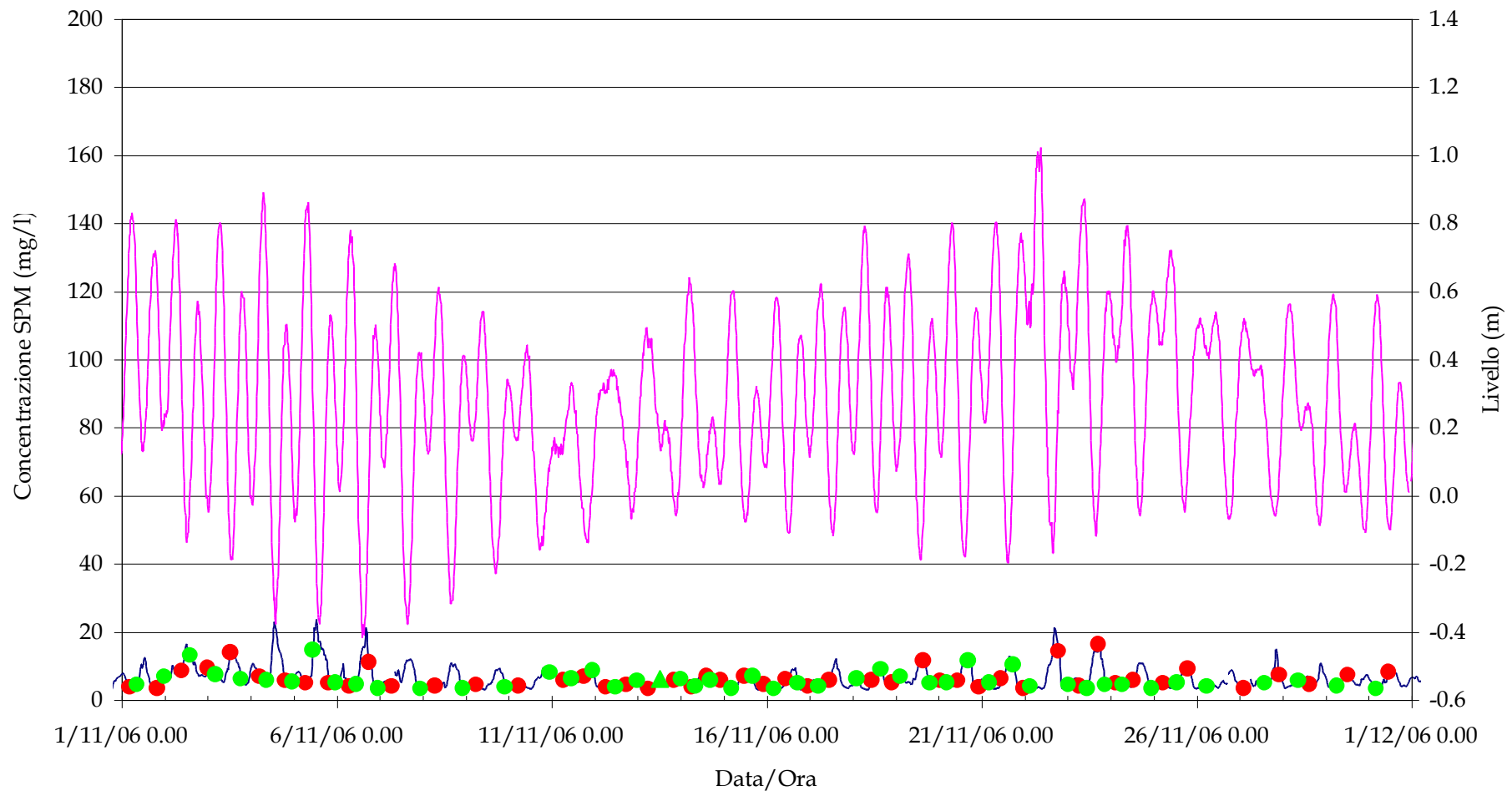
(d)

Stazione LMR-2



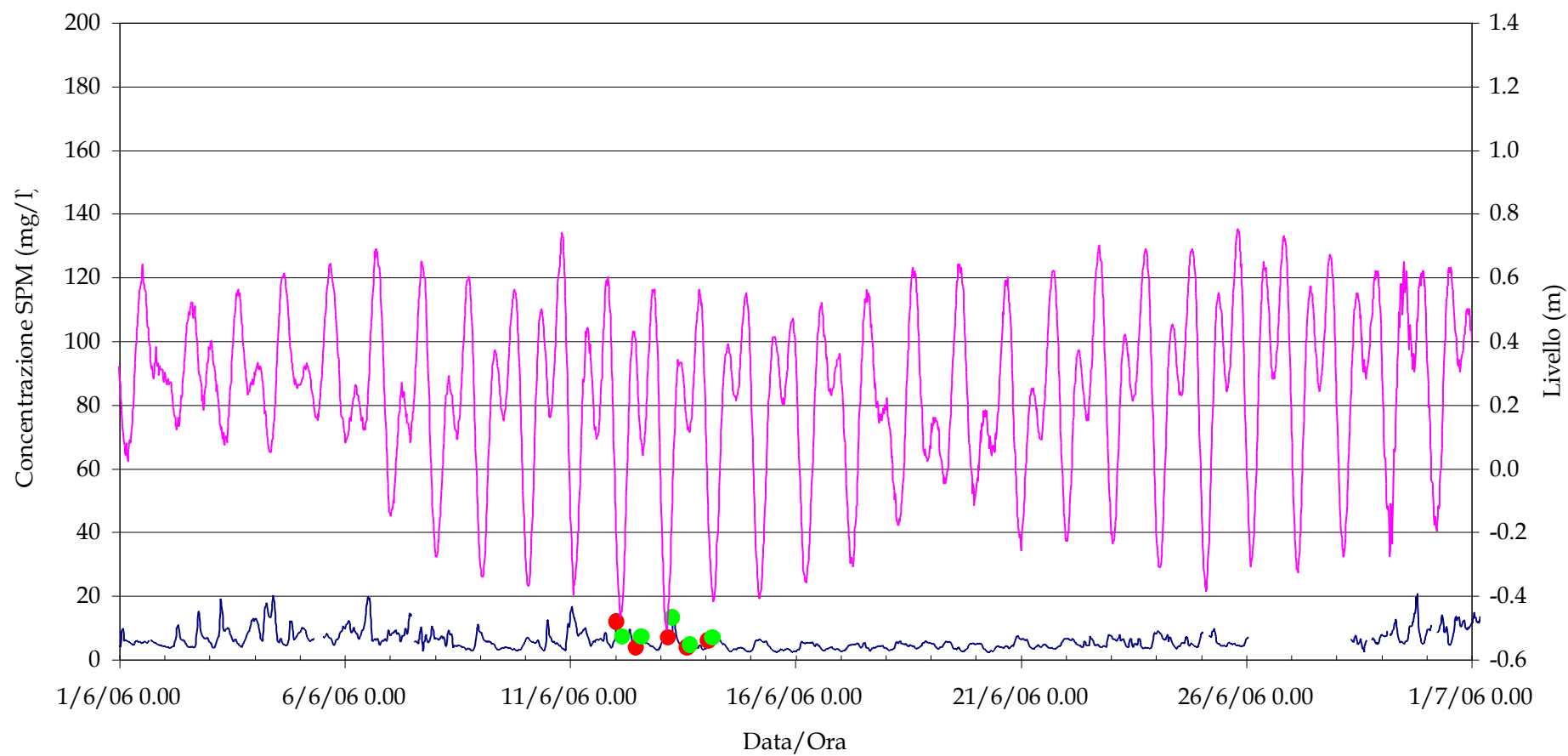
(e)

Stazione LMR-2

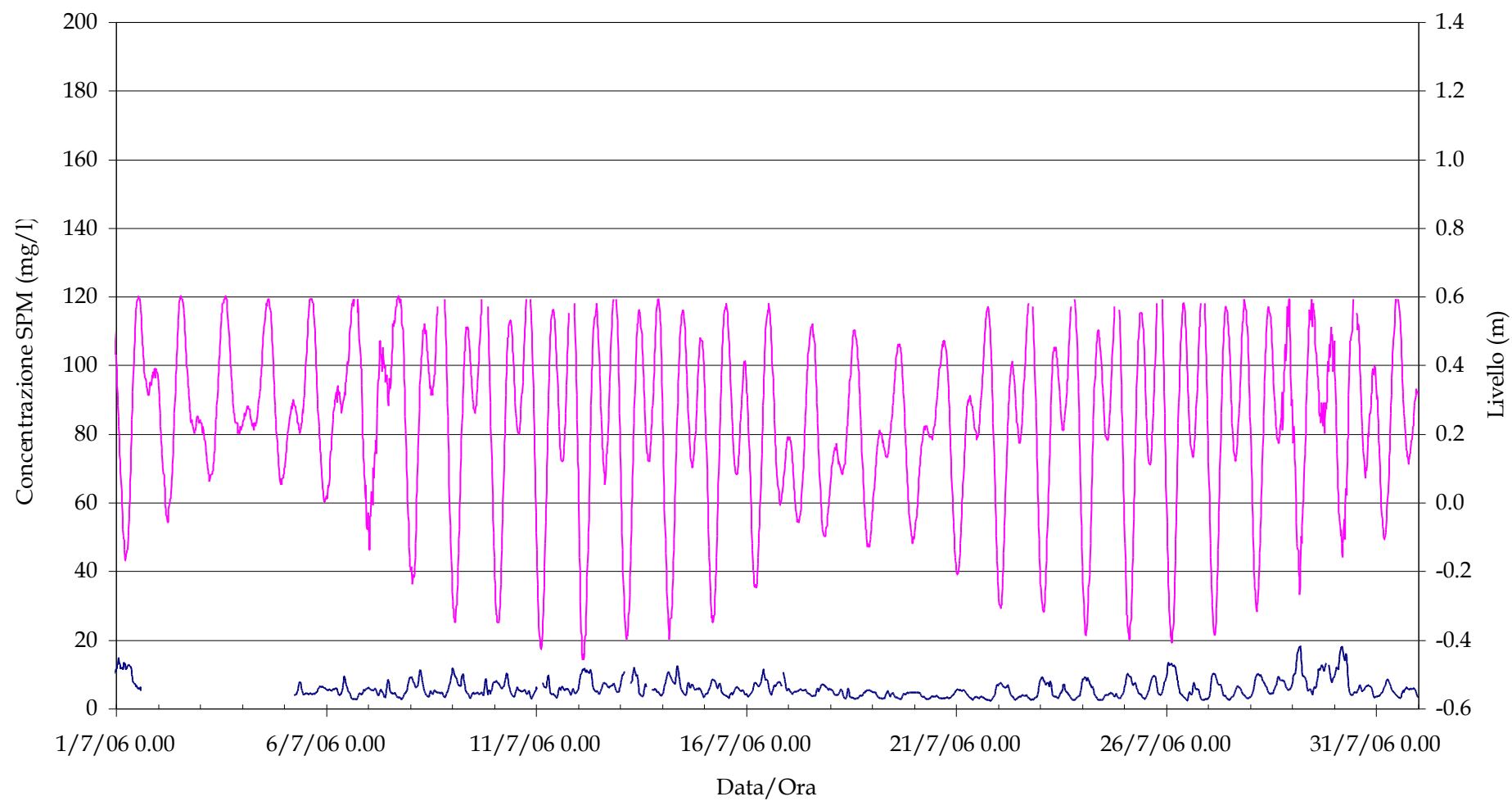


(f)

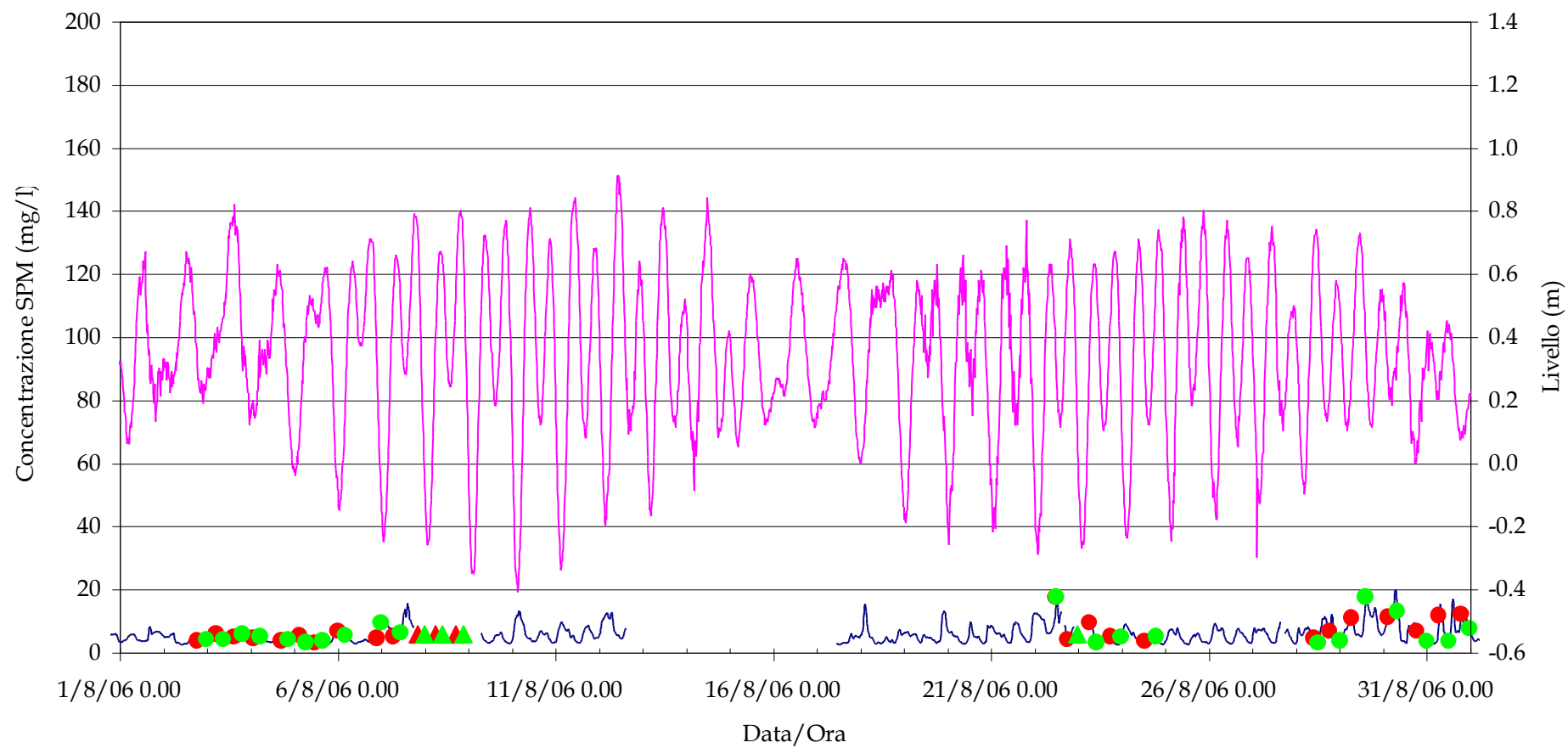
Figura 6.31. Sovrapposizione delle fasi di scavo della draga idrorefluente a sfioro ASTRA alla serie di torbidità della stazione LMR-2.

Stazione LMR

(a)

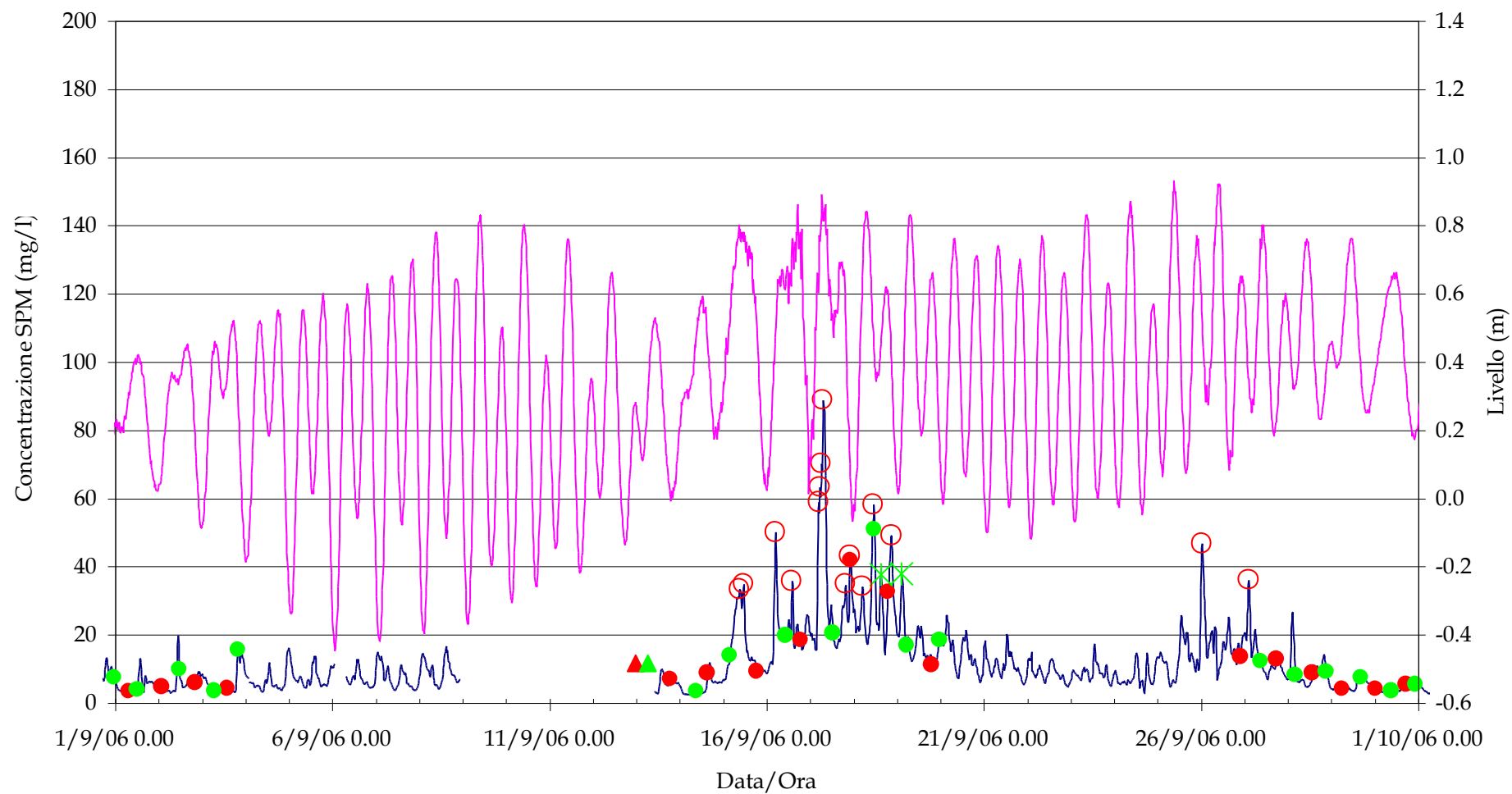
Stazione LMR

(b)

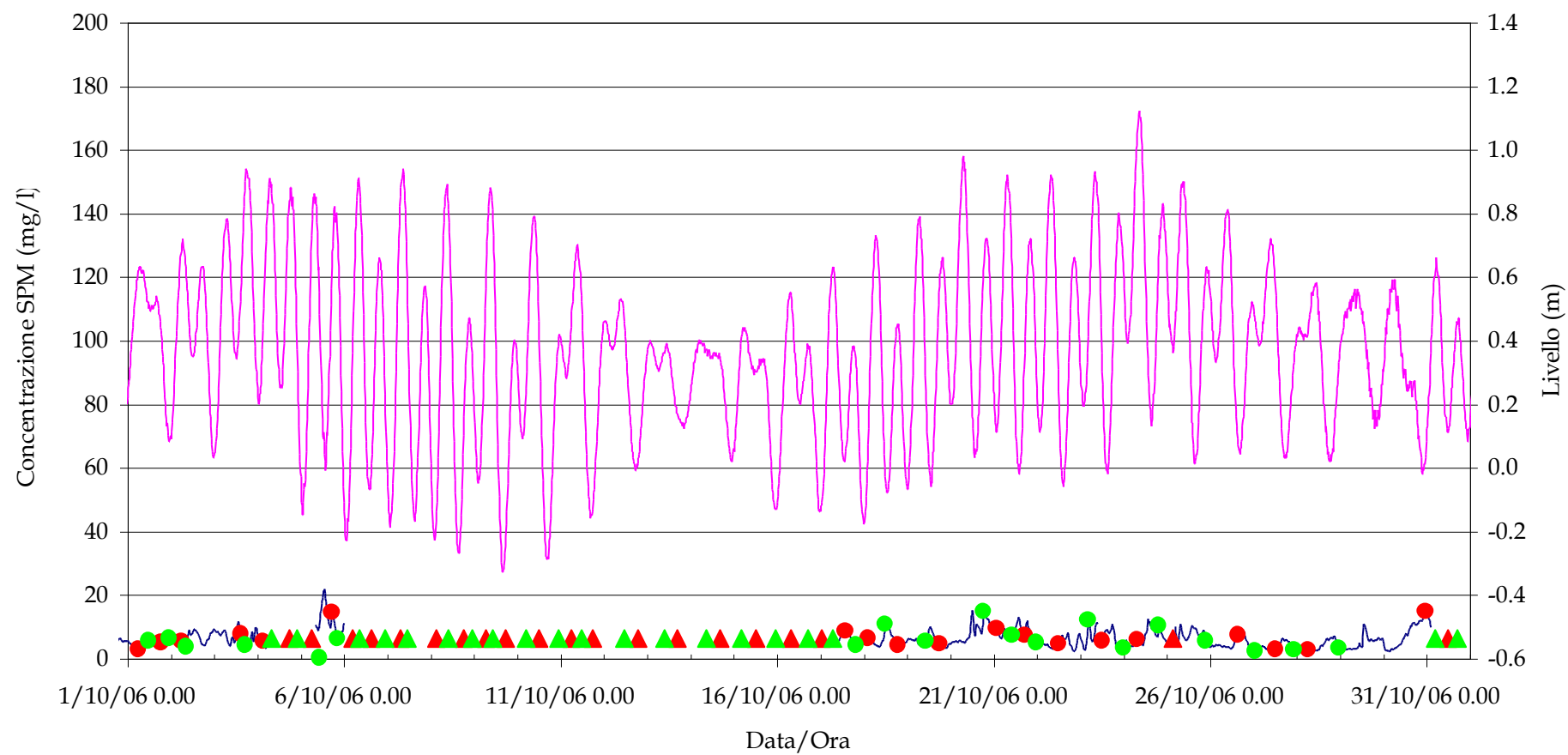
Stazione LMR

(c)

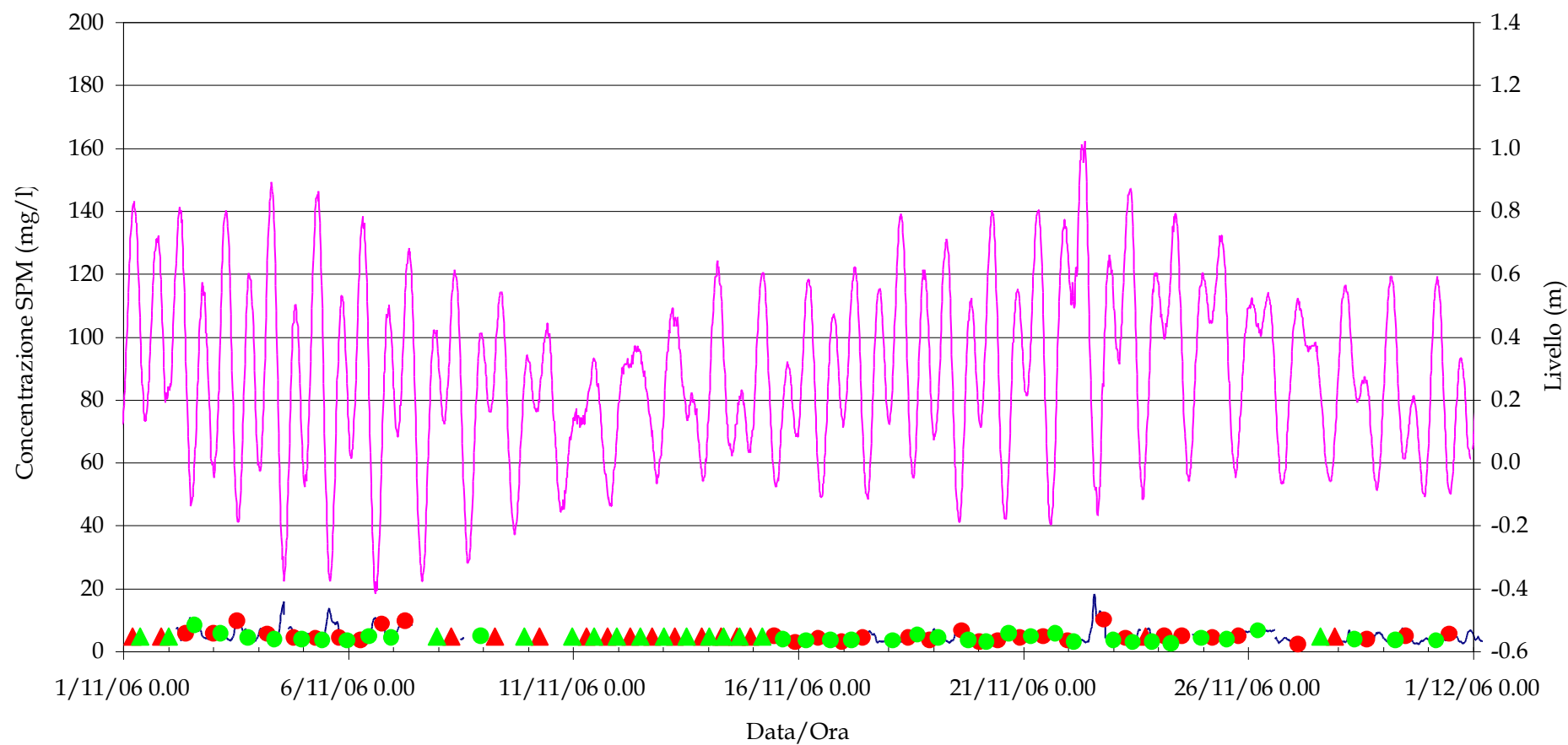
Stazione LMR



(d)

Stazione LMR

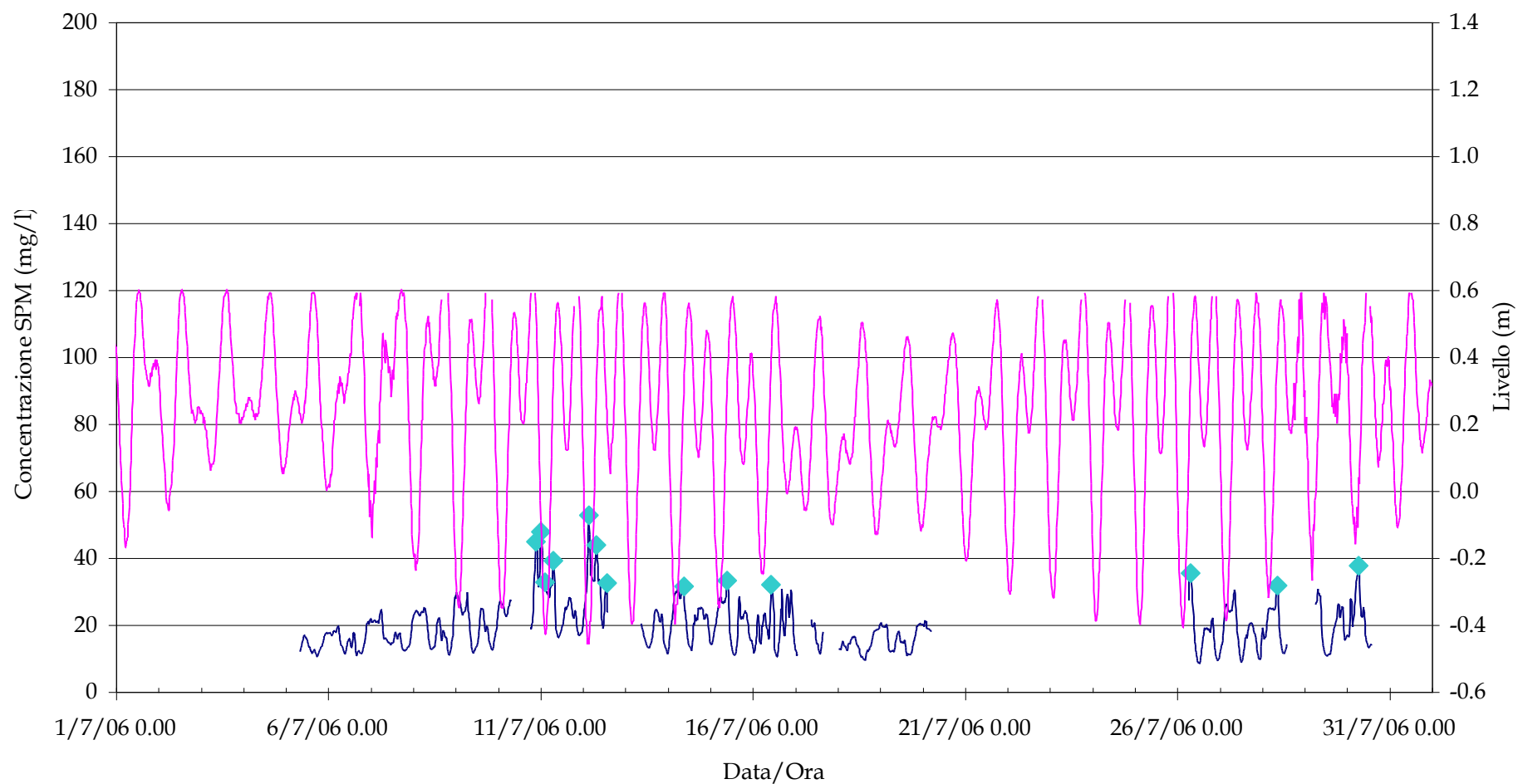
(e)

Stazione LMR

(f)

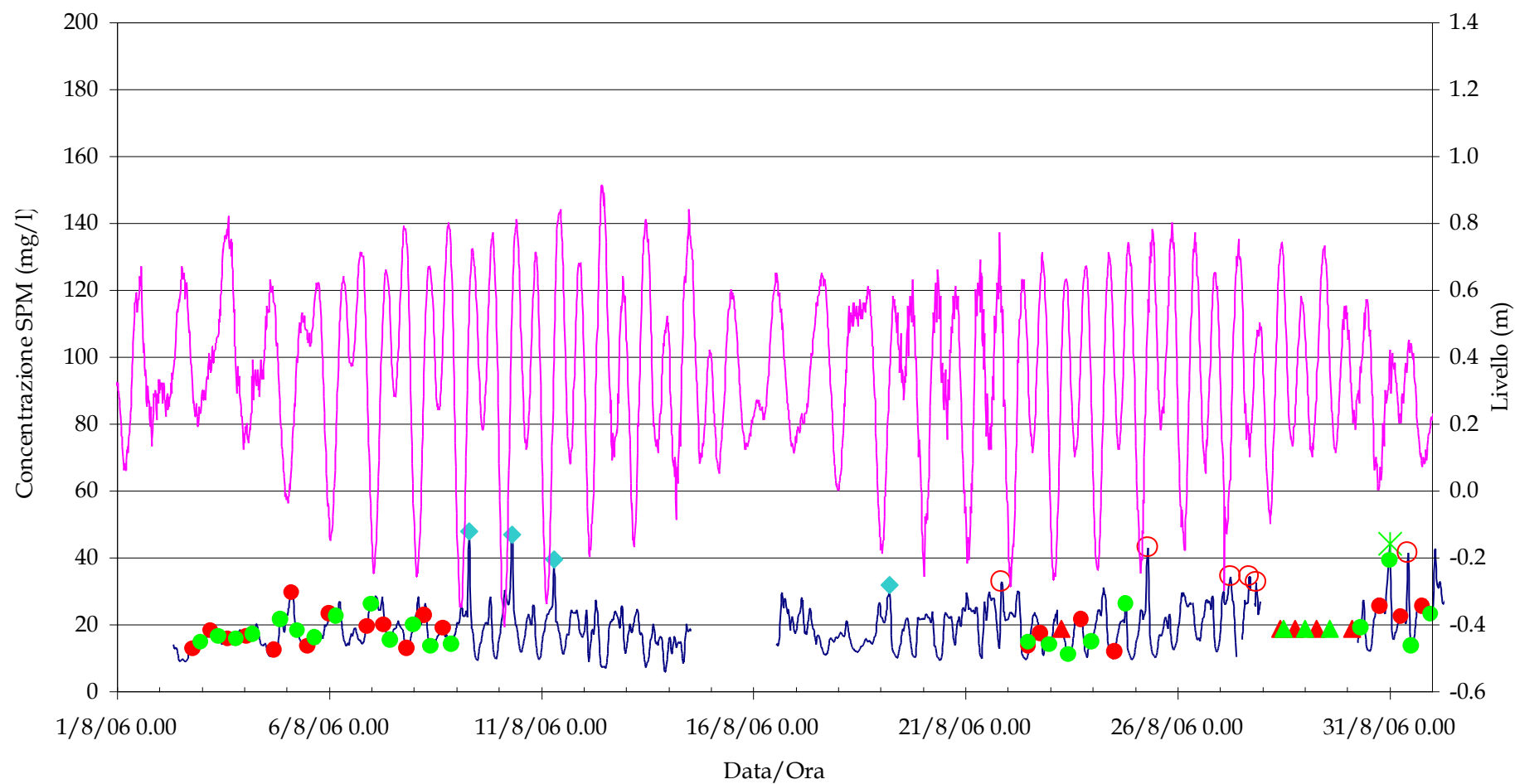
Figura 6.32. Sovrapposizione delle fasi di scavo della draga idrorefluente a sfioro ASTRA alla serie di torbidità della stazione LMR.

Stazione LSA



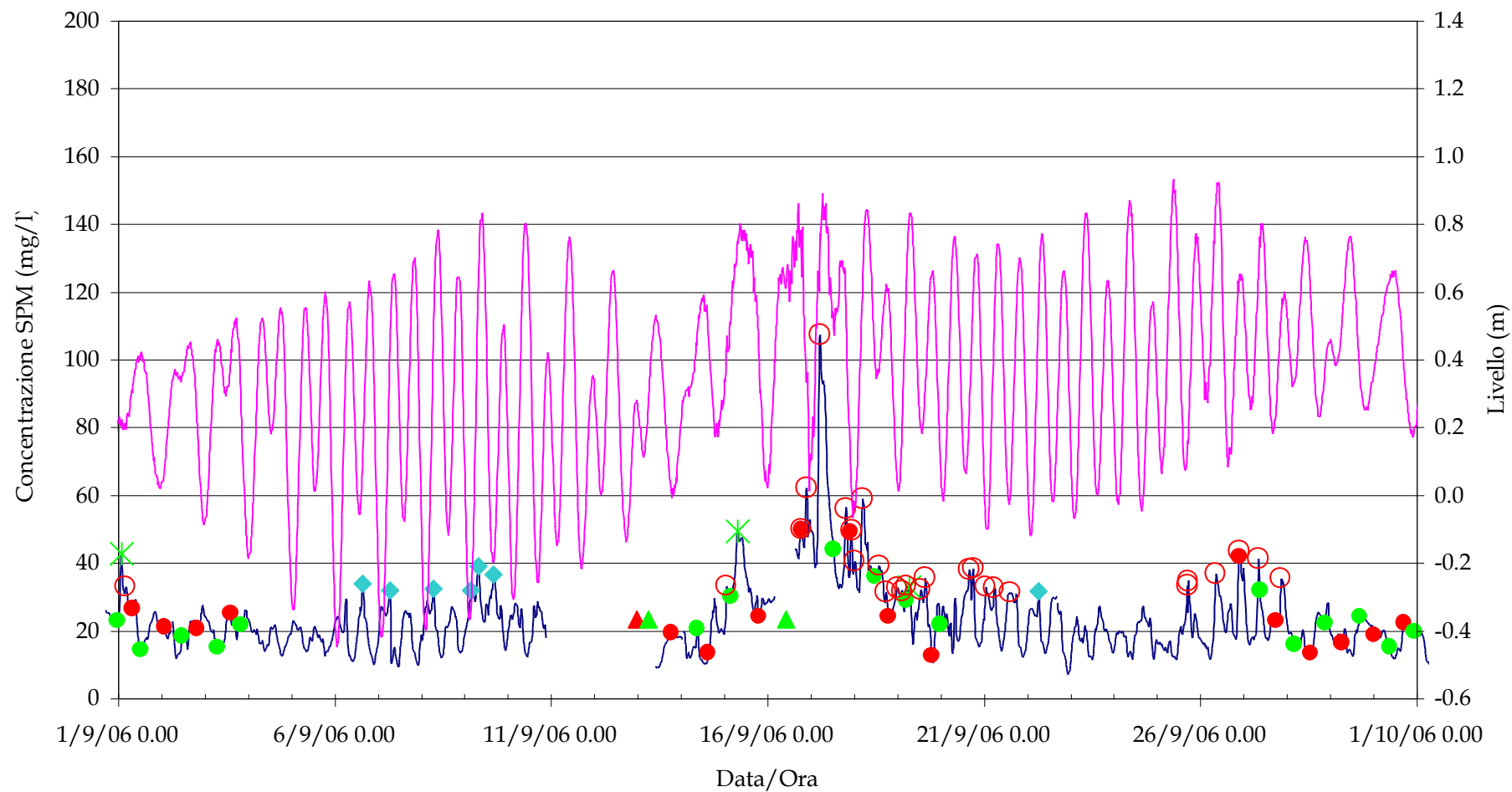
(a)

Stazione LSA



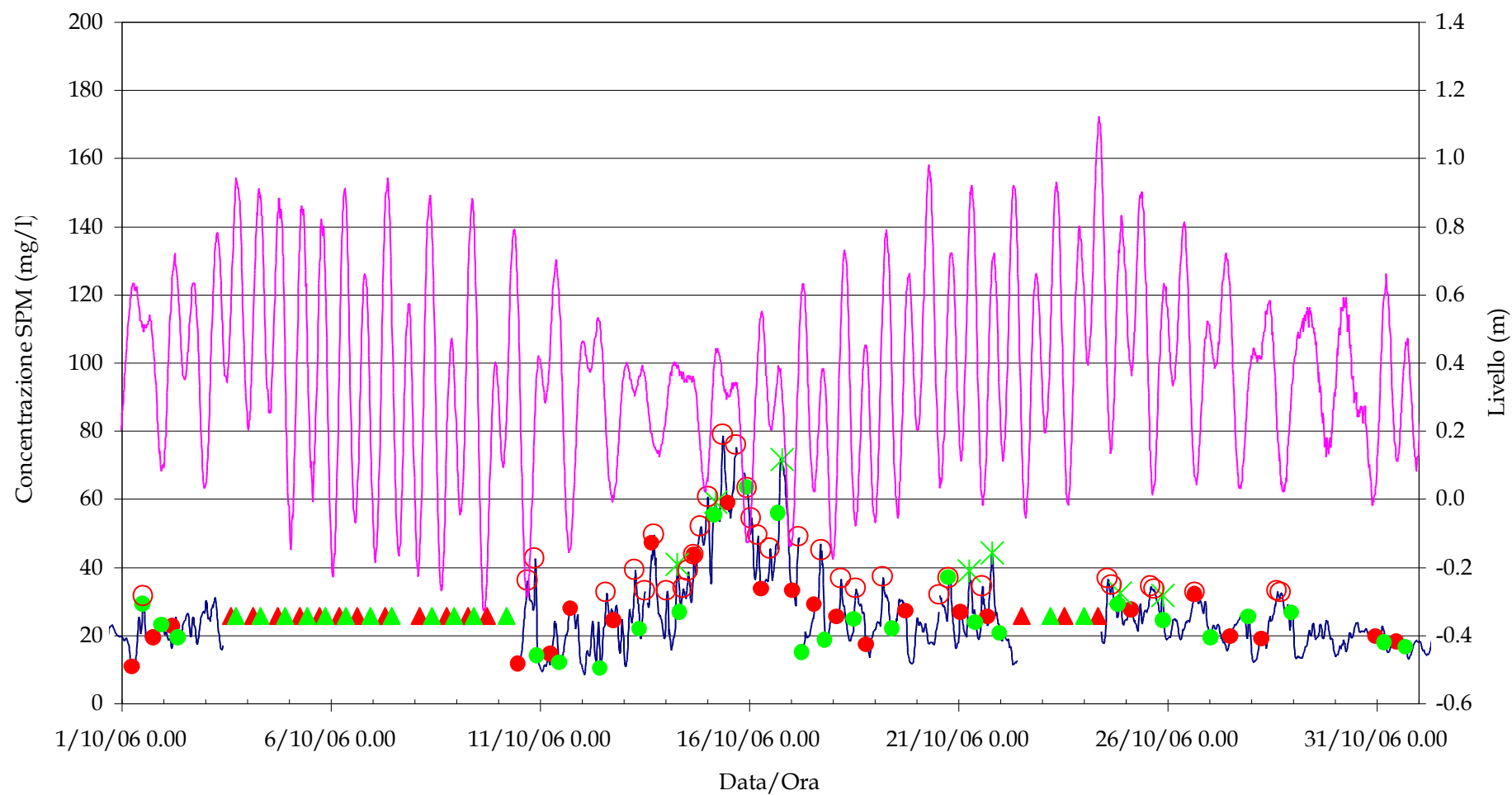
(b)

Stazione LSA



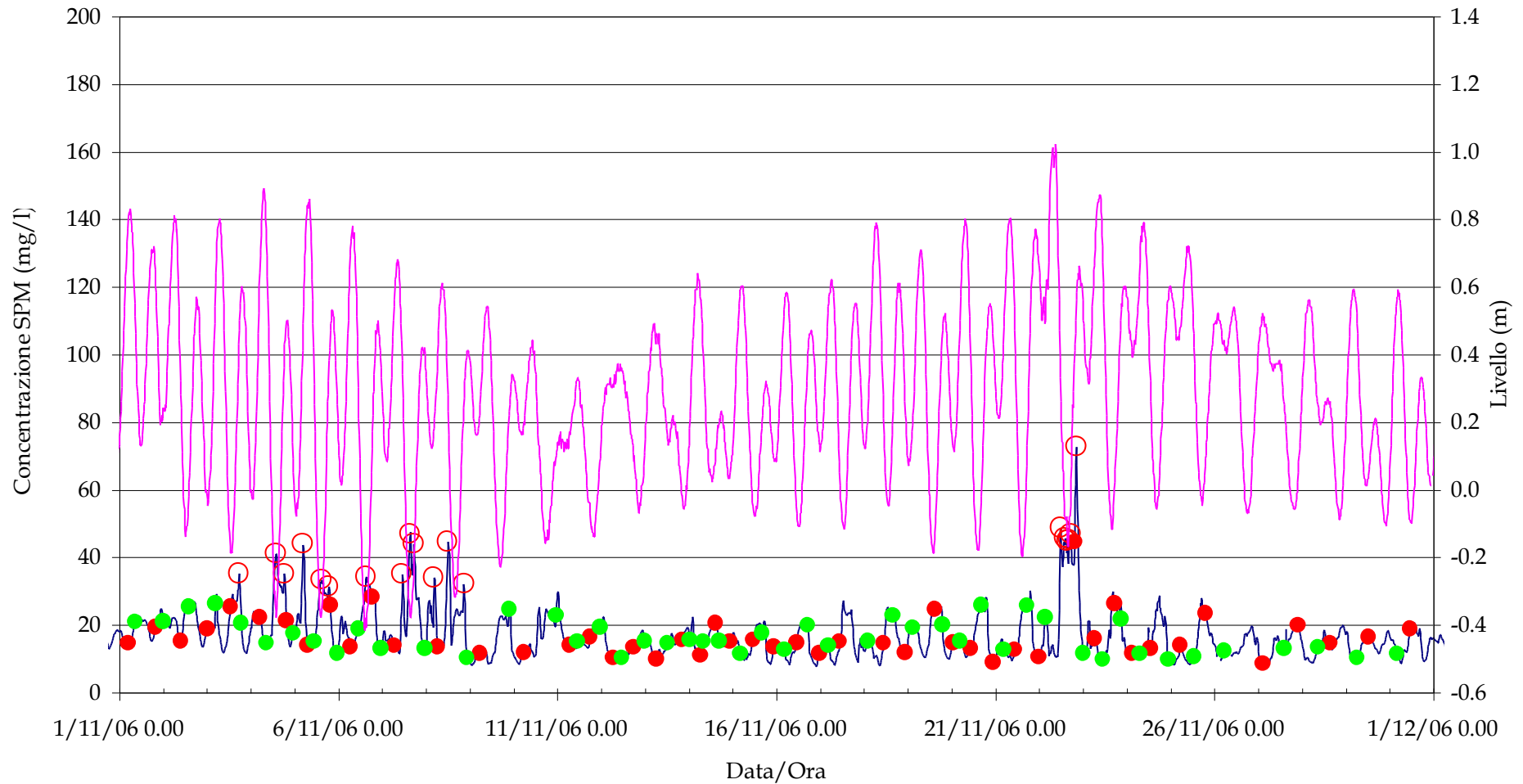
(c)

Stazione LSA



(d)

Stazione LSA



(e)

Figura 6.33. Sovrapposizione delle fasi di scavo della draga idrorefluente a sfioro ASTRA alla serie di torbidità della stazione LSA.

6.8 Analisi dei picchi di torbidità in relazione alle condizioni meteorologiche

Di seguito viene proposta, per ogni stazione, l'analisi dei picchi di torbidità in relazione alla velocità del vento.

Sono stati presi in considerazione i livelli di torbidità superiori al valore soglia di 30 mg/l ("Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto", Studio B.6.72 B/1, settembre 2005; "Linee guida misure speditive", Studio B.6.72 B/1, dicembre 2006; "Rapporto Finale", Studio B.6.72 B/1, dicembre 2006).

6.8.1 Analisi dei dati del periodo giugno-dicembre 2006

Stazione CHP

Il giorno 22 novembre 2006 si rileva un picco di torbidità che arriva fino a 221 mg/l; la torbidità inizia a superare il limite di 30 mg/l alle ore 11.15 e arriva al massimo alle ore 13.00 per poi scendere sotto la soglia alle ore 21.00. Si può quindi dire che l'evento abbia durata di circa 10 ore. La causa è l'elevata velocità del vento che già dalle 8.15 supera i 10 m/s per arrivare a 16 m/s.

Dal 18 al 20 dicembre 2006 si rilevano numerosi picchi di torbidità (18 dicembre ore 15.30 C=20.5 mg/l; 19 dicembre ore 2.00 C=66.4 mg/l; 19 dicembre ore 11.30 C=108 mg/l; 20 dicembre ore 12.00 C=49.4 mg/l; 20 dicembre ore 19.35 C=50.1 mg/l). La concentrazione inizia a superare il valore di 30 mg/l alle ore 11.00 del 18 dicembre e torna sotto la soglia il giorno 20 dicembre alle ore 21.00. L'evento quindi dura più di due giorni. Il vento sale alle 8.15 del 18 dicembre fino ad arrivare ad avere una velocità massima di 22 m/s e torna in condizioni normali alle 12.30 del 20 dicembre.

Il giorno 21 dicembre 2006 la concentrazione inizia a salire alle 14.00 fino ad arrivare al valore massimo di 138 mg/l alle ore 16.30; torna poi a valori normali alle ore 21.00, per una durata totale di 7 ore. Durante questa anomalia il vento varia da 14 a 21 m/s.

Il giorno 22 dicembre sono presenti numerosi picchi di concentrazione (ore 4.30 C=123 mg/l; ore 6.45 C=72.4 mg/l; ore 12.45 C=80.3 mg/l; ore 17.45 C=88 mg/l; ore 20.45 C=81 mg/l). La concentrazione inizia a salire alle 1.00 e scende sotto la soglia il 23 dicembre alle 5.45; la durata dell'evento è quindi di circa 30 ore. Il vento si mantiene superiore a 10 m/s, con un massimo di 21 m/s. Giacché il vento si mantiene superiore alla norma dalle ore 11.00 del 21 dicembre alle 2.15 del 23 dicembre si potrebbe considerare un'unica anomalia dal 21 al 23 dicembre di durata pari a circa 37 ore.

Il giorno 25 dicembre 2006 il livello di torbidità sale alle ore 17.30 e arriva al massimo di 54 mg/l alle 18.45, per poi scendere alle 19.45. La durata è di poco più di due ore; il vento inizia a superare i 10 m/s alle 14.15 e presenta un massimo di 14 m/s.

Stazione LIM

Il giorno 26 giugno 2006 il livello di torbidità sale alle ore 00.45 e arriva al massimo di 35.8 mg/l alle 1.30, per poi scendere alle 3.00. La durata è di poco più di due ore; il vento ha una velocità di 4 m/s. È presente poi un'ulteriore picco tra le 4.45 e le 5.15 con un massimo di 32.1 mg/l ed una velocità del vento di 4 m/s.

Dalle 2.00 del 15 settembre alle 5.00 del 18 settembre la concentrazione è sempre superiore a 30 mg/l e sono presenti numerosi picchi (anche maggiori di 160 mg/l) con massimo di 249 mg/l. La velocità del vento è superiore a 10 m/s dalle 22.30 del 14 settembre alle 10.30 del 15 settembre con un massimo di 15 m/s e dalle 18.00 del 16 settembre alle 8.30 del 17 settembre con un massimo di 17 m/s.

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

Dalle 19.00 del 25 settembre alle 8.45 del 28 settembre sono presenti numerosi picchi, alternati a valori di concentrazione inferiore alla soglia, con valori compresi tra 36 e 164 mg/l. La velocità del vento è superiore a 10 m/s dalle 21.15 del 25 settembre alle 1.45 del 26 settembre con un massimo di 10 m/s, dalle 12.00 alle 14.45 del 26 settembre con un massimo di 11 m/s e dalle 18.15 alle 22.30 del 26 settembre con un massimo di 14 m/s.

Dalle 16.00 del 3 ottobre alle 15.00 del 5 ottobre sono presenti numerosi picchi e la concentrazione scende sotto i 30 mg/l solo per brevi intervalli di tempo. Quasi tutti i picchi superano i 100 mg/l e il massimo è di 266 mg/l. Il vento ha velocità dalle 8.15 alle 18.30 del 3 ottobre presenta valori maggiori di 10 m/s alternati a basse velocità, dalle 18.30 fino all'1.00 del 4 ottobre presenta valori sempre superiori a 10 m/s.

Il giorno 15 ottobre alle ore 21.30 è presente un picco di 31.6 mg/l e la velocità del vento è di 6 m/s.

Dalle ore 10.45 del 16 ottobre alle 7.15 del 19 ottobre sono presenti numerosi picchi di concentrazione con valori superiori a 40 mg/l ed il massimo di 128 mg/l. La velocità del vento si mantiene superiore a 10 m/s dalle 17.45 alle 21.00 del 16 ottobre, con un massimo di 13 m/s.

Il giorno 20 ottobre dalle 5.45 alle 23.00 sono presenti numerosi picchi tra 60 e 80 mg/l e la velocità del vento varia tra 2 e 9 m/s.

Il giorno 21 ottobre tra le 3.00 e le 3.30 è presente un picco di 33.6 mg/l e la velocità del vento è di 2 m/s.

Il giorno 24 ottobre è presente un picco di 31.4 mg/l tra le 8.00 e le 8.30 e la velocità del vento è 6 m/s; la concentrazione sale nuovamente alle 16.15 e presenta un massimo di 58.7 mg/l alle 17.00, quindi scende alle 18.30 (velocità del vento 4 m/s). La concentrazione sale nuovamente alle 22.30, presenta un massimo di 36.4 mg/l alle 22.15 e scende alle 00.15; la velocità del vento è di 5 m/s.

Il giorno 25 ottobre alle ore 4.00 è presente un picco di 33.9 mg/l e la velocità del vento è di 2 m/s.

Dalle ore 12.45 dell'8 dicembre 2006 alle ore 00.45 del 11 dicembre sono presenti numerosi picchi, la maggior parte dei quali supera i 200 mg/l, fino ad un massimo di 339 mg/l; la velocità del vento si mantiene oltre i 10 m/s dalle 23.15 dell'8 dicembre alle 13.45 del 9 dicembre.

Dalle ore 11.45 del 18 dicembre fino alle 23.30 del 20 dicembre si riscontrano numerosi picchi tra gli 80 e i 300 mg/l; il vento ha velocità superiore a 10 m/s dalle 8.00 del 18 dicembre alle 12.30 del 20 dicembre con un massimo di 22 m/s.

Un'altra anomalia di lunga durata è presente dalle 12.30 del 21 dicembre alle 10.30 del 24 dicembre; la concentrazione presenta numerosi picchi che vanno dai 60 ai 380 mg/l, fenomeno causato dal vento che ha velocità superiore a 10 m/s dalle 11.00 del 21 dicembre alle 2.00 del 23 dicembre con un massimo di 21 m/s.

Dalle ore 19.45 del 25 dicembre alle 23.15 del 26 dicembre sono presenti numerosi picchi di concentrazione che assumono valori variabili tra 50 e 172 mg/l in corrispondenza di una velocità del vento che assume valori tra 11 e 13 m/s dalle 14.15 alle 21.45 del 25 dicembre.

Stazione LMR

Il giorno 10 dicembre 2006 la concentrazione sale alle ore 00.15 e arriva ad un massimo di 41.2 mg/l alle 0.45; scende alle 1.45 per una durata di un'ora e mezza. Il vento durante questo intervallo di tempo ha velocità di circa 7 m/s, con un massimo di 11 m/s alle ore 23.30. Tra le ore 8.30 e 9.30 è presente un'ulteriore picco di 33.1 mg/l in corrispondenza di una velocità del vento di 6 m/s.

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

Dal 18 al 20 dicembre sono presenti numerosi picchi (18 dicembre ore 14.45 C=110.1 mg/l; 18 dicembre ore 19.15 C=69.2 mg/l; 19 dicembre ore 5.45 C=108.8 mg/l; 19 dicembre ore 13.00 C=63.3 mg/l; 19 dicembre ore 19.45 C=121.1 mg/l; 20 dicembre ore 7.15 C=49 mg/l; 20 dicembre ore 12.45 C=49 mg/l; 20 dicembre ore 19.45 C=43.8 mg/l), alternati a dei cali di torbidità anche sotto i 30 mg/l; si considera che l'anomalia inizi alle 13.45 del 18 dicembre e termini alle 22 del 20 dicembre in corrispondenza ad una velocità del vento che si mantiene superiore ai 10 m/s a partire dalle 8.00 del 18 dicembre fino alle 12.30 del 20 dicembre con un massimo di 22 m/s alle 11.15 del 18 dicembre.

Dal 21 al 22 dicembre sono presenti numerosi picchi (21 dicembre ore 14.02 C=142.2 mg/l; 21 dicembre ore 20.15 C=81.1 mg/l; 22 dicembre ore 7.45 C=67.2 mg/l; 22 dicembre ore 13.30 C=56.3 mg/l; 22 dicembre ore 21.30 C=85.4 mg/l), alternati a dei cali di concentrazione anche sotto i 30 mg/l. Si considera che l'anomalia inizi alle 13.15 del 21 dicembre e termini alle 1.30 del 23 dicembre in corrispondenza ad una velocità del vento che si mantiene superiore ai 10 m/s a partire dalle 11.00 del 21 dicembre fino alle 2.00 del 23 dicembre con un massimo di 21 m/s alle 15.30 del 21 dicembre.

Il 23 dicembre tra le 15.00 e le 16.15 è presente un picco di 33.8 mg/l con una velocità del vento di 6 m/s; successivamente la concentrazione si mantiene superiore ai 30 mg/l dalle 21.30 alle 23.30 ed è presente un picco di 37.9 mg/l; la velocità del vento è di circa 5 m/s.

Stazione LMR-2

Il giorno 10 dicembre 2006 la concentrazione sale alle 9.00, arriva al massimo di 32.6 mg/l alle 9.15 e scende alle 10. La velocità del vento è di circa 6 m/s.

Nelle giornate dal 21 al 22 dicembre sono presenti numerosi picchi di torbidità (21 dicembre ore 20.15 C=137.3 mg/l; 22 dicembre ore 7.45 C=113.5 mg/l; 22 dicembre ore 14.15 C=73.4 mg/l; 22 dicembre ore 22.00 C=70.9 mg/l), alternati a cali di concentrazione anche sotto la soglia. L'anomalia si può considerare inizi alle 19.15 del 21 dicembre e finisca alle 2.00 del 23 dicembre in corrispondenza ad una velocità del vento che si mantiene superiore ai 10 m/s a partire dalle 11.00 del 21 dicembre fino alle 2.00 del 23 dicembre con un massimo di 21 m/s alle 15.30 del 21 dicembre.

Il 23 dicembre la concentrazione sale alle 14.45, arriva al massimo di 41.7 alle 15.45, poi scende e risale fino a 32.3 mg/l alle 22.30; scende definitivamente alle 0.00. Il vento durante l'anomalia ha una velocità di circa 5 m/s.

Stazione LSA

Il giorno 7 dicembre la concentrazione presenta due picchi: il primo di 32 mg/l tra le 18.15 e le 19.00 e il secondo di 32.1 mg/l tra le 21.15 e le 21.45. La velocità del vento è pari a 2 m/s.

Il giorno 9 dicembre sono presenti numerosi picchi di torbidità (ore 11.00 C=38.4 mg/l, ore 15.15 C=33.4 mg/l, ore 16.15 C=39.6 mg/l, ore 19.45 C=38 mg/l, ore 00.15 C=40.1 mg/l). Il vento ha una velocità superiore a 10 m/s dalle 23.15 dell'8 dicembre alle 19.15 del 9 dicembre.

Il giorno 10 dicembre la concentrazione sale alle 9.45 e scende alle 13.00, presentando un picco di 40.1 mg/l alle 10.45; la velocità del vento è di 6 m/s. È presente un'ulteriore picco di 32.2 mg/l tra le 17.00 e le 17.45, in corrispondenza di una velocità del vento di 4 m/s.

Dal 18 al 24 dicembre 2006 sono presenti 20 picchi di torbidità che variano tra 35.6 mg/l e 221.3 mg/l. Si considera che l'anomalia inizi alle 12.15 del 18 dicembre e finisca alle 22.45 del 24 dicembre. Il vento ha una velocità superiore ai 10 m/s dalle 18.00 del 18 dicembre fino alle 12.30 del

20 dicembre con un massimo di 22 m/s e dalle 11 del 21 dicembre fino alle 2.00 del 23 dicembre con un massimo di 21 m/s.

Il giorno 25 dicembre la concentrazione sale alle 22.15, presenta un picco di 71.5 mg/l alle 23.15 e scende alle 5.15. Durante questo intervallo di tempo il vento ha una velocità di 7 m/s; era superiore a 10 m/s dalle 14.15 alle 21.45.

Stazione LTP

Il giorno 12 giugno 2006 la concentrazione sale alle 9.15, presenta un picco di 31.2 mg/l e scende alle 9.30. Durante questo intervallo di tempo il vento ha una velocità di 3 m/s. È presente un altro picco tra le 14.00 e le 14.15 di 33.6 mg/l con una velocità del vento di 3 m/s.

Il giorno 13 giugno la concentrazione sale alle 4.30, presenta un picco di 41.2 mg/l alle 5.00 e scende alle 5.45. Durante questo intervallo di tempo il vento ha una velocità di 3 m/s.

Il giorno 25 giugno la concentrazione sale alle 4.15, presenta un picco di 32 mg/l e scende alle 4.45. Durante questo intervallo di tempo il vento ha una velocità di 1 m/s.

Il giorno 26 giugno sono presenti tre picchi; la concentrazione sale alle 3.00, presenta un picco di 32.7 mg/l e scende alle 5.00 e il vento ha una velocità di 6 m/s. La concentrazione sale alle 5.45, presenta un picco di 31.2 mg/l e scende alle 6.15, ed il vento ha una velocità di 4 m/s. La concentrazione sale alle 16.30, presenta un picco di 31.9 mg/l e scende alle 17.00; il vento ha una velocità di 5 m/s.

Il giorno 27 giugno sono presenti cinque picchi; la concentrazione sale alle 2.00, presenta quattro picchi di 35.8-34.6-33.6-36.8 mg/l e scende alle 7.15; il vento ha una velocità di 2 m/s. La concentrazione sale nuovamente alle 16.30, presenta un picco di 35.3 mg/l e scende alle 17.30 e il vento ha una velocità di 3 m/s.

Il giorno 30 giugno la concentrazione sale alle 10.30, presenta un picco di 67.7 mg/l alle 11.15 scende alle 12.15. Durante questo intervallo di tempo il vento ha una velocità di 1 m/s.

Dal giorno 1 luglio al giorno 4 luglio sono presenti numerosi picchi compresi tra 33 e 55 mg/l alternati a concentrazioni inferiori alla soglia; il vento è superiore a 10 m/s nei seguenti intervalli: dalle 23.10 del 1 luglio alle 00.15 del 2 luglio con massimo di 11 m/s, dalle 21.45 alle 23.30 del 2 luglio con massimo di 11 m/s, dalle 17.30 alle 22.15 del 3 luglio con massimo 14 m/s.

Il giorno 11 luglio la concentrazione sale alle 12.30, presenta un picco di 34.2 mg/l e scende alle 13.15. Durante questo intervallo di tempo il vento ha una velocità di 1 m/s.

Il giorno 12 luglio la concentrazione sale alle 8.15, presenta un picco di 36.5 mg/l alle 9.15 e scende alle 10.00. Durante questo intervallo di tempo il vento ha una velocità di 1 m/s.

Il giorno 16 luglio la concentrazione sale alle 11.30, presenta un picco di 40.2 mg/l alle 12.00 e scende alle 13.00. Durante questo intervallo di tempo il vento ha una velocità di 2 m/s.

Il giorno 24 luglio la concentrazione sale alle 4.45, presenta un picco di 65.7 mg/l alle 5.15 e scende alle 6.00. Durante questo intervallo di tempo il vento ha una velocità di 10 m/s.

Il giorno 9 agosto la concentrazione presenta un picco di 36.1 mg/l alle 8.30; il vento ha una velocità di 4 m/s.

Il giorno 21 agosto la concentrazione sale alle 6.15, presenta un picco di 60.8 mg/l alle 8.00 e scende alle 10.15. Durante questo intervallo di tempo il vento ha una velocità di 10 m/s.

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

Il giorno 9 settembre la concentrazione sale 8.45, presenta un picco di 39.5 mg/l alle 9.30 e scende alle 10.10. Il vento ha una velocità superiore a 10 m/s dalle 20.45 dell' 8 settembre alle 10.45 del 9 settembre.

Dal 15 al 17 settembre sono presenti numerosi picchi che vanno da 31 a 90 mg/l. Il vento ha velocità maggiore di 10 m/s dalle 22.30 del 14 settembre alle 10.30 del 15 settembre con massimo 15 m/s, dalle 18.00 del 16 settembre alle 8.30 del 17 settembre con massimo 15 m/s; sono presenti alcuni picchi di 10 m/s anche nella mattina e nella notte del 16 settembre.

Dal 20 al 22 settembre ci sono sei picchi di circa 33 mg/l alternati a valori di concentrazione inferiori alla soglia; la velocità del vento va da 1 a 6 m/s.

Il giorno 23 settembre la concentrazione sale alle 7.30, presenta un picco di 35.5 mg/l e scende alle 8.15. Il vento ha una velocità di circa 10 m/s.

Il giorno 26 settembre sono presenti due picchi di 34.2 e 47.3 mg/l rispettivamente tra le 9.30 e le 10.30 (velocità del vento 8 m/s) e tra le 21.45 e le 23.00 (velocità del vento maggiore di 10 m/s).

Il giorno 27 settembre sono presenti quattro picchi con i seguenti valori di concentrazione: C=37 mg/l tra le 3.30 e le 4.15 (velocità del vento 6 m/s), C=36.6 mg/l tra le 9.30 e le 11.45 (velocità del vento 3 m/s), C=31.7 mg/l alle 16.15 (velocità del vento 8 m/s), C=32.1 mg/l tra le 22.30 e le 23.45 (velocità del vento 8 m/s);

Il giorno 4 ottobre la concentrazione sale alle 7.00, presenta un picco di 34.3 mg/l e scende alle 7.45. Il vento ha una velocità di circa 8 m/s.

I giorni 5 e 6 ottobre sono presenti numerosi picchi che vanno da 33 a 68 mg/l alternati però a valori di concentrazione sotto la soglia. La concentrazione sale alle 7.00 del 5 ottobre e scende alle 20.00 del 6 ottobre. Il vento ha velocità maggiore di 10 m/s dalle 9.30 alle 13.30 del 5 ottobre, con un massimo di 13 m/s.

Il giorno 7 ottobre alle ore 7.15 è presente un picco di concentrazione pari a 32 mg/l; la velocità del vento è di 1 m/s.

Il giorno 8 ottobre la concentrazione sale alle 16.45, presenta un picco di 31.6 mg/l e scende alle 17.30. Il vento ha una velocità di circa 1.5 m/s.

Il giorno 17 ottobre la concentrazione sale alle 6.30, presenta un picco di 34.2 mg/l alle 6.45 e scende alle 8.00. Il vento ha una velocità di circa 7.1 m/s.

Il giorno 31 ottobre la concentrazione sale alle 17.00, presenta un picco di 62.3 mg/l alle 17.45 e scende alle 18.45. Il vento ha una velocità di circa 1.8 m/s.

Il giorno 4 novembre la concentrazione sale alle 14.45, presenta un picco di 31.5 mg/l e scende alle 15.30. Il vento ha una velocità di circa 2 m/s.

Il giorno 22 novembre la concentrazione sale alle 17.30, presenta un picco di 42.5 mg/l e scende alle 18.45. Il vento ha una velocità di circa 5 m/s. La concentrazione sale nuovamente alle 20.45, presenta un picco di 45.8 mg/l e scende alle 22.30; il vento ha una velocità di circa 7 m/s.

Dal 9 al 12 dicembre 2006 sono presenti tre picchi (9 dicembre ore 9.45 C=36.4 mg/l; 10 dicembre ore 00.30 C=39 mg/l; 10 dicembre ore 9.15 C=45.2 mg/l; 11 dicembre ore 00.30 C=38.7 mg/l) alternati da livelli inferiori a 30 mg/l; la concentrazione inizia a salire alle 9.00 del 9 dicembre. Il vento ha una velocità superiore ai 10 m/s dalle 23.15 dell' 8 dicembre alle 9.15 del 9 dicembre.

Dal 18 al 21 dicembre sono presenti otto picchi di torbidità di valore variabile tra 42 mg/l e 193 mg/l; durante questo periodo la concentrazione è superiore a 30 mg/l salvo brevi intervalli. L'anomalia inizia alle 19.00 del 18 dicembre e finisce alle 10.00 del 21 dicembre, per una durata di

circa 60 ore. Il vento ha una velocità maggiore di 10 m/s dalle 8.00 del 18 dicembre alle 12.30 del 20 dicembre.

Il 31 dicembre è presente una breve anomalia dalle 11.45 alle 13.45 con un massimo di concentrazione di 38.1 mg/l. Il vento ha una velocità di circa 1 m/s.

Stazione MAP

Il giorno 9 settembre 2006 alle 8.00 la concentrazione inizia a superare i 30 mg/l, alle 8.15 arriva al massimo di 55.7 mg/l e alle 9.00 torna alla normalità. La durata dell'evento è quindi di un'ora; l'anomalia è dovuta al vento che era già salito oltre i 10 m/s alle 20.45 del giorno precedente e che rientra alle 10.30 del 9 settembre e presenta un massimo di 15 m/s alle ore 3.30.

Il 16 settembre alle ore 22.00 la concentrazione presenta un picco di 32.6 mg/l; la durata dell'anomalia è di circa 30 minuti in corrispondenza di una velocità del vento di 16 m/s.

Il 17 settembre il livello di torbidità sale alle 1.45, arriva al massimo di 35.2 mg/l alle 2.00 poi scende per poi risalire a presentare un altro picco di 33.5 mg/l alle 11; scende definitivamente alle 11.30. La durata è di circa 10 ore. Il vento supera i 10 m/s dalle ore 18.00 del 16 settembre e rientra alle 8.30 del 17 settembre, presentando un massimo di 17 m/s alle 19.15 del 16 settembre.

Il 10 novembre la concentrazione supera i limiti alle 19.15, arriva al massimo di 37.8 mg/l alle ore 19.45 e scende alle 20.15. La durata è di circa un'ora. Il vento ha velocità di circa 6 m/s.

Il 22 novembre il livello di torbidità sale alle 13.15, arriva al massimo di 82 mg/l alle 15.30 e scende alle 18.45, per una durata di 5 ore e mezza. La velocità del vento supera i 10 m/s dalle 8.15 alle 15.30, arrivando al massimo di 16 m/s alle 10.15.

Dal 18 al 20 dicembre sono presenti numerosi picchi (18 dicembre ore 14.15 C=91.8 mg/l; 18 dicembre ore 19.00 C=42.9 mg/l; 19 dicembre ore 2.30 C=49.2 mg/l; 19 dicembre ore 15.00 C=107.3 mg/l; 19 dicembre ore 20.45 C=32.6 mg/l; 20 dicembre ore 17.00 C=50.7 mg/l; 20 dicembre ore 19.45 C=42.9 mg/l). Si può considerare come un'unica perturbazione che inizia alle 12.30 del 18 dicembre e termina alle 20.45 del 20 dicembre, anche se i picchi sono alternati a dei cali di concentrazione anche sotto la soglia. Il vento si mantiene superiore alla norma dalle 8.00 del 18 dicembre alle 12.30 del 20 dicembre, arrivando al massimo di 22 m/s alle 11.15 del 18 dicembre.

La velocità del vento è superiore ai 10 m/s anche dalle ore 11.00 del 21 dicembre fino alle 2.00 del 23 dicembre, con un massimo di 21 m/s. In tale intervallo di tempo sono presenti numerosi picchi di concentrazione: 21 dicembre ore 17.15 C=97.4 mg/l; 22 dicembre ore 5.15 C=46.2 mg/l; 22 dicembre ore 17.30 C=50.7 mg/l; 22 dicembre ore 21.15 C=45.4 mg/l. Si può considerare che l'anomalia inizi alle 15.15 del 21 dicembre e termini alle 22.30 del 22 dicembre, e che quindi che abbia una durata di circa 31 ore.

6.8.2 Analisi dei dati del periodo gennaio-maggio 2007

Stazione CHP

Il giorno 11 marzo 2007 la concentrazione sale alle 5.15 e arriva al massimo di 32.7 alle ore 6.30; torna normale alle 7.30 per cui l'evento ha una durata di poco più di due ore. Il vento inizia a superare i 10 m/s alle 00.30 però al momento del picco ha una velocità di 9 m/s. In seguito arriva fino ad un massimo di 17 m/s e torna in condizioni normali alle 15.00, senza però causare picchi di concentrazione.

Il giorno 20 marzo 2007 la concentrazione sale alle 0.00 fino ad arrivare al massimo di 131 mg/l alle ore 2.00, in seguito scende per poi risalire fino ad un ulteriore picco di 104 mg/l alle 15.30; alle

23.45 torna sotto la soglia. Si può quindi dire che la durata è di circa 24 ore ed è da associare alla velocità del vento che, a partire dalle ore 20.00 del 19 marzo, sale oltre i 10 m/s fino ad arrivare ad un massimo di 19 m/s; torna sotto i 10 m/s alle 22.30 del 20 marzo.

È presente un ulteriore picco di 31.6 mg/l alle 7.45 del 21 marzo con un vento di velocità circa 8 m/s.

Il giorno 25 marzo 2007 il livello di torbidità inizia a salire alle 6.00 fino ad arrivare al massimo di 38.2 mg/l alle 8.45, in seguito scende per poi risalire fino ad un ulteriore picco di 34.4 mg/l e ritorna sotto la soglia alle 18.45. La durata è di circa 13 ore. Il vento aumenta la sua velocità alle 21.00 del 24 marzo, arriva ad un massimo di 19m/s e torna normale alle 00.45 del 26 marzo.

Stazione LIM

Il giorno 2 gennaio 2007 presenta un'anomalia di durata 4 ore dalle 12.00 alle 16.00, in cui alle 14 è presente un picco di 51.6 mg/l; la velocità del vento è inizialmente di 2 m/s ma alle 8.45 arrivava fino a 10 m/s.

Dalle ore 5.00 del 23 gennaio alle 12.25 del 26 gennaio sono presenti numerosi picchi che assumono valori tra 50 e 380 mg/l; durante tale intervallo di tempo la velocità del vento è elevata e arriva a superare i 15 m/s.

Il 12 febbraio alle 22.15 la torbidità sale e presenta tre picchi consecutivi il 13 febbraio (ore 1.30 C=215 mg/l; ore 6.00 C=64 mg/l; ore 9.15 C=34.8 mg/l) e rientra sotto i 30 mg/l alle 9.45 del 13 febbraio. Il vento ha velocità maggiore di 10 m/s dalle 23 del 12 febbraio alle 4.30 del 13 febbraio con un massimo di 16 m/s.

Il 21 febbraio c'è un'anomalia che va dalle 7.15 alle 8.45 con un picco alle 8.00 di 38.5 mg/l ed una velocità del vento di 4 m/s. Poi si ha un picco istantaneo di 34.2 mg/l alle 12.45.

Il 26 febbraio la concentrazione sale alle 4.30 e scende alle 5.45 presentando un massimo di 34.9 mg/l alle 5.15; la velocità del vento è di 4 m/s.

Dalle 9.30 del 7 marzo alle 10.00 del 9 marzo ci sono numerosi picchi da 42 a 180 mg/l ed il vento ha velocità variabile tra 1 e 7 m/s.

Dalle 12.30 alle 13.45 e dalle 21.00 e 22.00 del 11 marzo sono presenti due picchi di 62.5 e 34.5 mg/l; la velocità del vento è superiore ai 10 m/s dalle 21.15 del 10 marzo alle 14.5 dell'11 marzo e dalle 18.15 alle 22.30 dell'11 marzo.

Dal 18 al 28 marzo è presente un'anomalia di lunga durata in cui si riscontrano numerosi picchi che superano 200 mg/l fino ad arrivare a 450 mg/l; il vento in questo intervallo ha velocità elevata che arriva fino a 20 m/s.

Un'altra anomalia di lunga durata è presente dalle 19.30 del 3 aprile alle 23.45 del 6 aprile in cui sono presenti numerosi picchi intervallati però da basse concentrazioni. La maggior parte supera i 100 mg/l e il massimo è di 352 mg/l. Il vento ha velocità maggiore di 10 m/s dalle 15.00 del 4 aprile fino alle 9.45 del 5 aprile.

Tra le 3.30 e le 14.30 del 10 aprile sono presenti tre picchi (C=43.5 ore 4.30, C=84.8 ore 9.30, C=44.4 ore 13.45 mg/l); la velocità del vento non è stata rilevata dallo strumento.

Tra le 1.15 e le 2.30 dell'11 aprile è presente un picco di 35.4 mg/l; la velocità del vento non è stata rilevata.

Tra le 7.00 e le 13.00 del 5 maggio è presente un picco di 79 mg/l; tra le 17.15 e le 22.45 sono presenti due picchi di 41.8 e 48.7 mg/l. La velocità del vento è di circa 3 m/s ma fino alle 19.15 del giorno precedente era maggiore di 10 m/s.

Stazione LMR

Il 19 marzo 2007 la concentrazione sale alle 19.30, presenta un massimo di 36.7 mg/l alle 20.15, poi scende alle 21.30, per una durata complessiva di due ore; la velocità del vento si mantiene superiore ai 10 m/s dalle 20 del 19 marzo alle 9.45 del 20 marzo con un massimo di 19.5 m/s alle 7.00 del 20 marzo.

Stazione LMR-2

Il giorno 2 gennaio 2007 la concentrazione sale alle 12.15, arriva al massimo di 46 mg/l e scende alle 15.15, per una durata di 3 ore. Il vento ha una velocità di circa 4 m/s, con un picco di 10 m/s alle 8.45.

Il giorno 3 gennaio la concentrazione sale alle 13.45, presenta un picco di 34 mg/l alle 14.30, scende alle 15.30. La velocità del vento è di 2 m/s.

Nella giornata del 23 gennaio alle 21.30 la concentrazione sale, presenta un massimo di 35 mg/l e scende alle 23.15; la durata è quindi di circa due ore. La velocità del vento è contenuta entro i 9 m/s ma alle 18.30 c'è stato un picco di 12.5 m/s.

Il giorno 24 gennaio ci sono due picchi di concentrazione di 33.2 mg/l e 32.2 mg/l rispettivamente alle 13.30 e alle 23.00; in entrambi i casi l'anomalia persiste per poco più di 30 minuti. Il vento ha velocità rispettivamente di 7 e 4 m/s; è rilevata una velocità superiore ai 10 m/s fino alle 11.45.

Il 25 gennaio è presente un aumento di torbidità a partire dalle 22.15 fino alle 2.00, con un massimo di 36.7 mg/l alle 23.00. La velocità del vento si mantiene oltre i 10 m/s a partire dalle 4.15 del 25 gennaio fino alle 9.00 del 26 e presenta un massimo di 15.9 m/s alle 8.15 del 25 gennaio.

Nella giornata del 19 marzo la concentrazione sale alle 19.45, presenta un picco di 38 mg/l alle 21 e scende alle 22.00. Il 20 marzo la torbidità sale alle 7.30, presenta un picco di 37.1 mg/l alle 8.15 e scende alle 9.15. Entrambi gli eventi sono ad associare alla velocità del vento che dalle 12.30 del 19 marzo supera i 10 m/s per poi calare alle 17.15 e risalire alle 20.00 fino alle 9.45 del 20 marzo. Il massimo è di 19.5 m/s alle 7.00 del 20 marzo.

Il 25 marzo sono presenti due picchi di concentrazione; il valore soglia è superato alle 12.30, con un primo picco di 57.2 mg/l alle 15.15, ed un secondo picco di 59.8 alle 21.45. Torna poi sotto la soglia alle 0.00. Tali eventi sono dovuti alla velocità del vento che sale sopra i 10 m/s alle 21.00 del 24 marzo e scende alle 0.45 del 26, con un massimo di 19.6 m/s alle 10.45 del 25 marzo.

Il giorno 26 marzo il livello di torbidità sale alle 13.30, arriva al massimo di 36.8 alle 16.00 e scende alle 17.00. La durata è di poco più di tre ore, il vento ha una velocità di 2 m/s però è presente un picco alle 12.15 di 11 m/s.

Il 27 marzo il livello di torbidità sale alle 15.30, arriva al massimo di 31.4 alle 15.30 e scende alle 16.30. La durata è di poco più di tre ore, il vento al momento del picco ha una velocità di 8 m/s, mentre aveva una velocità superiore a 10 m/s fino alle 14.00.

Il giorno 5 aprile è presente un picco di torbidità di 46.7 alle 9.30. L'anomalia, che dura dalle 7.45 alle 11.30, è dovuta alla velocità del vento che dalle 4.30 alle 9.45 si mantiene superiore alle 6.15 m/s.

Il 26 aprile alle 2.00 c'è un incremento di concentrazione fino ad arrivare a 34.7 mg/l alle 2.30; alle 3.45 il valore di torbidità torna sotto la soglia. Il vento ha velocità di circa 8 m/s; è presente un picco di 11 m/s alle 00.15.

Stazione LSA

Dal 31 dicembre 2006 al 5 gennaio 2007 sono presenti 13 picchi di torbidità, con valori che vanno da 30.2 mg/l a 55.7 mg/l, alternati a valori di concentrazione inferiori a 30 mg/l. Il vento ha una velocità che si mantiene inferiore a 10 m/s a parte tre picchi il 2 gennaio in cui vengono raggiunti i 10 m/s.

Dal 23 al 26 gennaio sono presenti 8 picchi che assumono valori variabili tra 32.5 mg/l e 75.1 mg/l, alternati a valori di concentrazione inferiore a 30 mg/l. La velocità del vento assume valori superiori a 10 m/s in questi intervalli: il 23 gennaio dalle 4.15 alle 15.45 con massimo 12 m/s; il 24 gennaio dalle 5.00 alle 11.45 con massimo 12 m/s; il 25-26 gennaio dalle 4.15 alle 9.00 con massimo 16 m/s.

Il 30 gennaio la concentrazione sale alle 15.00 ed arriva al massimo di 33.5 mg/l alle ore 15.45; scende alle 16, per una durata totale di un'ora. La velocità del vento è di 2 m/s.

Il giorno 8 marzo la concentrazione si mantiene superiore a 30 mg/l dalle 11.00 alle 12.00 e presenta un picco di 32 mg/l alle 11.15. L'evento dura un'ora. Il vento ha una velocità di 2 m/s.

Il giorno 24 aprile è presente un'anomalia di durata circa 15 minuti a partire dalle 11.45 con un massimo di 31.2 mg/l. In seguito, a partire dalle 19.45 sono presenti tre picchi consecutivi (24 aprile ore 20.00 C=32 mg/l; 24 aprile ore 5.15 C=62.1 mg/l; 25 aprile ore 13.00 C=40.5 mg/l). Tali picchi di concentrazione sono intervallati però da una concentrazione inferiore ai 30 mg/l, che scende definitivamente alle 13.45 del 25 aprile. In tale intervallo di tempo il vento ha una velocità media di 4 m/s.

Alle 22.15 del 25 aprile la concentrazione sale fino a creare due picchi alle 1.00 e alle 9.15 del 26 aprile rispettivamente di 58.5 e 48 mg/l. Scende sotto la soglia alle 11 del 26 aprile. L'anomalia è dovuta al vento che ha una velocità superiore ai 10 m/s dalle 6.00 alle 9.30 del 26 aprile.

Il giorno 15 maggio è presente un'anomalia di durata 45 minuti circa con C=41.1 mg/l alle 09.30; la velocità del vento è di 8 m/s.

Stazione LTP

Il 2 gennaio 2007 dalle 5.45 alle 13.15 sono presenti dei picchi (C= 39 mg/l alle 6.15; C=44.9 mg/l alle 9.30; C=36.9 mg/l alle 12.30) alternati a valori di concentrazione anche inferiori a 30 mg/l. La velocità del vento è di circa 10 m/s.

Il 3 gennaio è presente un'anomalia che va dalle 13.15 alle 17.30 con un massimo di 39.1 mg/l. Il vento ha velocità di circa 2 m/s.

Il giorno 24 gennaio la concentrazione sale alle 23.00 e scende alle 2.15, presentando alle 0.15 un massimo di 40.3 mg/l. Il vento ha velocità pari a circa 9 m/s; il giorno prima presentava valori pari a 12 m/s.

Il 25 gennaio è presente un'anomalia dalle 13.45 alle 16 con C=35.8 mg/l alle 15.00. Il 26 gennaio l'anomalia inizia alle 0.15 fino alle 2.30 con un massimo di 28 mg/l alle 1.00. Il vento ha una velocità maggiore di 10 m/s a partire dalle 4.15 del 25 gennaio alle 9.00 del 26 con un massimo di 15 m/s.

Dal 20 al 23 marzo si riscontrano otto picchi di torbidità con valori tra i 30 e gli 81 mg/l, alternati a valori inferiori ai 30 mg/l; l'anomalia dura dalle 8.15 del 20 marzo alle 14.00 del 23 marzo. In tale periodo la velocità del vento è maggiore di 10 m/s in alcuni intervalli tempo con un massimo di 19 m/s.

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

Il 27 marzo è presente un'anomalia di durata un'ora dalle 18.00 alle 19.00 con un massimo di 35.4 mg/l. Il vento ha velocità pari a 9 m/s ma alle 17,30 era di 11 m/s.

Il 28 marzo è presente un'anomalia di durata un'ora e mezza, dalle 18.15 alle 19.45, con un massimo di 37.3 mg/l. Il vento ha velocità pari a 2 m/s.

Il 29 marzo è presente un'anomalia di durata un'ora, dalle 18.45 alle 19.45, con un massimo di 31.2 mg/l. Il vento ha velocità pari a 1 m/s.

Il giorno 3 aprile si riscontrano due anomalie, dalle 5.00 alle 6.45 e dalle 9.45 alle 11.15 con due picchi di rispettivamente 51.7 e 46.3 mg/l; la velocità del vento non è stata rilevata.

Il giorno 4 aprile si riscontra un'anomalia di un'ora dalle 8.45 alle 9.45 con un picco di 32.6 mg/l. Il vento ha velocità 8 m/s.

Il giorno 5 aprile si riscontra un'anomalia, dalle 9.15 alle 12.45 con un picco di 79.6 mg/l; il vento ha velocità superiore a 10 m/s dalle 4.30 alle 9.45, con un massimo di 15 m/s.

Dal 6 al 7 aprile ci sono 5 picchi con valori variabili tra i 30 e i 79 mg/l alternati a valori di concentrazione inferiori a 30 mg/l. La velocità del vento non è stata rilevata.

Il 19 aprile l'anomalia dura circa due ore, dalle 8.15 alle 10.30, con un massimo di 69.1 m/s e una velocità del vento di 7 m/s; un'ora prima il vento era 10 m/s.

Il 25 aprile è presente un'anomalia che dura poco più di un'ora, dalle 12.00 alle 13.15, con un massimo di 35.9 mg/l e una velocità del vento di 2 m/s.

Il 26 aprile l'anomalia dura circa 4 ore, dalle 4.15 alle 8.30, con un massimo di 35.9 mg/l ed una velocità del vento maggiore di 10 m/s dalle 4.00.

Il 4 maggio la concentrazione sale alle 16.15 e torna a valori inferiori a 30mg/l alle 17.00, con un massimo di 50.4 mg/l. La velocità del vento è superiore a 10 m/s dalle 8.15 alle 15.30.

Il 5 maggio è presente un'anomalia dalle 9.15 alle 12.15, con un massimo alle 10.00 si 35.6 mg/l. La velocità del vento è di 3 m/s.

Il 12 maggio la concentrazione sale alle 17.45 e scende alle 20.00 presentando un massimo di 46.9 mg/l alle 19; la velocità del vento è di 8 m/s.

Il giorno 13 maggio l'anomalia inizia alle 16.46 e finisce alle 20.30 con un massimo di 70.6 mg/l alle 18.15; la velocità del vento è di 6 m/s.

Stazione MAP

Il giorno 25 gennaio 2007 la concentrazione sale alle 19.15, arriva al massimo di 38.7 mg/l e scende alle 21.15; la durata dell'evento è quindi di due ore. Il giorno 26 gennaio la concentrazione sale alle 7.00, arriva al massimo di 35.9 mg/l e scende alle 9.00; la durata è quindi di due ore. Questi eventi sono dovuti alla velocità del vento che si mantiene sopra i 10 m/s dalle 4.15 del 25 gennaio e scende alle 9.15 del 26 gennaio e presenta un massimo di 16 m/s.

Il giorno 19 marzo la concentrazione sale alle 14.30, arriva al massimo di 44.1 mg/l e scende alle 17.15; la durata è quindi di tre ore ed è dovuta al vento che sale alle 4.45 e scende alle 17.15 presentando un massimo di 14 m/s.

Il giorno 20 marzo la concentrazione sale alle 2.15, presenta un picco di 38.7 mg/l alle 5.45 e scende alle 6.45. Sale alle 13.45 presenta un picco di 62.1mg/l (ore 14.45) e torna a livelli normali alle 18.30. Sale alle 19.30, presenta un picco di 35.3 mg/l alle 20.15 e scende alle 20.30. La velocità del vento sale alle 20.00 del 19 marzo e scende alle 22.45 del 20 marzo, presentando un massimo di 19 m/s.

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

Il giorno 5 maggio la concentrazione sale alle 3.30, presenta un picco di 33.0 mg/l alle 4.15 e scende alle 5.00; la velocità del vento è di 2 m/s.

7. CONCLUSIONI

Le operazioni condotte nel corso del secondo anno di monitoraggio da un lato integrano quanto eseguito nel precedente anno, dall'altro confermano nell'insieme quanto già precedentemente anticipato.

Le campagne di misura con mezzi mobili (in presenza delle draga idrorefluente) forniscono risultati che si inseriscono fra quelli già trovati. Si conferma, infatti, che la configurazione del pennacchio di torbidità creato dalla draga dipende dalla velocità della corrente e dalla granulometria del materiale dragato, ma soprattutto dalle modalità operative della draga (che sono restatesi grosso modo inalterate). In effetti, le modalità operative della draga includono oltre al percorso di scavo (e alla relativa estensione dell'area di dragaggio) anche il processo di selezione granulometrica nella stiva della draga stessa. Questo secondo componente è stato incorporato nel modello del pennacchio, il quale adesso riproduce correttamente sia la più sottile granulometria del materiale rilasciato rispetto a quello dragato, sia la più complessa dipendenza dal tempo dei flussi e della concentrazione misurati ad un'assegnata distanza dalla draga.

Nel complesso, peraltro, le modalità finora adottate dalla draga Astra (tanto nel primo quanto nel secondo anno di funzionamento) rispettano le soglie fissate per la torbidità (30 mg/l) al di fuori della cosiddetta area di "impatto totale" (al massimo 50000 m²).

Le registrazioni in continuo della torbidità eseguite presso cinque stazioni fisse (in assenza e in presenza della draga, peraltro operante a notevole distanza da ciascuna stazione) hanno indicato spesso valori anche più di dieci volte superiori al valore di soglia, per lo più dovuti a cause naturali (moto ondoso in mare e in laguna) e non alla presenza della draga. Viene quindi confermata come congrua e ragionevole la soglia limite prescelta della concentrazione (30 mg/l), associata ad un valore massimo della superficie di "impatto totale" (50000 m², pari ad una piccola frazione della superficie della bocca).

Nel corso del secondo anno di monitoraggio sono stati rilevati anche alcuni valori della distribuzione granulometrica del materiale sospeso (in assenza della draga) per mezzo di tecnologia LISST. Misure del genere ripetute in presenza della draga possono essere molto utili per una verifica del modello del pennacchio, soprattutto se associate a contemporanee misure della granulometria del materiale di fondo.

In ogni caso, sia le registrazioni con torbidimetri fissi, sia la valutazione della granulometria del materiale sospeso si riveleranno cruciali per la conoscenza dei flussi di sedimenti attraverso le bocche che si stabiliscono con diverse condizioni meteorologiche in laguna e in mare.

8. BIBLIOGRAFIA

- Casamitjana, X., Serra, T., Soler, M. and Colomer, J. 2002. A study of the evolution of the particle boundary layer in a reservoir, using laser particle sizing, *Water Research*, 36, 4293-4300.
- Fugate, D.C. and Friedrichs, C.T. 2002. Determining concentration and fall velocity of estuarine particle populations using ADV, OBS and LISST, *Continental Shelf Research*, 22, 1867-1886.
- Gartner, J.W., Cheng, R.T., Wang, P. and Richter, K. 2001. Laboratory and field evaluations of the LISST-100 instrument for suspended particle size determinations, *Marine Geology*, 175, 199-219.
- Hecht, E. 1987. Optics, 2nd edition. Addison Wesley.
- Idronaut Srl. "OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL", Brugherio (Milan), February 2005
- Idronaut Srl. "Seapoint Turbidity Meter USER MANUAL", Brugherio (Milan), March 2005
- InterOcean Systems Inc. "S4 CURRENT METER USER MANUAL (Rev B)", June 1995
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari". Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Disciplinare Tecnico, Venezia, Settembre 2004
- Magistrato alle Acque. "Studio B.6.72 B/1 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari". Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Rapporto Variabilità. Matrice: Acqua. Venezia, Novembre 2006
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA, Rapporto Finale Matrice: Acqua. Venezia, Dicembre 2006
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/2 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Disciplinare Tecnico Matrice: Acqua. Venezia, Febbraio 2006
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.78/I – Attività di monitoraggio alle bocche di porto: controllo delle comunità biologiche lagunari e marine", Disciplinare Tecnico CVN/Technital, Venezia, Giugno 2003
- Magistrato Alle Acque, 2006. Nuovi Interventi per la salvaguardia di Venezia (Convenzione rep. 7191 del 04/10/1991, a.a. rep. 8100 del 19/12/2005, Legge 29.11.1984 n. 798). Studio B.6.72 B/2, Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari, 2ª fase, p.8.
- McCandliss, R.R., Jones, S.E., Hearn, M., Latter, R. and Jago, C.F. 2002. Dynamics of suspended particles in coastal waters (southern North Sea) during a spring bloom, *Journal of Sea Research*, 47, 285-302.
- Middleton, G. V. 1976. Hydraulic interpretation of sand size distribution, *Journal of Geology*, 84, 405-426.
- Mikkelsen, O.A. and Pejrup, M. 2000. In situ particle size spectra and density of particle aggregates in a dredging plume, *Marine Geology*, 170, 443-459.
- Mikkelsen, O.A. and Pejrup, M. 2001. The use of a LISST-100 laser particle sizer for in-situ estimates of floc size, density and settling velocity, *Geo-Marine Letters*, 20, 187-195.
- Sequoia Scientific Inc., 2004. LISST-100X Particle Size Analyzer, User's Manual, Version 4.60, p. 76.

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

Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios, *Journal of Sedimentary Petrology*, 24, 151-158.

Simionato F. "Sistema di posizionamento della strumentazione utilizzato nelle stazioni a mare della rete di stazioni fisse per il rilievo della torbidità in continuo", Nota Tecnica T.N. n. 204, CNR-ISMAR Venezia, Aprile 2006

Traykovski, P., Latter, R.J. and Irish, J.D. 1999. A laboratory evaluation of the laser in situ scattering and transmissometry instrument using natural sediments, *Marine Geology*, 159, 355-367.

Visher, G. S. 1969. Grain size distributions and depositional processes, *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, 1074-1106.

Voulgaris, G. and Meyers, S. 2004. Temporal variability of hydrodynamics, sediment concentration and sediment settling velocity in a tidal creek, *Continental Shelf Research*, 24, 1659-1683.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments, *Journal of Geology*, 30, 377-392.

Ancora da inserire nel testo:

[2] "torbidita-II rapporto valutazione.pdf" (15 gennaio 2006). Studio B.6.72 B/I

[3] ANPA. "Le principali metodiche di campionamento e analisi del particellato in sospensione in ambienti acquatici. Rassegna bibliografica", Serie Documenti 9/1999, Settembre 1999.

[5] Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72/A 1ª Fase - Controllo degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale: lo stato di qualità attuale delle componenti ambientali", Venezia, Marzo 2005