



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

Contratto prot.n. 31572 si/gce/fbe

PRIMO RAPPORTO DI INTEPRETAZIONE DATI

Area: Matrice acqua

15 dicembre 2006

**Consorzio per la Gestione del Centro di Coordinamento delle Attività di Ricerca
inerenti il Sistema Lagunare di Venezia
Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia
Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512**

Supervisore macroattività	Supervisore macroattività	Responsabile d'Area	Approvazione
<u>Dott. Miroslav Gacic</u>	<u>Prof. Luca Zaggia</u>	<u>Prof. Giampaolo Di Silvio</u>	<u>Ing. Pierpaolo Campostrini</u>

Indice

1	INTRODUZIONE.....	3
2	STIMA DELLA PRODUZIONE DI TORBIDA E DEL TRASPORTO DI MATERIALE RILASCIATO DURANTE IL DRAGAGGIO	5
2.1	Sommario delle campagne di misura effettuate	5
2.2	Considerazioni sull’impatto delle attività di scavo delle draghe a benna	7
2.3	Campagne di misura utilizzate per la taratura e la verifica del modello.....	15
2.4	Granulometria del materiale dragato e rilasciato	122
2.5	Analisi empirica del decadimento del plume	130
3	MODELLO SEMPLIFICATO PER LA VALUTAZIONE DEL PENNACCHIO DI TORBIDITA’	142
3.1	Descrizione del modello.....	142
3.2	Taratura del modello	158
3.3	Utilizzazione del modello	160
4	RILEVAZIONE DELLA TORBIDITÀ IN CONTINUO	161
4.1	La rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.....	162
4.2	Strumentazione per la misura della torbidità	165
4.3	Descrizione dell’attività di gestione della rete di stazioni fisse.....	167
4.4	Metodologia per il trattamento dei dati registrati.....	169
4.5	Calibrazione dei sensori di torbidità per la stima della concentrazione di SPM	176
4.6	Serie temporali della torbidità/SPM	180
4.7	Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche	293
4.8	Struttura dell’archivio dei dati.....	298
4.9	Riferimenti bibliografici	300

1 INTRODUZIONE

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 e dalla qualità dell'acqua nell'area di scavo, dal tipo di suolo dragato e, in misura rilevante, dalle modalità di dragaggio adottate. Per la complessità dei processi che intervengono in questo particolare ambito, prima di affrontare uno studio è necessario definire 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 deve permettere di verificare se le possibili restrizioni da imporre alle attività di dragaggio sono realistiche e garantiscono un livello adeguato di protezione all'ambiente. In generale, è preferibile applicare un approccio precauzionale che dovrà comunque essere supportato e validato dai dati sperimentali acquisiti.

Il Disciplinare Tecnico dello Studio B.6.72 B/1 prevede specifiche attività per la misura della concentrazione e del flusso di particolato 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 particolato 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 particolato 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. Questo modello, una volta tarato e verificato, potrà essere utilmente utilizzato sia per la pianificazione delle operazioni di controllo dei limiti imposti alle operazioni di dragaggio, sia per l'ottimizzazione delle operazioni stesse. Come sarà specificato più avanti, la taratura e verifica del modello sarà completata una volta acquisiti alcuni dati relativi alle operazioni delle draghe e alla granulometria del materiale dragato in corrispondenza alle campagne di misura effettuate.

Come previsto dal Disciplinare Tecnico, sulla base dei risultati dell'attività sperimentale sono stati stabiliti dei valori soglia per la torbidità generata, valori che potranno essere rivisti sulla base dell'esperienza acquisita nel corso dei prossimi anni. Vale la pena osservare, infatti, il modello sopraccitato, ancorché non completamente tarato, è comunque di ausilio per organizzare le operazioni di monitoraggio, minimizzando i punti di prelievo necessari.

Nel Capitolo 2 del presente rapporto sono richiamate in forma sintetica tutte le campagne di misura di torbidità effettuate nell'ambito dello Studio (2.1), delle quali era stato peraltro riferito in dettaglio nei Rapporti parziali già consegnati. Particolare attenzione è stata data ai risultati utilizzati per la taratura e verifica del modello (2.2), sottoposti per questo scopo a qualche parziale elaborazione (valori di concentrazione mediati sulla verticale e flussi di sedimenti attraverso la sezione della bocca). Altre informazioni utili all'applicazione del Modello matematico (2.3) riguardano la granulometria del materiale presente nel fondo della zona di dragaggio alle diverse profondità e qualche misura granulometrica relativa al materiale sospeso effettuata durante le campagne. Nel paragrafo 2.4 è riportata un'analisi puramente empirica del decadimento del plume di torbidità in funzione della sola distanza dall'area di scavo e della velocità della corrente. Il Modello matematico, per contro, indica che il decadimento del plume dipende da molti altri parametri (entità e durata dell'attività di dragaggio, tipo di draga, granulometria del materiale rilasciato ecc.).

Nel Capitolo 3 è riportata una descrizione del Modello del pennacchio, precedentemente menzionato. Il modello è in grado di simulare la dispersione e il deposito dei sedimenti (anche a non uniforme granulometria) rilasciati dalle draghe, mettendo in conto diversi tipi di gestione del materiale dragato. Il modello è stato confrontato con le campagne di misura effettuate durante le operazioni di dragaggio con la draga Astra e sottoposto ad una preliminare operazione di taratura e di verifica. La taratura e verifica del modello, peraltro, non sono state completate ed approfondite in attesa di più precise informazioni riguardanti le effettive modalità di gestione dei sedimenti dragati e rilasciati.

Il Capitolo 4 del rapporto contiene l'aggiornamento dei risultati delle acquisizioni della rete di stazioni fisse per il monitoraggio della torbidità, poste in prossimità delle bocche di porto. Tali risultati sono stati utilizzati per valutare la variabilità temporale e spaziale delle concentrazioni di sedimenti nelle bocche di porto in assenza di dragaggio.

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	Tipo draga	Tipo campagna	Esecutore
I campagna Chioggia	23- 26/08/2004	Benna	monitoraggio	CNR- ISMAR
II campagna Chioggia	27/09- 01/10/2004	Benna	monitoraggio	CNR- ISMAR
I campagna Lido-Treporti	17- 21/01/2005	Idrorefluente	monitoraggio	CNR- ISMAR
I campagna - Calibrazione Modello - Malamocco	19/05/2005	-	calibrazione modello	CNR- ISMAR
II campagna - Calibrazione Modello - Lido	30- 31/05/2005	Idrorefluente a sfioro	calibrazione modello	CNR- ISMAR
I campagna Lido-SNicolò	13- 15/06/2005	Idrorefluente a sfioro	monitoraggio	CNR- ISMAR
III campagna - Calibrazione Modello - Lido	16/06/2005	Idrorefluente a sfioro	calibrazione modello	CNR- ISMAR
II campagna Lido-SNicolò	27-30/06/2005	-	monitoraggio	OGS
III campagna Lido-SNicolò	18- 22/07/2005	Idrorefluente a sfioro	monitoraggio	OGS
IV campagna Lido-SNicolò	12-16/09/2005	Idrorefluente a sfioro	monitoraggio	OGS
V campagna Lido-SNicolò	24-28/10/2005	Idrorefluente a sfioro	monitoraggio	OGS
VI campagna Lido-SNicolò	28/11-1/12 2005	Idrorefluente a sfioro	monitoraggio	OGS
II campagna Lido-Treporti	12-16/12/2005	Benna Idrorefluente a sfioro	monitoraggio	CNR- ISMAR
I campagna Malamocco	16-19/01/2006	-	monitoraggio	OGS
III campagna Chioggia	6-10/02/2006	Benna	monitoraggio	CNR- ISMAR
IV campagna Chioggia	11-15/02/2006	Benna	monitoraggio	CNR- ISMAR
II campagna Malamocco	21-23/02/2006	-	monitoraggio	OGS

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

Bocca di Porto	Data	Tipo draga	Tipo campagna	Esecutore
III campagna Lido-Treporti	6-10/03/2006	-	monitoraggio	CNR-ISMAR
III campagna Malamocco	13-16/03/2006	-	monitoraggio	OGS
IV campagna Lido-Treporti	20-24/03/2006	-	monitoraggio	CNR-ISMAR
V campagna Chioggia	27-31/03/2006	Benna	monitoraggio	CNR-ISMAR
IV campagna Malamocco	28-31/03/2006	-	monitoraggio	OGS
VI campagna Chioggia	1-5/04/2006	Benna	monitoraggio	CNR-ISMAR
V campagna Malamocco	15-18/05/2006	-	monitoraggio	OGS
V campagna Lido-Treporti	16-19/05/2006	Idrorefluente a sfioro/Benna	monitoraggio	CNR-ISMAR
VI campagna Malamocco	29/05-1/06/2006	-	monitoraggio	OGS
VI campagna Lido-Treporti	12-15/06/2006	Idrorefluente a sfioro	monitoraggio	OGS
VIbis campagna Lido-Treporti	7-13/06/2006	Idrorefluente a sfioro	monitoraggio	CNR-ISMAR
I campagna - Validazione Modello - Lido	4-5/10/2006	-	validazione modello	CNR-ISMAR
II campagna - Validazione Modello - Chioggia	7/10/2006	-	validazione modello	CNR-ISMAR

Le singole attività di misura hanno presentato gradi diversi di difficoltà sia a causa delle condizioni sperimentali che della scelta dello schema di campionamento più adatto a monitorare le operazioni di scavo della specifica tipologia di impianto. La scarsa disponibilità di bibliografia inerente l'impiego di strumentazione acustica per il monitoraggio di attività di dragaggio ha reso necessaria un'indagine preliminare per ottimizzare la metodologia sperimentale adottata in funzione della tipologia di scavo, dell'estensione spaziale dell'area interessata dallo scavo e dei cicli di lavoro dei cantieri. A questi vincoli operativi si sovrappone la disponibilità degli operatori addetti al dragaggio, che risulta fondamentale non solo durante l'esecuzione delle misure, ma anche nelle fasi di analisi ed interpretazione dei dati raccolti, la cui significatività è condizionata dal numero di informazioni disponibili sul ciclo e le modalità di dragaggio.

I primi mesi dello studio sono stati mirati alla caratterizzazione degli effetti ambientali di tre tipologie di draga: draga a benna, draga idrorefluente e draga idrorefluente a sfioro.

Il monitoraggio, i cui risultati sono riportati estesamente nel II Rapporto di Valutazione, ha evidenziato che:

- draga a benna: la dispersione del materiale risospeso dipende principalmente dalle condizioni idrodinamiche (velocità della corrente e condizioni mareali), portando ad un decadimento piuttosto rapido del pennacchio di sedimento in sospensione con velocità elevate della corrente (marea di sizigie e fase centrale del calante o del crescente).
- draga idrorefluente: l'attività svolta da questa tipologia di draga è la meno impattante tra quelle considerate, in quanto il materiale aspirato dall'attrezzo di scavo veniva trasportato,

mediante una condotta a tenuta stagna, all'interno del terrapieno del bacino e l'impatto dello scavo è localizzato nello spazio in prossimità della testa dell'attrezzo con scarsa influenza, ovviamente, delle condizioni idrodinamiche.

- draga idrorefluente a sfioro: è sicuramente la più impattante in termini di risospensione tra quelle esaminate a causa del suo ciclo di lavoro basato sull'utilizzo di un meccanismo di sfioro per aumentare la capacità della tramoggia di carico. In condizioni meteomarine normali, con una velocità media della corrente compresa tra 0.5 e 0.6 m/s, ad una distanza superiore ad 1 km dalla sorgente, la risospensione indotta dalle operazioni di dragaggio è confrontabile con i livelli mediamente presenti in bocca di porto di Lido in condizioni imperturbate (7.1 mg/l, valore medio ricavato dalla serie temporale oraria di concentrazioni di SPM ottenuta dall'ADCP fisso al fondo della bocca di Lido).

2.2 Considerazioni sull'impatto delle attività di scavo delle draghe a benna

Fra le diverse tipologie di scavo investigate durante il monitoraggio della torbidità prodotta dalle attività dei cantieri alle bocche di porto, la tipologia più comune è la draga a benna. Una descrizione dettagliata degli impatti della draga a benna è riportata nei diversi rapporti sinora prodotti nell'ambito del monitoraggio della matrice acqua alle tre bocche di porto (es.: Rapporto di Valutazione del 31 Gennaio 2006; Rapporto Esteso della III Campagna a Chioggia del 6-10 Febbraio 2006; Rapporto Esteso della IV Campagna a Chioggia del 11-15 Febbraio 2006; Rapporto Esteso della V Campagna a Chioggia del 27-31 Marzo 2006; Rapporto Esteso della VI Campagna a Chioggia del 1-5 Aprile 2006). Per quanto riguarda le caratteristiche principali di questa tipologia di cantiere si rimanda al testo del Rapporto di Valutazione (31 Gennaio 2006).

Le aree di cui si dispone della maggior quantità di informazioni sono la bocca di porto di Chioggia, nella quale questa tipologia di scavo è risultata prevalente, e la bocca di porto di Lido, dove le draghe a benna hanno svolto un'attività secondaria rispetto alla draga idrorefluente a sfioro, ma di importanza fondamentale in tutte le attività di preparazione del fondale (numerosi aree di estensione limitata) e nello scavo del canale retrostante l'Isola Nuova.

Come risulta dalle indagini sinora effettuate, lo scavo con draghe a benna si configura come una metodologia di medio impatto, con effetti di limitata estensione, anche in considerazione delle ridotte quantità di materiali movimentati nell'ambito delle operazioni più tipiche. La nube di materiale sospeso ha l'aspetto di una colonna verticale di estensione piuttosto contenuta (da 50 a 100 m, a seconda delle condizioni) in senso trasversale alla direzione del canale. L'andamento longitudinale è discontinuo, in relazione alle caratteristiche della stessa attività di scavo. Poiché il materiale disperso dall'attrezzo durante il movimento verticale ha la stessa composizione di quello del fondale, nel caso di sedimenti sabbioso-siltosi, l'evoluzione del pennacchio di torbida è piuttosto rapida. Il materiale più grossolano si sposta rapidamente verso il fondo seguito dalla frazione fine che, essendo percentualmente meno importante rispetto a quella rilasciata dalla draga idrorefluente, dà luogo ad un impatto decisamente più contenuto.

La disponibilità di una serie piuttosto estesa di transetti effettuati in corrispondenza di draghe a benna in fase di lavorazione consente di concludere che in generale l'impatto risulta quasi sempre contenuto entro i valori prestabiliti (documento "definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto" del 30 settembre 2005). Il pennacchio di torbida si esaurisce, diventando praticamente indistinguibile dal valore di background, ad una distanza di poche centinaia di metri dal centro della cella di scavo.

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

Oltre che dalle caratteristiche del materiale scavato, la morfologia e la persistenza della nube dei materiali in sospensione nella colonna d'acqua dipendono fortemente dalla conduzione del ciclo di scavo e dall'intensità della corrente di marea. In condizioni di marea di sizigie si è osservato come una parte consistente del materiale risospeso venga rapidamente allontanata dalla zona di scavo, per cui la concentrazione del pennacchio decade rapidamente in direzione longitudinale. Anche la dispersione trasversale tende a ridursi con velocità della corrente più elevate. Se le velocità di corrente sono, invece, relativamente basse, come per esempio in condizioni di marea di quadratura, il materiale risospeso non viene trasportato a grande distanza dalla zona di scavo, mentre il pennacchio tende ad assumere una forma più allargata.

A titolo di esempio vengono qui riproposti due casi particolarmente interessanti che, per le particolari condizioni del campo sperimentale e della conduzione ciclo di scavo, hanno consentito di evidenziare in maniera piuttosto chiara le variazioni della configurazione della nube di materiale sospeso ed il suo decadimento nello spazio e nel tempo.

Il primo caso si riferisce alle trasformazioni subite dalla nube di materiale sospeso a diverse distanze dal centro della cella di scavo ed è relativo alla campagna di monitoraggio del 29 Settembre 2004 alla bocca di porto di Chioggia. Il secondo è invece relativo alla campagna di monitoraggio dell'8 Giugno 2006 alla bocca di porto di Lido, Canale di Treporti, quando è stato possibile osservare il decadimento nel tempo della nube del sospeso lungo la stessa sezione localizzata ad una certa distanza dal centro della cella di scavo.

Tabella 2.2 Dati di riferimento dei transetti ADCP eseguiti il giorno 29 settembre 2004 e visualizzati nella Figura 1. MQ = portata della parte di sezione misurata dallo strumento, TotQ = portata totale, Area = area della sezione, Q/Area = velocità media nella sezione. Nella colonna di destra è indicata la direzione di esecuzione del transetto in riferimento ai punti della mappa di Figura 2.1.

Transetto	Data	Ora Inizio (UT)	Ora Fine (UT)	MQ m ³ /s	TotQ m ³ /s	Area m ²	Q/Area m/s	Dir. Transetto
ChT2037	29/09/2004	06.14	06.19	-3247.1	-4346.0	4966.9	0.88	49 → 50
ChT2039	29/09/2004	06.29	06.34	-3377.8	-4445.9	4928.9	0.90	71 → 70

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

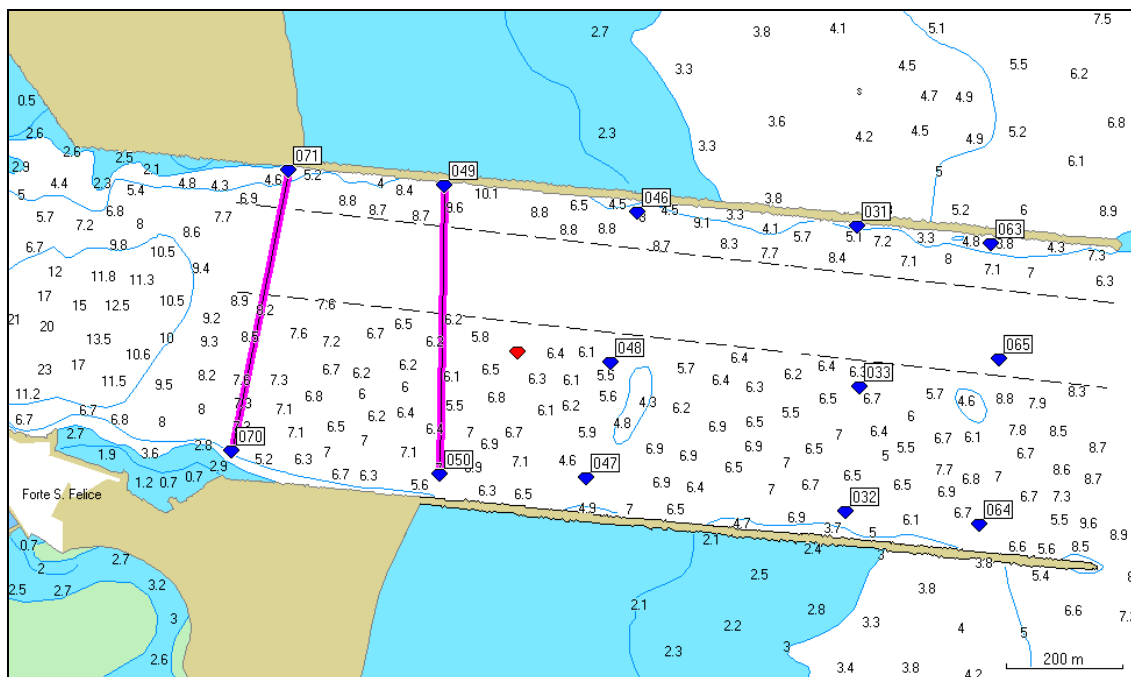


Figura 2.1 . Schema del campo sperimentale della campagna di misura del 29 Settembre 2004 alla bocca di porto di Chioggia. Il simbolo rosso indica la posizione della draga, le linee di colore viola rappresentano le due sezioni lungo cui sono state effettuate le acquisizioni descritte nel testo e visualizzate in Figura 2.2.

Nel caso della campagna del 29 Settembre 2004, le misure sono state effettuate in condizioni di marea crescente con una velocità di corrente di circa 0.9 m/s (sizigie). Le informazioni relative ai transetti sono riportate nella Tabella 2.2, mentre i risultati delle acquisizioni lungo le sezioni evidenziate in Figura 2.1 sono visualizzati in Figura 2.2. Si evidenziano (pannello a sinistra in Figura 2.2) la morfologia piuttosto ristretta del pennacchio di torbida nella sezione più vicina al punto di scavo (130 m) e il rapido decadimento dei valori di concentrazione che nella sezione più distale (a circa 450 m dal punto di scavo). La concentrazione media nel pennacchio di torbida passa, infatti, da un valore di circa 21 mg/l (circa 63 mg/l al picco massimo), registrato nella parte centrale del pennacchio di torbida in corrispondenza del transetto ChT2037, ad un livello di circa 15 mg/l (circa 19 mg/l al picco) nella regione centrale del pennacchio identificabile nel transetto Cht2039 (pannello a destra in Figura 2.2).

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

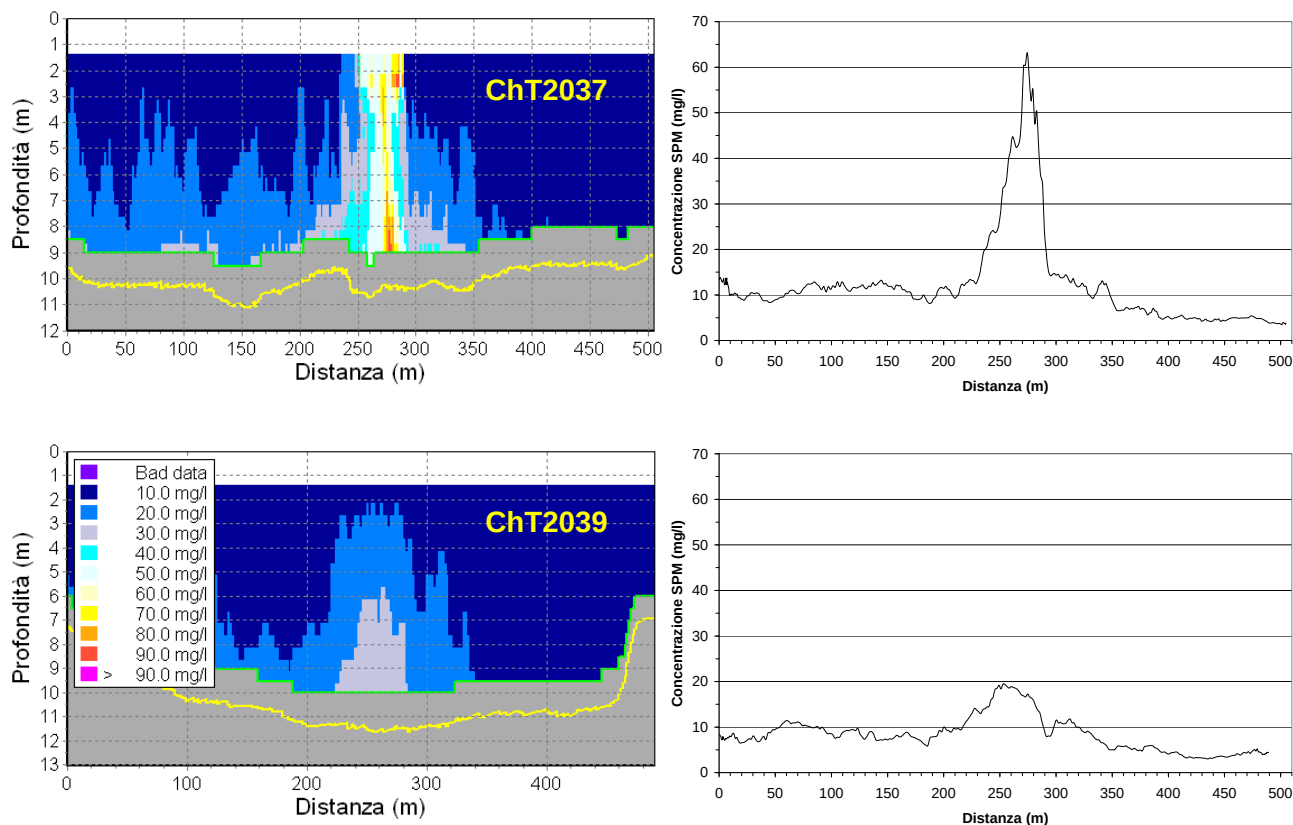


Figura 2.2 . Distribuzione della concentrazione del particolato sospeso e andamento dei valori della concentrazione media lungo la verticale nei due transetti di Figura 2.1, effettuati durante le operazioni di scavo della draga a benna il 29 Settembre 2004. Orari ed informazioni sull'idrodinamica sono riportati in Tabella 2.2. Le distanze delle due sezioni rispetto al centro della cella di scavo sono rispettivamente pari a circa 130 m per il transetto 2037 e 450 m per il transetto 2039.

Nel caso della campagna dell'8 Giugno 2006, le misure sono state effettuate in condizioni di marea calante con una velocità della corrente variabile fra 0.30 e 0.25 m/s (sizigie). Le informazioni relative ai transetti sono riportate nella Tabella 2.3, mentre i risultati delle acquisizioni lungo le sezioni sono visualizzati in Figura 2.4.

L'inizio delle misure in concomitanza con il termine dell'attività di scavo di una draga ha creato l'opportunità per una sperimentazione del decadimento nel tempo della nube di materiale sospeso.

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

Tabella 2.3 Dati di riferimento dei transetti ADCP eseguiti il giorno 8 Giugno 2006 e visualizzati nella Figura 2.4. MQ = portata della parte di sezione misurata dallo strumento, TotQ = portata totale, Area = area della sezione, Q/Area = velocità media nella sezione. Nella colonna di destra è indicata la direzione di esecuzione del transetto in riferimento ai punti della mappa di Figura 2.3.

Transetto	Data	Ora Inizio (UT)	Ora Fine (UT)	MQ m ³ /s	TotQ m ³ /s	Area m ²	Q/Area m/s	Dir. Transetto
TP06018	08/06/2006	12.31	12.35	458.0	752.0	2523.7	0.30	34 → 33
TP06019	08/06/2006	12.35	12.39	420.3	691.1	2592.8	0.27	33 → 34
TP06020	08/06/2006	12.39	12.43	408.3	672.5	2512.9	0.27	34 → 33
TP06021	08/06/2006	12.43	12.47	382.1	630.4	2566.5	0.25	33 → 34

I transetti sono stati ripetuti sempre nella stessa sezione (estremi 33-34) consentendo di visualizzare l'evoluzione della nube, in funzione del tempo, ad una distanza costante (circa 80 m) dal centro della cella di scavo. I grafici di Figura 2.4 mostrano in maniera piuttosto evidente il rapido decadimento del pennacchio (pannello a sinistra). Nel passaggio fra il primo ed il secondo transetto (TP06018-TP06019; circa 4 minuti), la concentrazione media nella regione centrale del pennacchio di torbida si riduce in marcatamente dal valore di circa 40 mg/l iniziali (circa 70 mg/l al picco massimo) a circa 15 mg/l (circa 37 mg/l al picco). Successivamente, dopo circa 8 minuti (transetto TP06020), la concentrazione raggiunge valori di poco superiori al valore di background (circa 6 mg/l) fino a risultare praticamente indistinguibili da questo nel transetto finale (TP06021), a circa 12 minuti dal primo. Considerando i valori della concentrazione maggiori del 10% del valore di background è stata identificata, nelle serie di dati dei grafici di Figura 2.4, la regione del pennacchio. Limitatamente a quest'ultima si è calcolato un valore medio significativo che è stato riportato in funzione del tempo dall'istante di rilascio nel diagramma di Figura 2.5. I risultati mostrano un decadimento esponenziale della concentrazione nel pennacchio e consentono di stimare, seppur in maniera approssimativa, una concentrazione minima nella zona di rilascio (circa 70 mg/l).

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

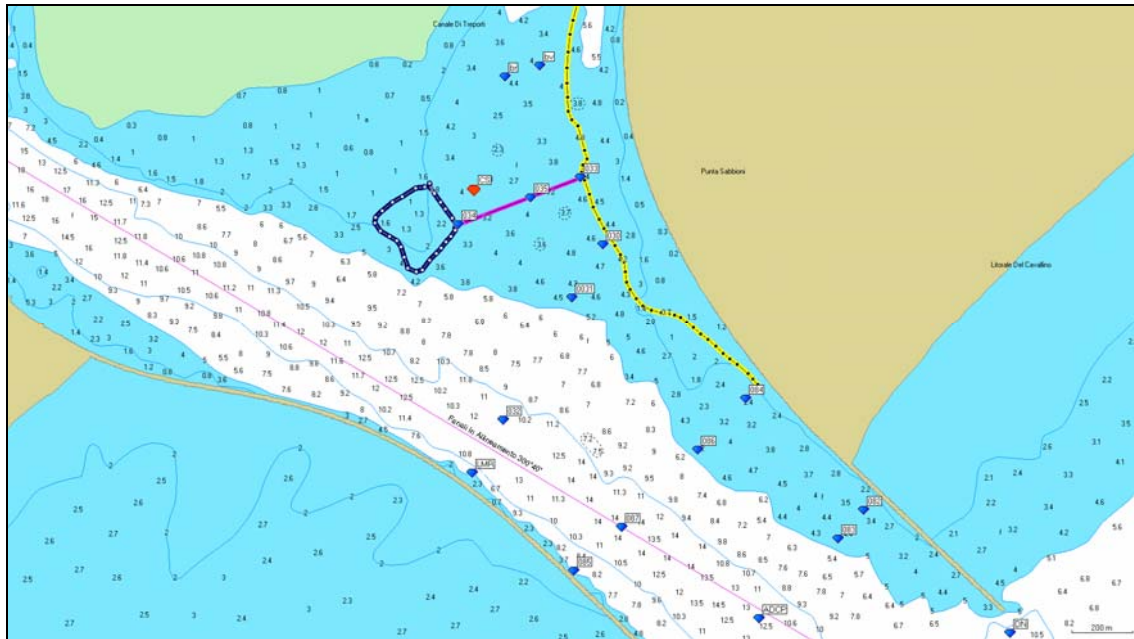


Figura 2.3 Schema del campo sperimentale della campagna di misura dell'8 Giugno 2006 alla bocca di porto di Lido, Canale di Treporti. Il simbolo rosso indica la posizione della draga, la linea di colore viola rappresenta la sezione lungo cui sono state effettuate le quattro acquisizioni descritte nel testo. Le curve in giallo e blu rappresentano, rispettivamente, il contorno approssimativo del porto rifugio e dell'Isola Nuova. La distanza della cella di scavo dalla sezione di misura è pari a circa 80 m.

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

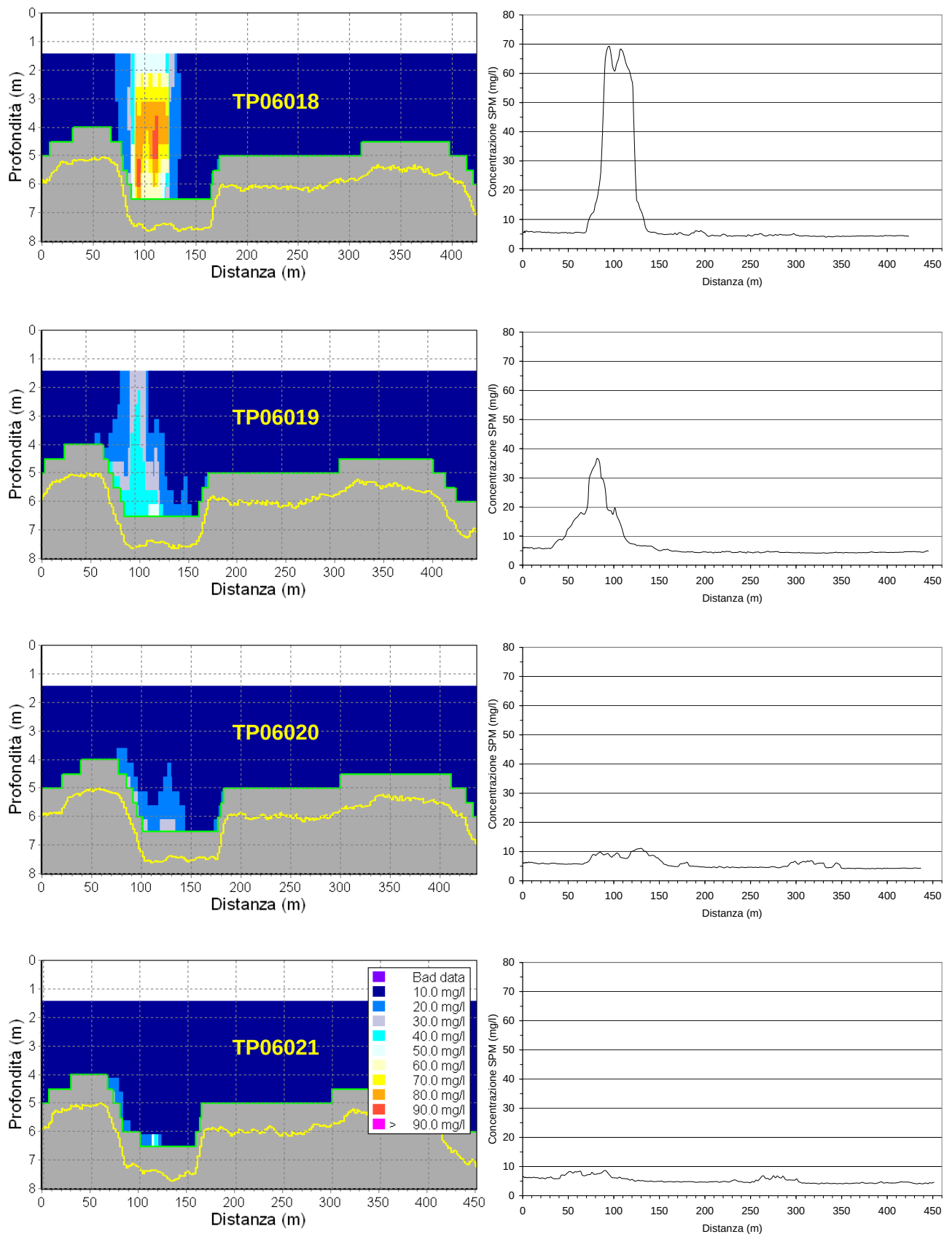


Figura 2.4 Distribuzione della concentrazione del particolato sospeso e andamento dei valori della concentrazione media lungo la verticale nel transetto di Figura 2.3, monitorato in successione temporale a partire dal termine delle operazioni di scavo della draga a benna l'8 Giugno 2006. Orari ed informazioni

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

sull'idrodinamica sono riportati in Tabella 2.3. La distanza della sezione rispetto al centro della cella di scavo è pari a circa 80 m.

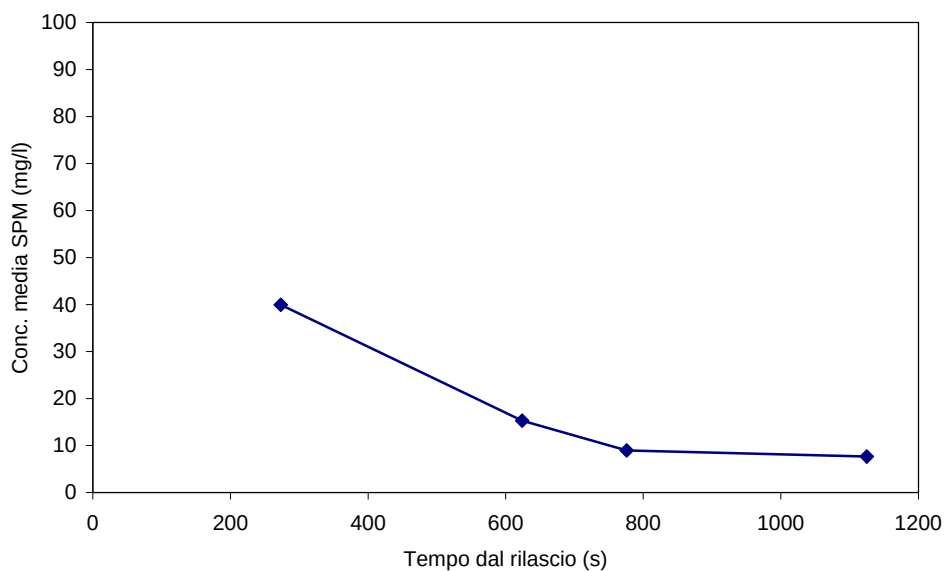


Figura 2.5 Andamento della concentrazione media del pennacchio in funzione del tempo dall'istante di rilascio. La posizione del punto iniziale è stata valutata sulla base della distanza dalla draga e della velocità media della corrente durante la misura.

2.3 Campagne di misura utilizzate per la taratura e la verifica del modello

Nella Tabella seguente sono riportate le campagne di misura effettuate in presenza della draga Astra e tutti i percorsi utilizzati per la taratura del modello, i motivi di eventuali esclusioni e i percorsi che saranno utilizzati per la verifica del modello.

Tabella 2.4: Elenco campagne in cui era presente la draga ASTRA mentre si svolgevano i transetti ed eventuali motivi di loro esclusione.

Bocca di Porto	Data	Stato
II campagna - Calibrazione Modello - Lido	31/05/2005	Non elaborata perché pennacchio non sviluppato in tutti i transetti
I campagna Lido-SNicolò	14/06/2005	Non è stata utilizzata per la taratura del modello poiché sarà utilizzata in seguito per la verifica dello stesso
I campagna Lido-SNicolò	15/06/2005	Non è stata utilizzata per la taratura del modello poiché sarà utilizzata in seguito per la verifica dello stesso
III campagna - Calibrazione Modello - Lido	16/06/2005	I percorso: mancano le distanze dalla draga II percorso elaborato
III campagna Lido-SNicolò	18/07/2005	Non è stata utilizzata per la taratura del modello poiché sarà utilizzata in seguito per la verifica dello stesso
III campagna Lido-SNicolò	19/07/2005	Non è stata utilizzata per la taratura del modello poiché sarà utilizzata in seguito per la verifica dello stesso
III campagna Lido-SNicolò	20/07/2005	Non è stata utilizzata per la taratura del modello poiché sarà utilizzata in seguito per la verifica dello stesso
III campagna Lido-SNicolò	21/07/2005	Non è stata utilizzata per la taratura del modello poiché sarà utilizzata in seguito per la verifica dello stesso
IV campagna Lido-SNicolò	13/09/2005	percorso 3001: elaborato percorso 3002: non elaborato per presenza di picchi di concentrazione percorso 3005: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 3006: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 3007: elaborato percorso 3009: non elaborato perché non è riconoscibile il pennacchio-plume passivo a monte della draga percorso 3011: elaborato
IV campagna Lido-SNicolò	14/09/2005	percorso 3012: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 3013: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 3018: elaborato percorso 3019: non elaborato perché solo 2 transetti percorso 3021: elaborato
IV campagna Lido-SNicolò	15/09/2005	percorso 3025 : non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 3026: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 3029: non elaborato perché la draga si è spostata troppo dall'area di scavo percorso 3031: non elaborato per passaggio imbarcazioni percorso 3032: non elaborato per passaggio imbarcazioni percorso 3033: non elaborato per passaggio imbarcazioni percorso 3035: non elaborato per passaggio imbarcazioni
IV campagna Lido-SNicolò	16/09/2005	percorso 3037: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 3038: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 3041: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 3042: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso)

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

Bocca di Porto	Data	Stato
V campagna Lido-SNicolò	25/10/2005	percorso 4001: elaborato percorso 4003: elaborato percorso 4005: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 4006: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 4009: non elaborato per campana concentrazione SS non completa o con presenza di picchi ai lati percorso 4010: non elaborato perché transetto eseguito dopo la fine dello scavo
V campagna Lido-SNicolò	26/10/2005	percorso 4012: elaborato percorso 4014: non elaborato per campane concentrazione SS non ben definite percorso 4015: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso)
VI campagna Lido-SNicolò	28/11/2005	percorso 5003: non elaborato perché alcuni transetti presentano bolle percorso 5004: non elaborato per passaggio imbarcazioni e campana concentrazione SS non completa percorso 5006: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 5008: non elaborato per passaggio imbarcazioni percorso 5010: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso)
VI campagna Lido-SNicolò	29/11/2005	percorso 5012: non elaborato per passaggio imbarcazioni percorso 5013: non elaborabile dal punto di vista del calcolo perché i transetti si intersecano percorso 5015: non elaborato per campana concentrazione SS non completa percorso 5017: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 5018: non elaborato perché solo 2 transetti con campane SS complete percorso 5020: non elaborabile dal punto di vista del calcolo perché i transetti si intersecano
VI campagna Lido-SNicolò	30/11/2005	percorso 5023: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 5024: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 5026: non elaborato per campana concentrazione SS non completa percorso 5027: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 5030: non elaborato per campana concentrazione SS non completa percorso 5032: non elaborato per campane concentrazione SS non completa
VI campagna Lido-SNicolò	1/12/2005	percorso 5033: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 5034: non elaborato perché 1 solo transetto (sezione ADCP fisso) percorso 5036: non elaborabile dal punto di vista del calcolo perché i transetti si intersecano percorso 5038: non elaborato per campana concentrazione SS non completa percorso 5039: non elaborato per campana concentrazione SS non completa o non ben definita
II campagna Lido-Treporti	15/12/2005	Non è stata utilizzata per la taratura del modello poiché sarà utilizzata in seguito per la verifica dello stesso
V campagna Lido-Treporti	16/05/2006	Non è stata utilizzata per la taratura del modello poiché sarà utilizzata in seguito per la verifica dello stesso
VI campagna Lido-Treporti	12-15/06/2006	Non è stata utilizzata per la taratura del modello poiché sarà utilizzata in seguito per la verifica dello stesso
VIbis campagna Lido-Treporti	7-13/06/2006	Non è stata utilizzata per la taratura del modello poiché sarà utilizzata in seguito per la verifica dello stesso

III CAMPAGNA CALIBRAZIONE

LIDO

16 GIUGNO 2005

Percorso "2"

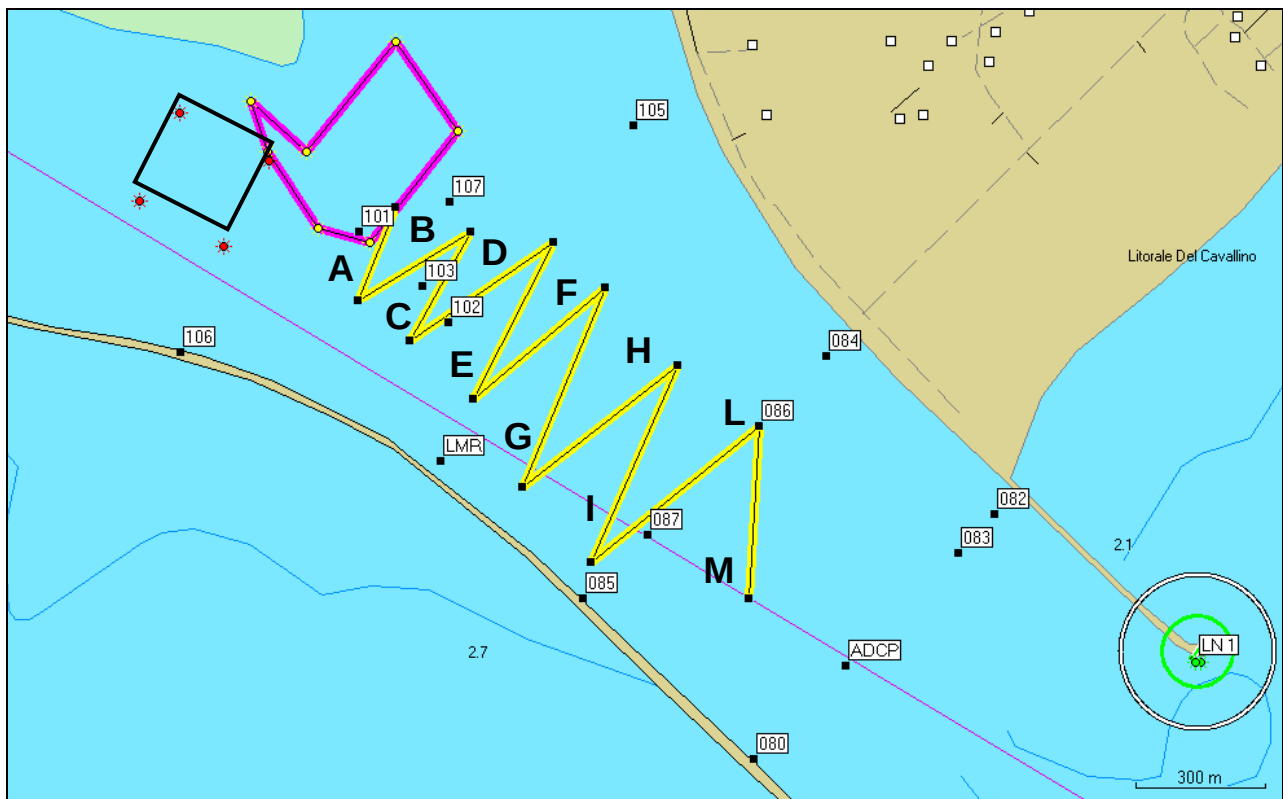


Figura 2.6 Mappa con la traccia del secondo percorso a zig-zag (in giallo) eseguito a valle dell'area di scavo (quadrato nero) in corrispondenza dell'isola artificiale (in rosa).

Data e orario: 16 Giugno 2005, 17:59 alle 18:49 (UT)

Condizioni mareografiche: marea uscente, prima metà del calante

Orario di scavo della draga Astra: 18:30 – 20:00 circa.

Velocità media della corrente: 0.36 m/s.

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

Tabella 2.5: Velocità, direzione della corrente media, lunghezza dei transetti.

Percorso	Posizioni estreme	Ora inizio	Ora fine	Transetto	Lunghezza transetto [m]	Velocità corrente media (m/s)	Direzione corrente media [°]
percorso 2	da A a M	17:59:34	18:49:34	I	266.3	0.29	117
				II	360.9	0.27	114
				III	308.2	0.31	122
				IV	448.4	0.29	120
				V	461.7	0.30	130
				VI	450.1	0.34	121
				VII	520.2	0.41	131
				VIII	476.9	0.45	125
				IX	494.0	0.50	132
				X	517.1	0.51	123
				XI*	355.31	0.48	130

* transetto non utilizzato nella taratura del modello perché la campana è incompleta

Note:

Per “campana” si intende il grafico che rappresenta l’ andamento della concentrazione media sulla verticale del particellato solido in sospensione in funzione della distanza percorsa dall’imbarcazione dov’è collocata la sonda.

Per ogni percorso è stata individuata una concentrazione di “background” (C_{back}) scelta come la minima delle concentrazioni mediate sulla verticale lungo il percorso.

Il flusso di sedimenti (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.

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

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

2.3.1 Transetto A (III Campagna calibrazione - 16 giugno 2005- Percorso 2)

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
441 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.27 m/s.

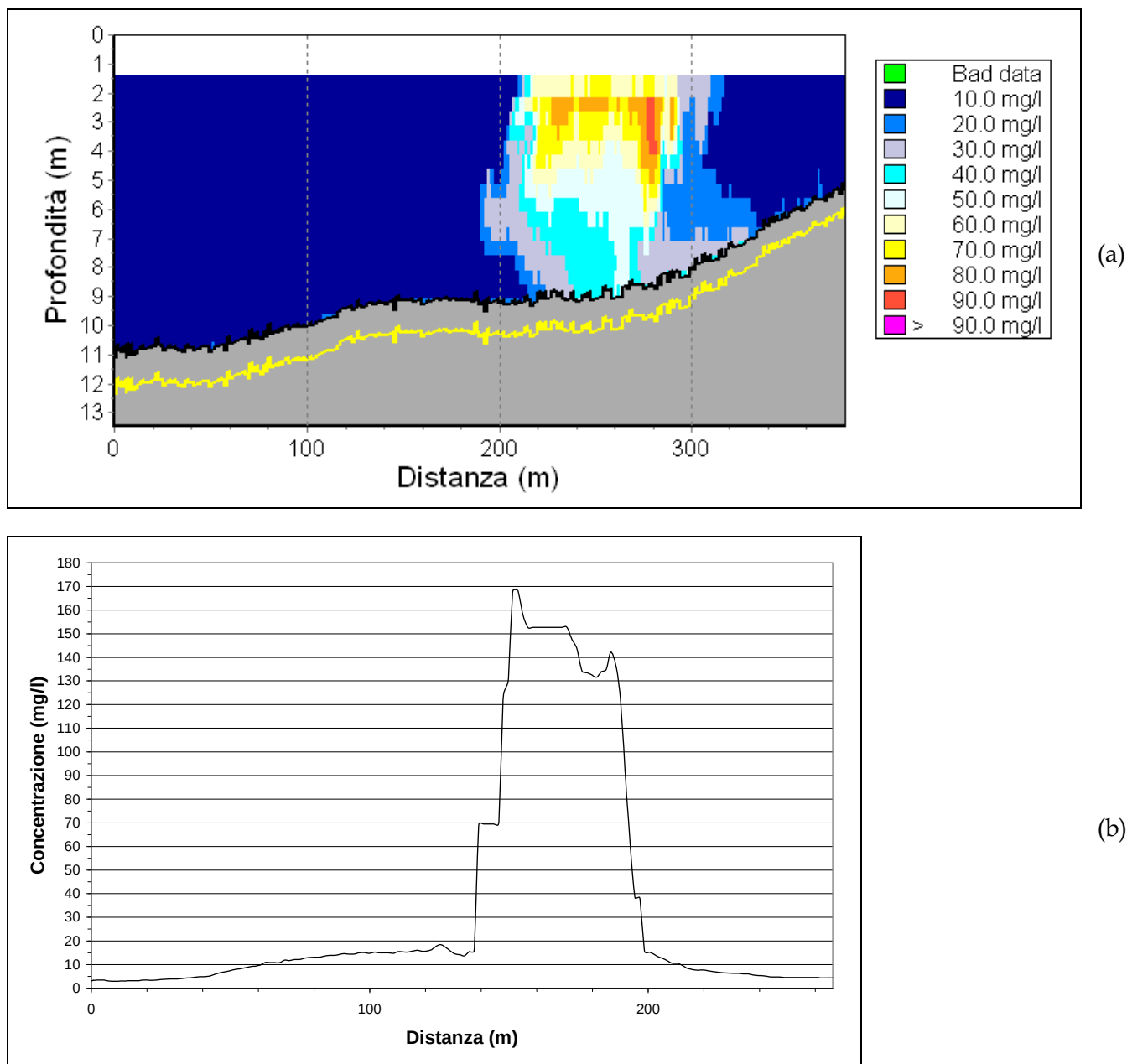


Figura 2.7 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

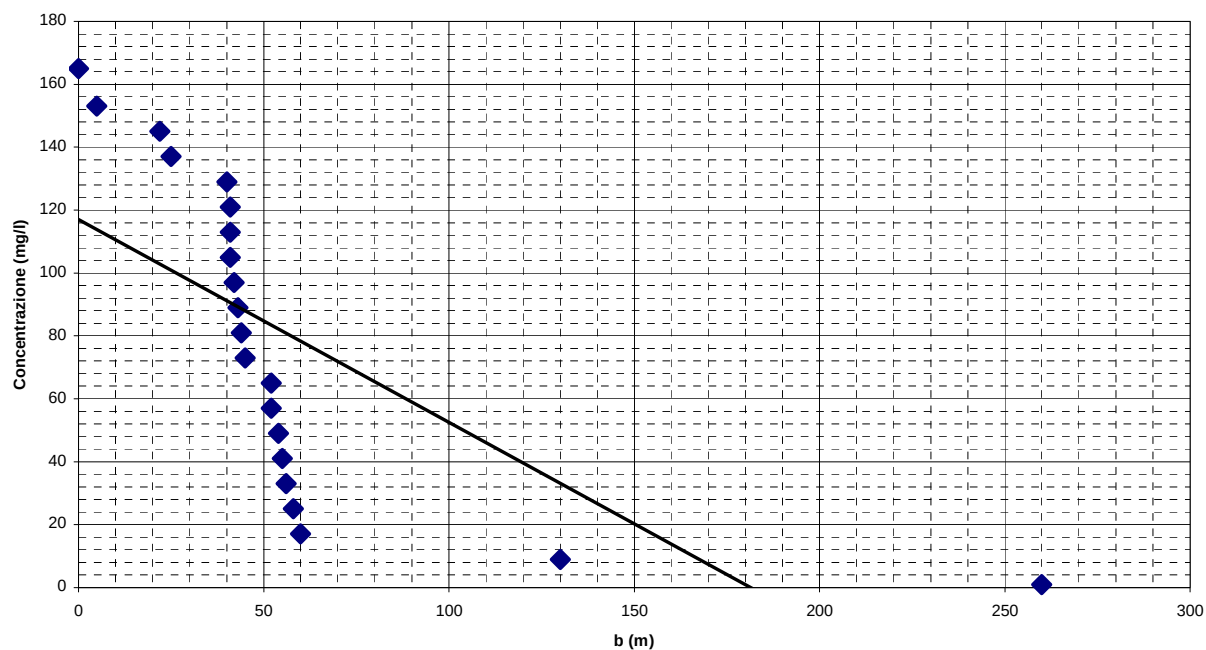


Figura 2.8 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 181 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 117.01 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 20435.50g/s

2.3.2 Transetto B (III Campagna calibrazione - 16 giugno 2005- Percorso 2)

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
485 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.24 m/s.

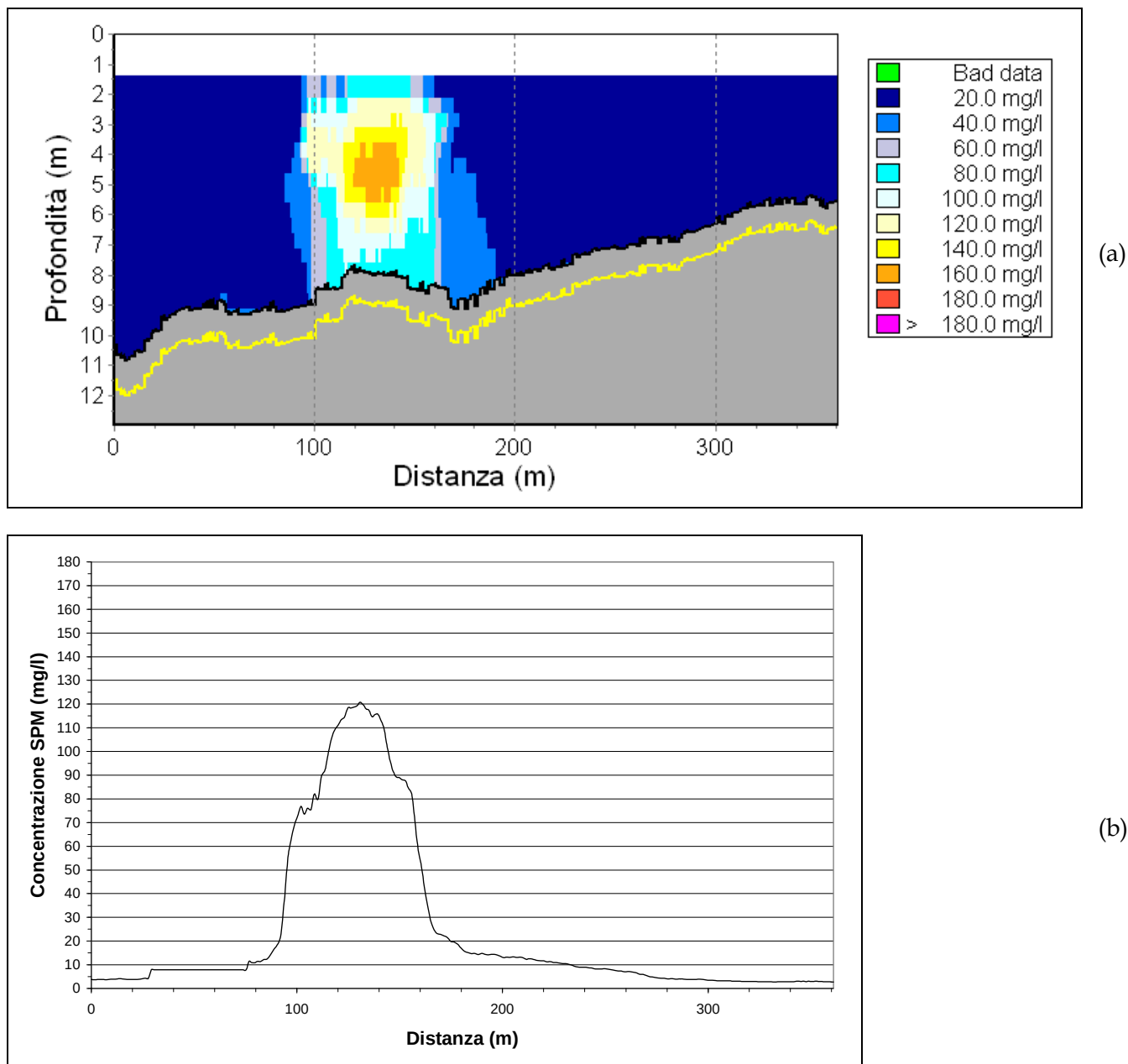


Figura 2.9 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

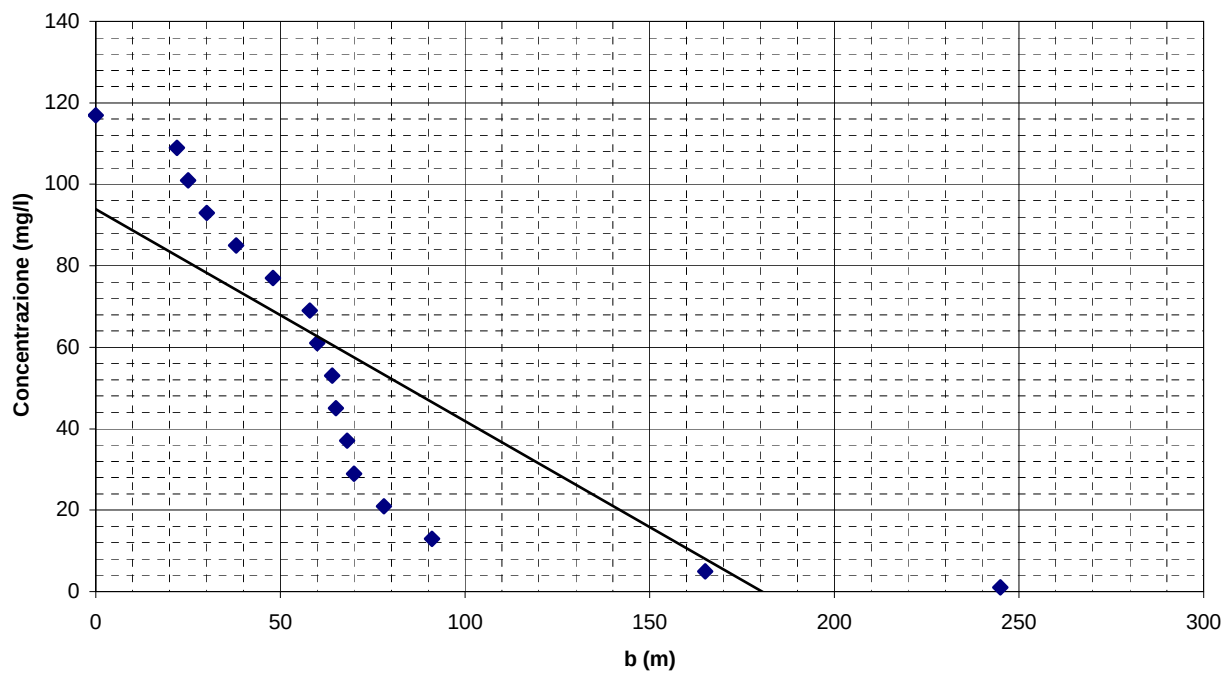


Figura 2.10 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 180 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 93.89 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 13508.62 /s

2.3.3 Transetto C (III Campagna calibrazione - 16 giugno 2005- Percorso 2)

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
589 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.29 m/s.

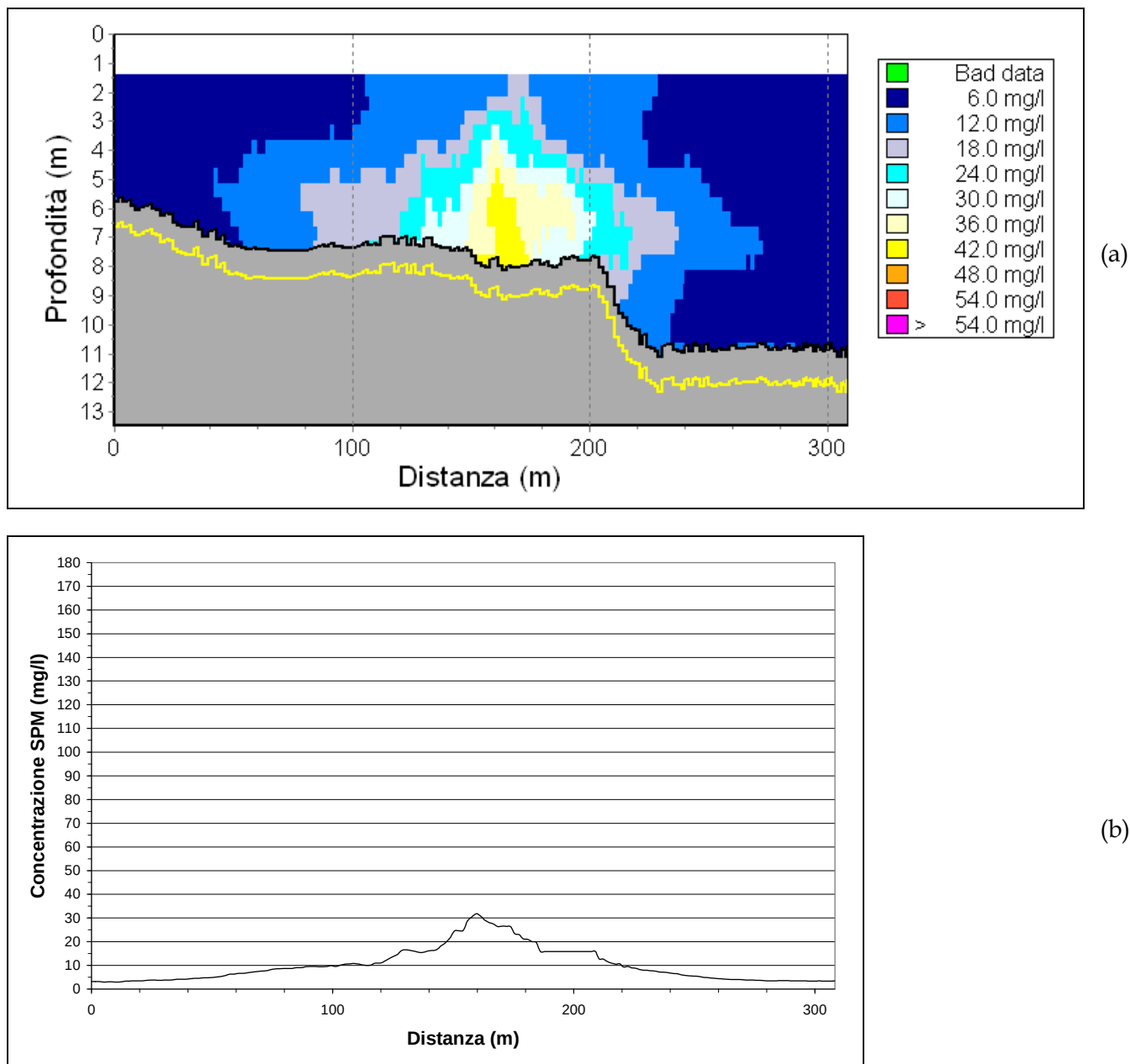


Figura 2.11 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

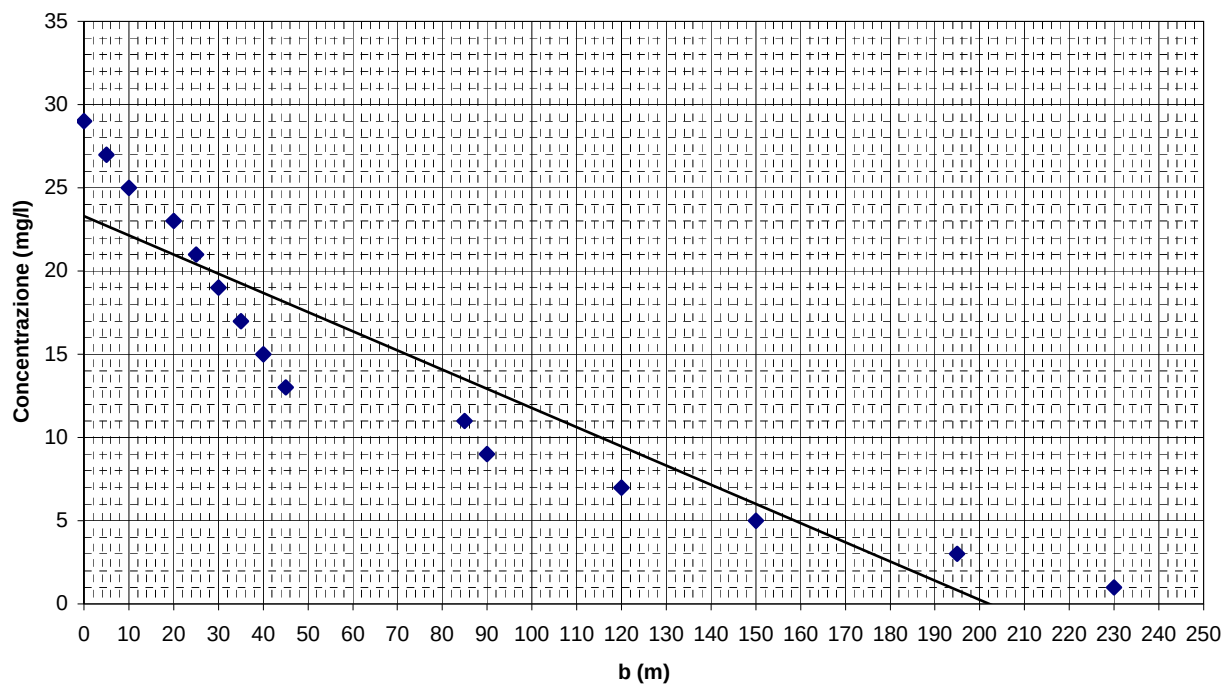


Figura 2.12 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 203 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 23.29 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 4902.52 /s

2.3.4 *Transetto D (III Campagna calibrazione - 16 giugno 2005- Percorso 2)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
644 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.29 m/s.

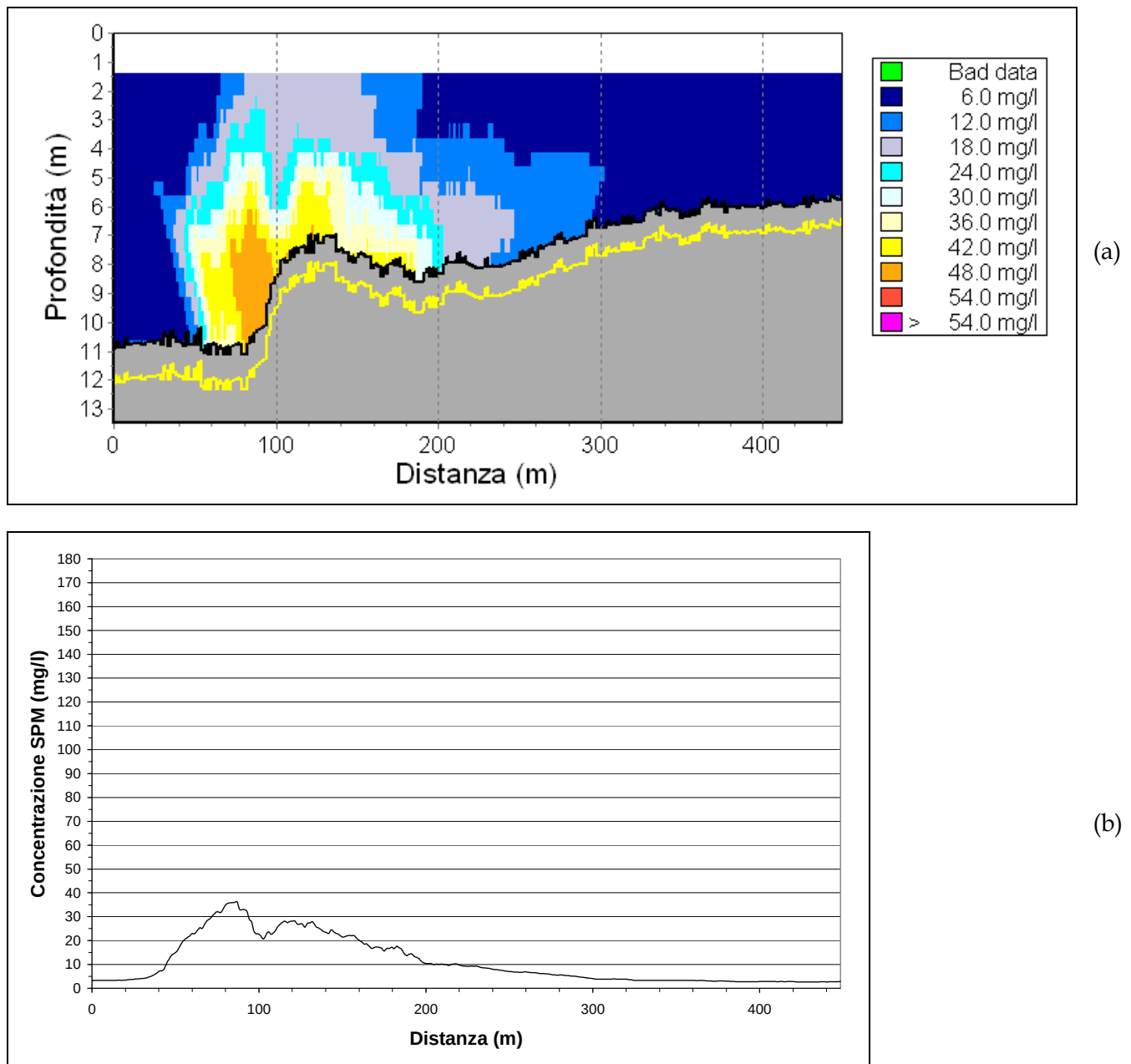


Figura 2.13 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

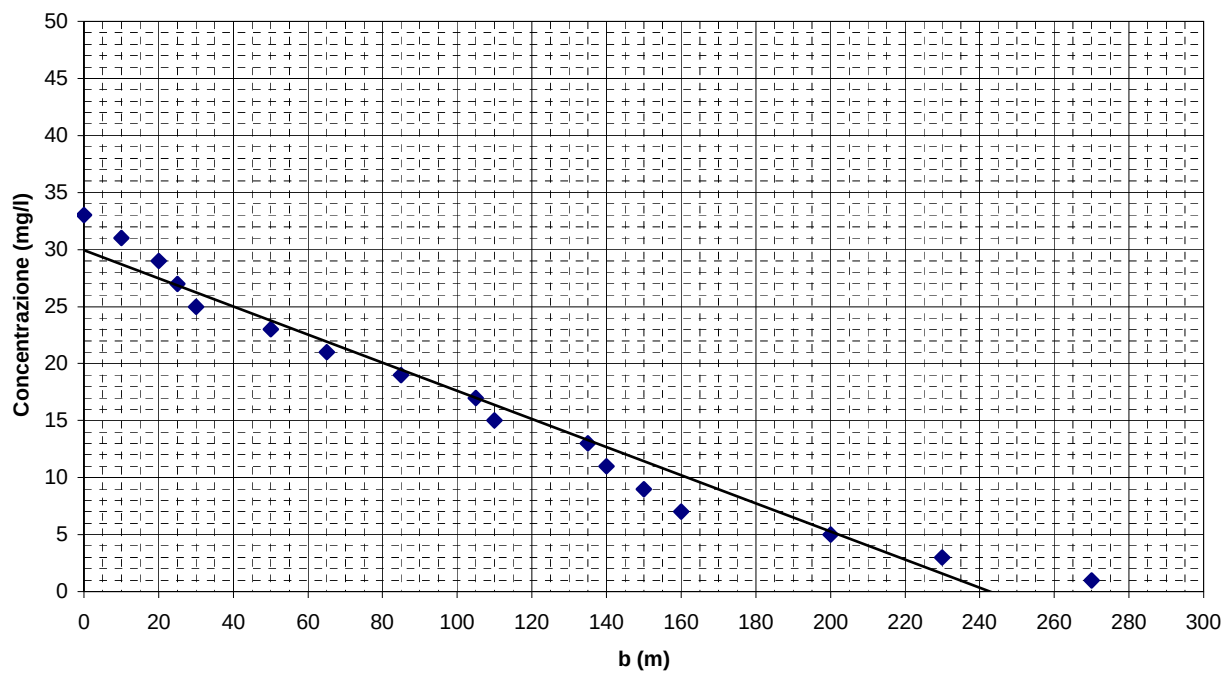


Figura 2.14 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 243 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 29.93 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 8326.82 g/s

2.3.5 Transetto E (III Campagna calibrazione - 16 giugno 2005- Percorso 2)

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
789 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.28 m/s.

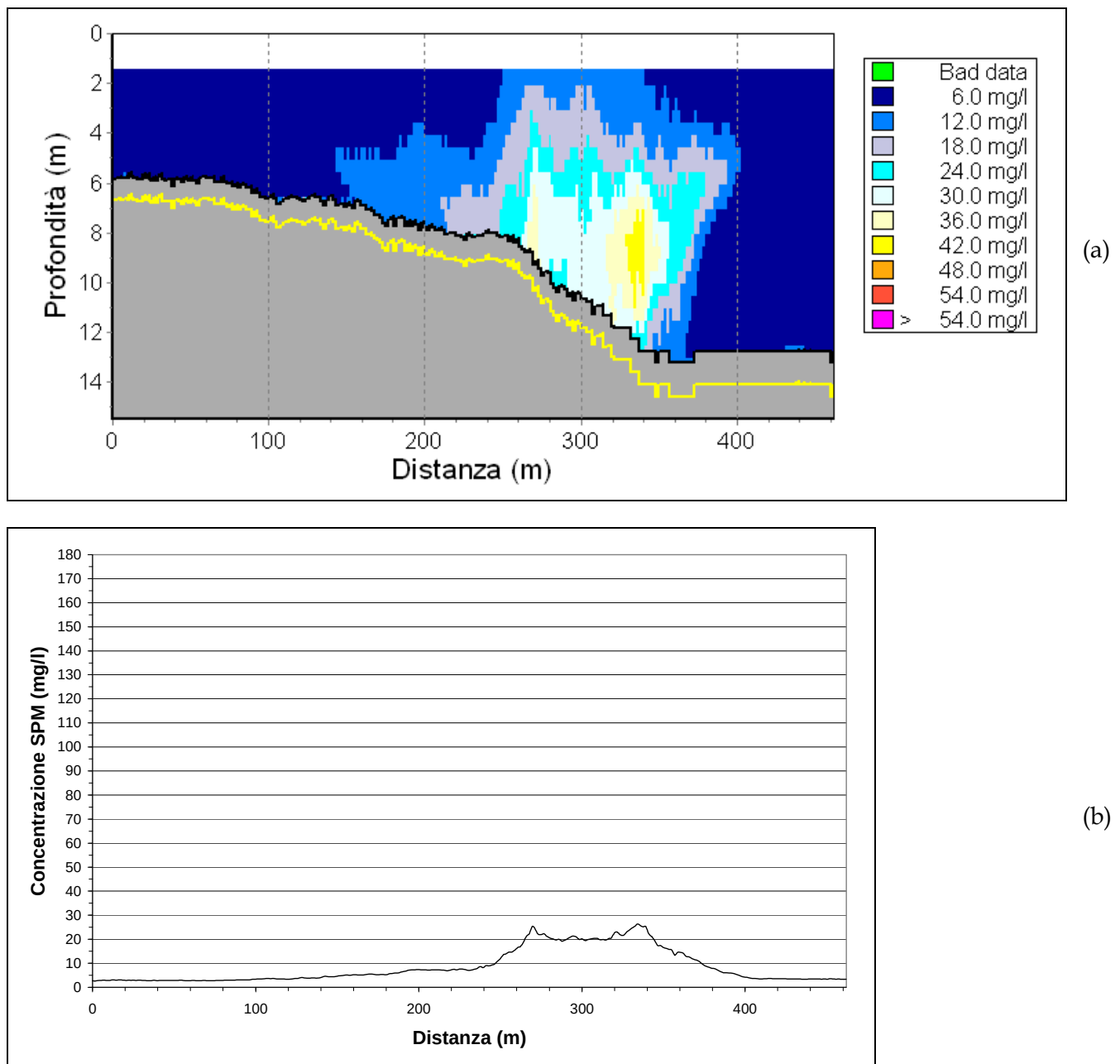


Figura 2.15 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

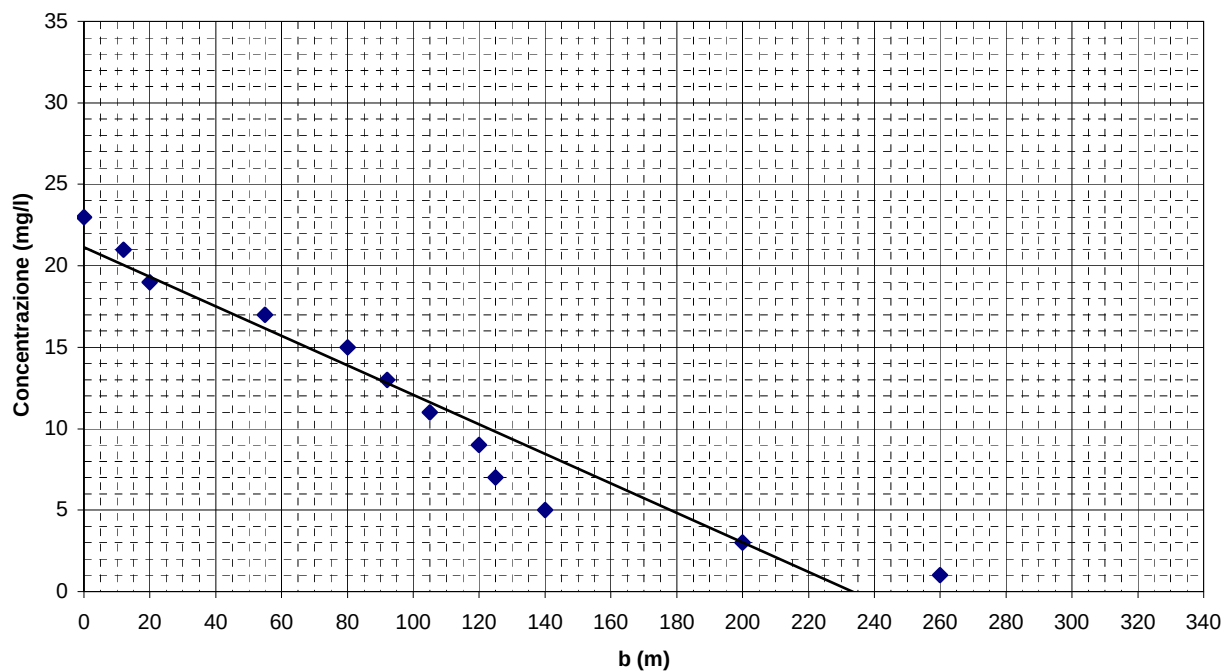


Figura 2.16 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 233 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 21.24 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 7607.26. g/s

2.3.6 Transetto F (III Campagna calibrazione - 16 giugno 2005- Percorso 2)

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
834 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.32 m/s.

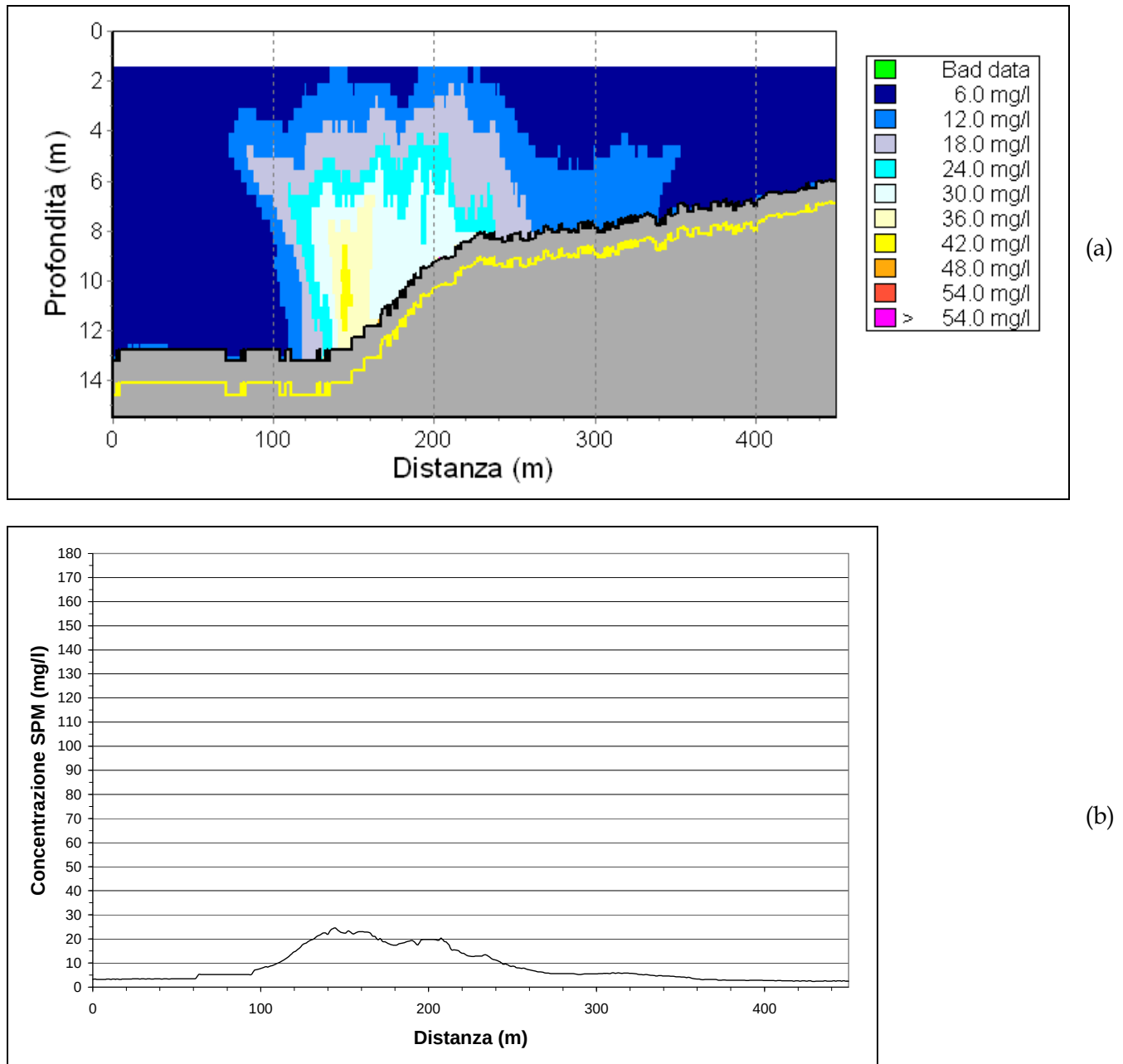


Figura 2.17 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

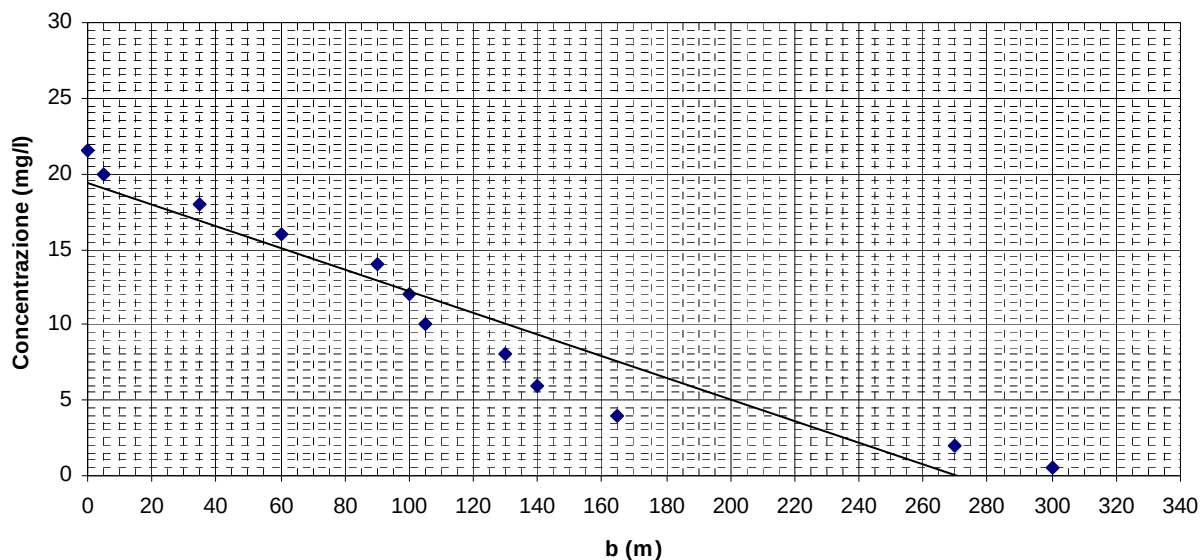


Figura 2.18 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 270 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 19.36 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 7712.66 g/s

2.3.7 *Transetto G (III Campagna calibrazione - 16 giugno 2005- Percorso 2)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
938 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.39 m/s.

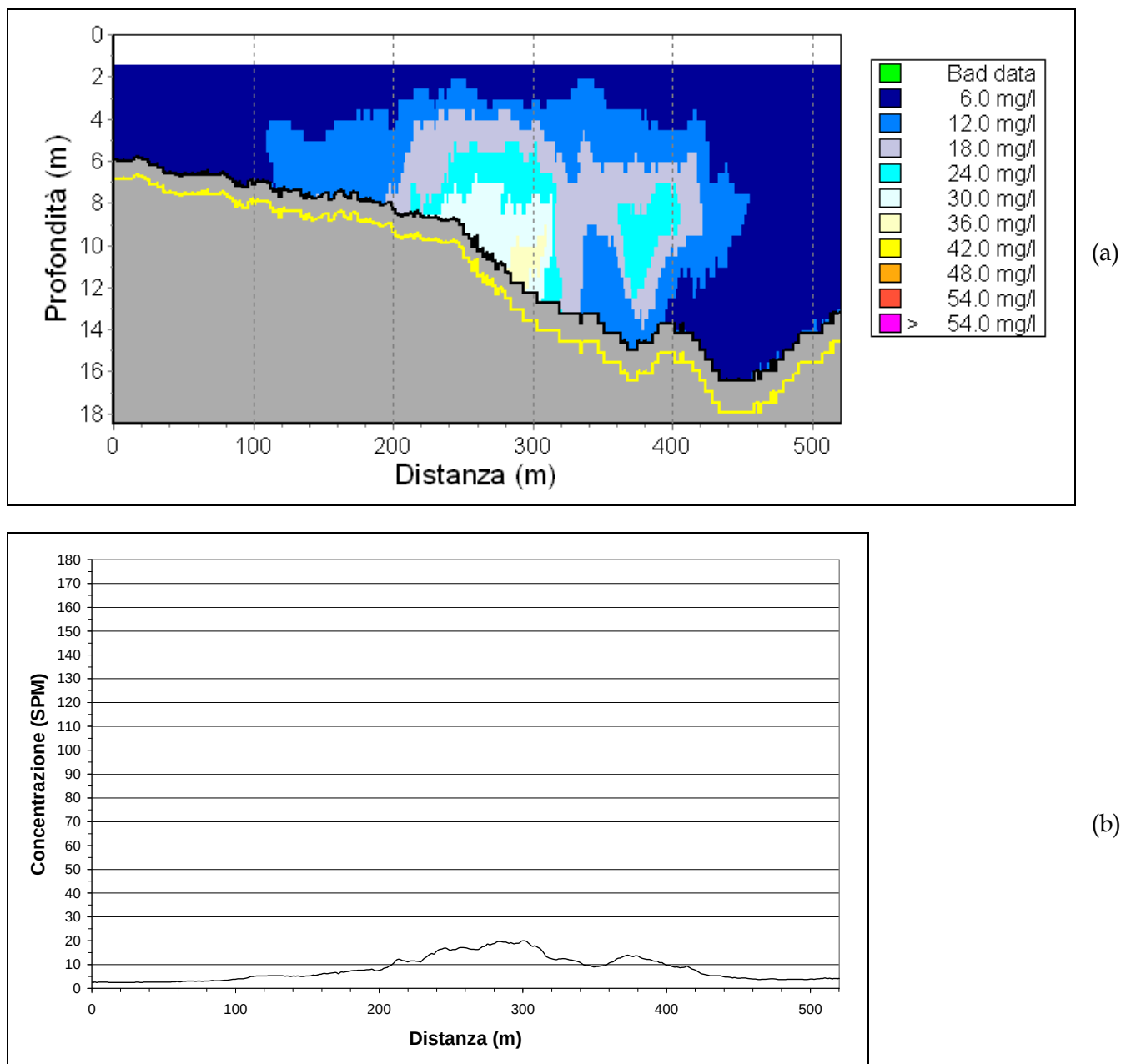


Figura 2.19 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

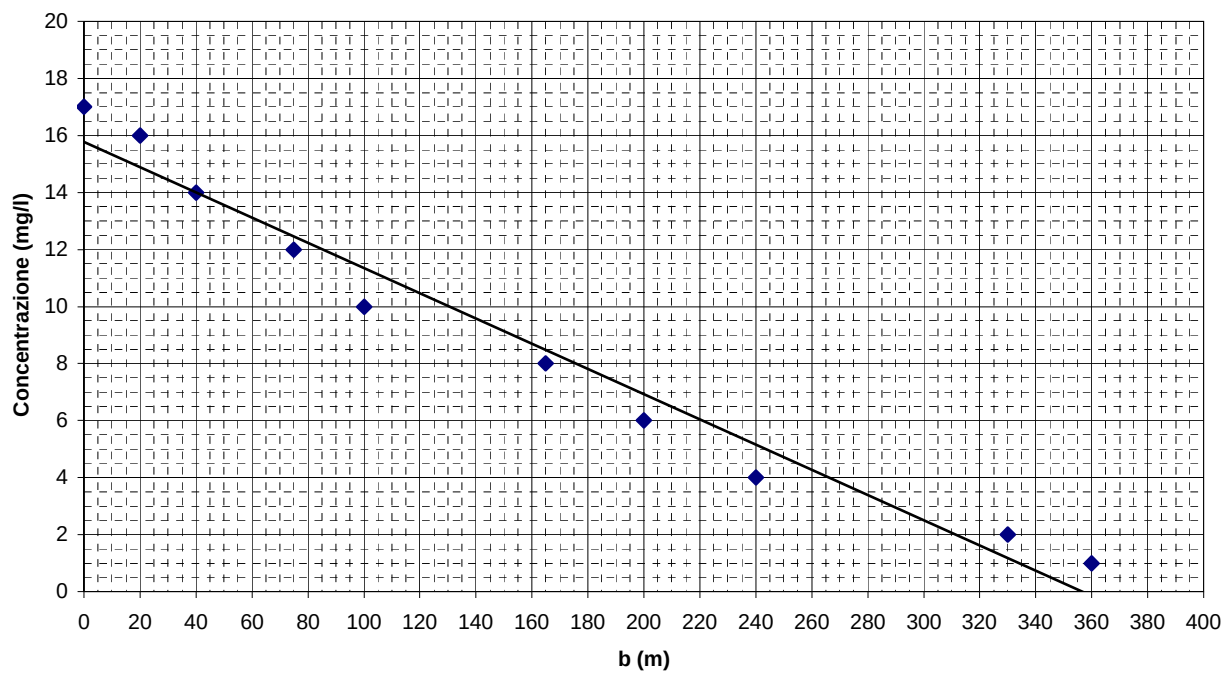


Figura 2.20 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 357 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 15.76 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 10733.69 g/s

2.3.8 *Transetto H (III Campagna calibrazione - 16 giugno 2005- Percorso 2)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
1000 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.43 m/s.

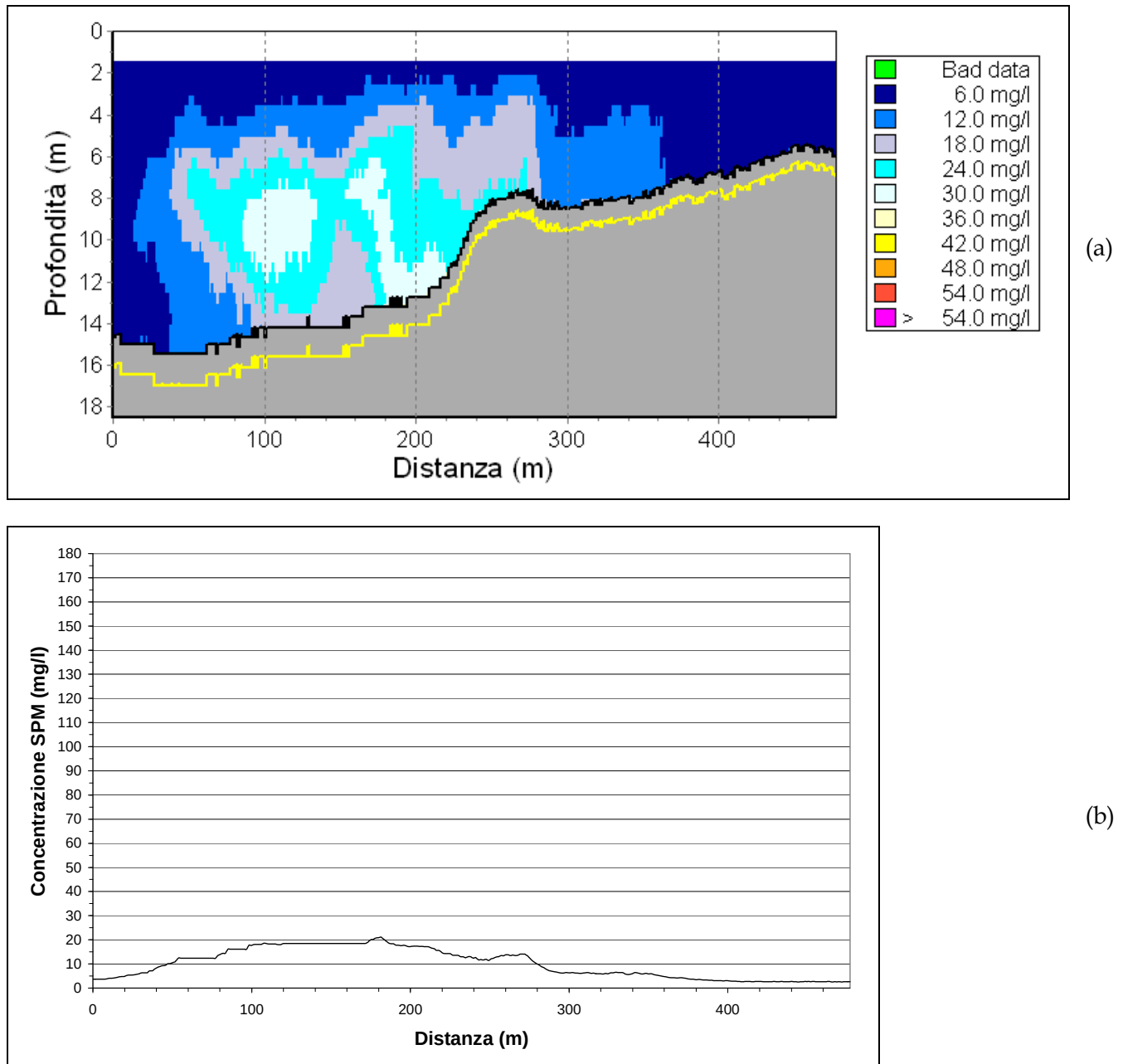


Figura 2.21 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

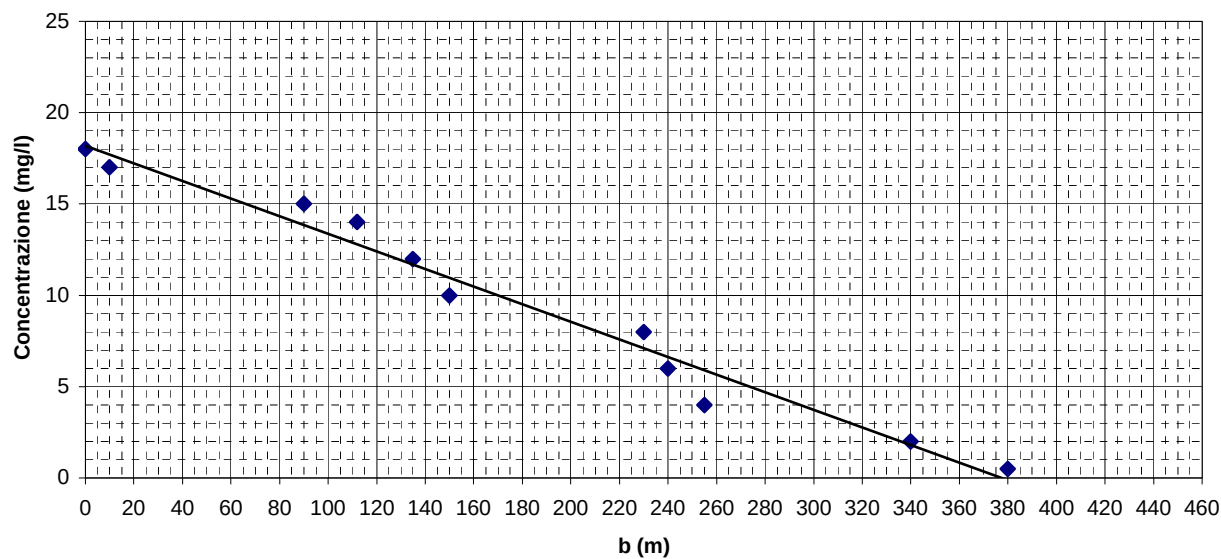


Figura 2.22 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 377 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 18.18 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 16867.90 g/s

2.3.9 *Transetto I (III Campagna calibrazione - 16 giugno 2005- Percorso 2)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
1120 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.49 m/s.

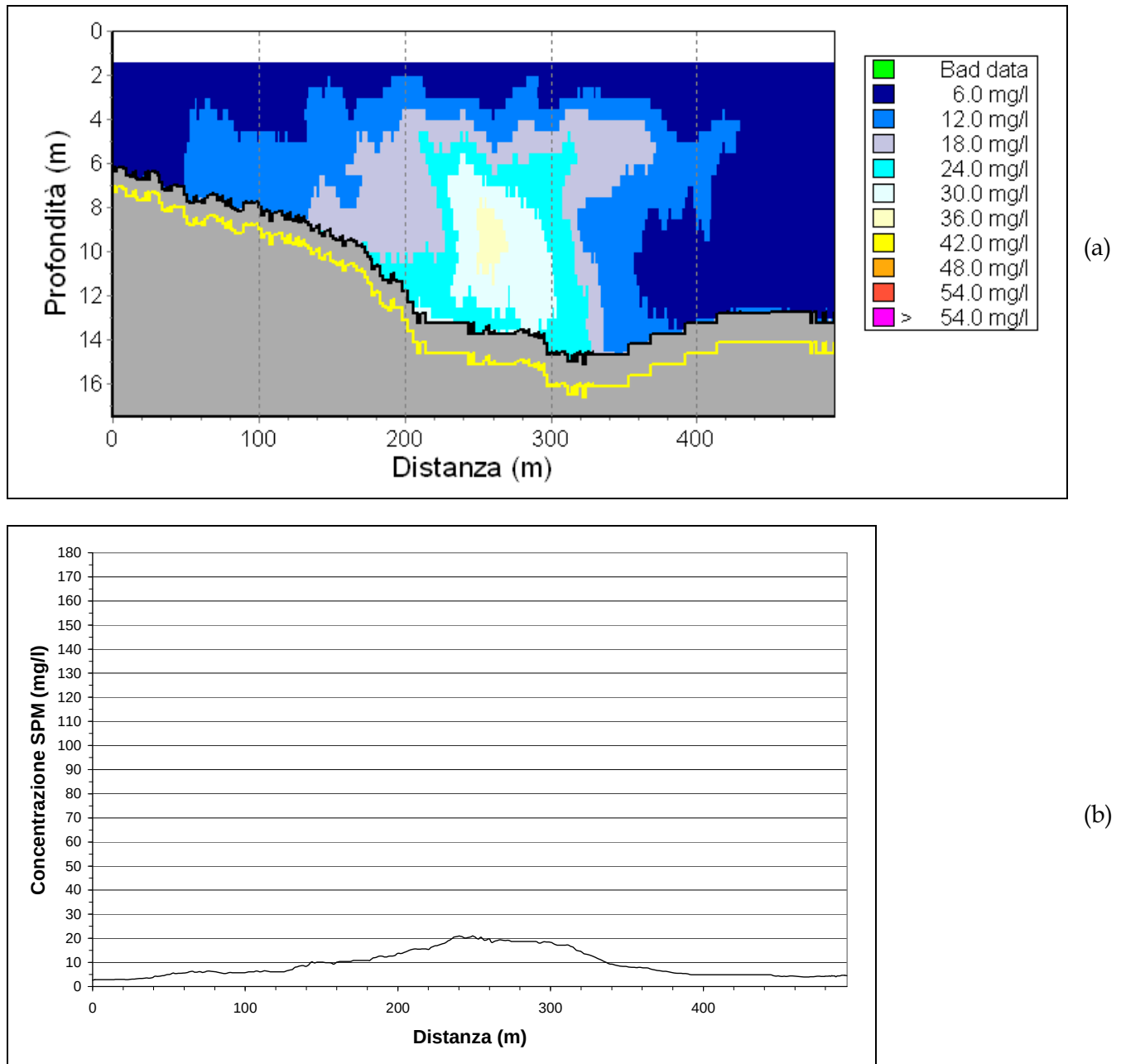


Figura 2.23 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

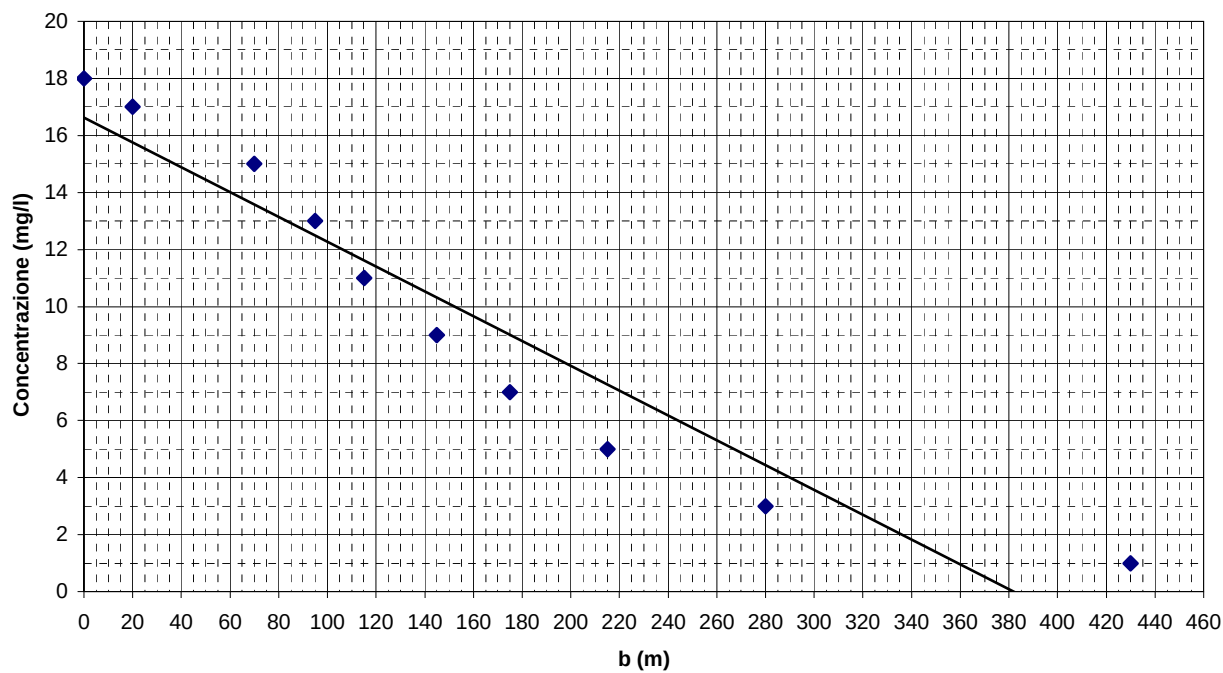


Figura 2.24 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 382 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 16.62 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 15908.68 g/s

2.3.10 *Transetto L (III Campagna calibrazione - 16 giugno 2005- Percorso 2)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
1200 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.49 m/s.

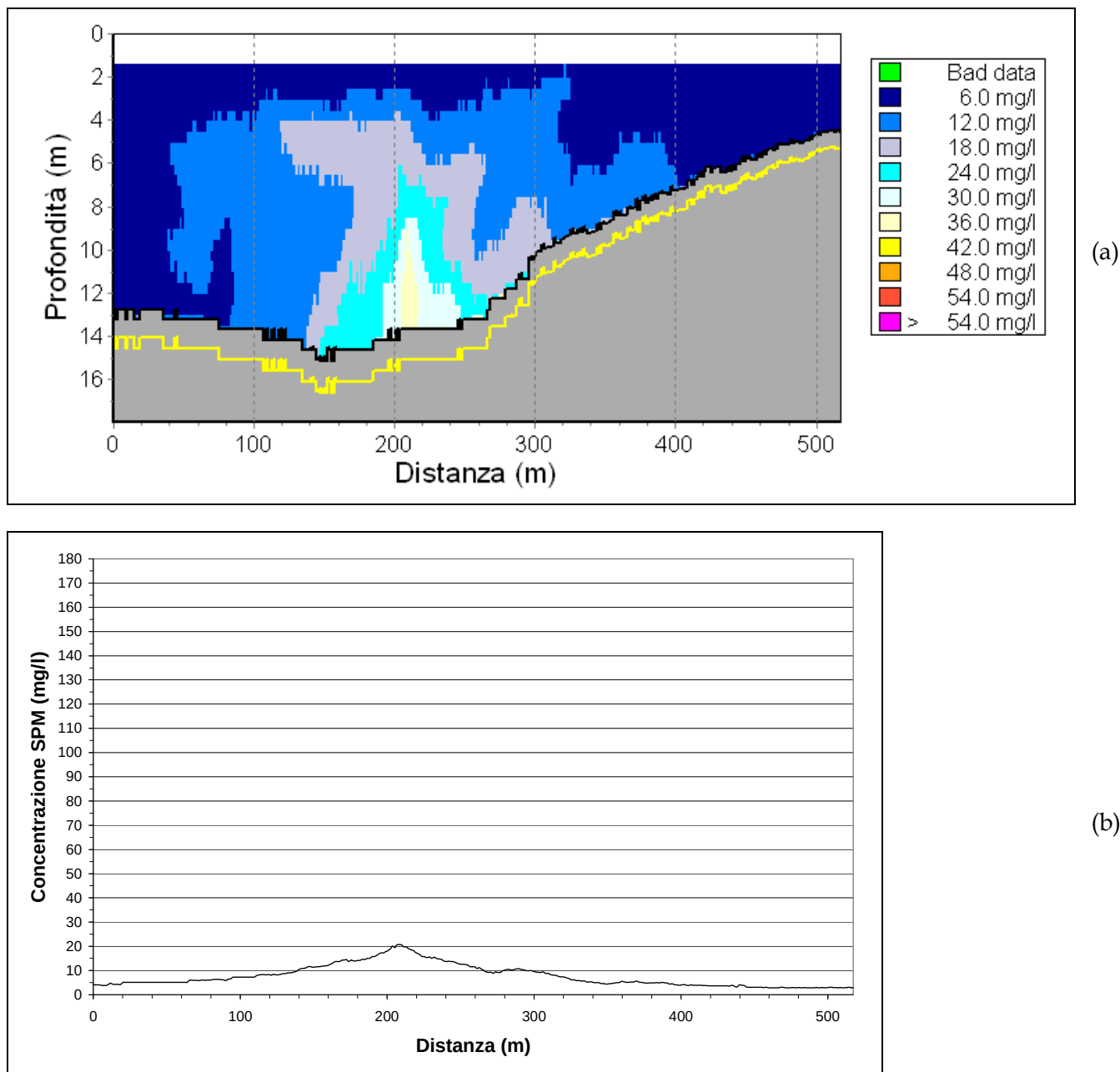


Figura 2.25 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

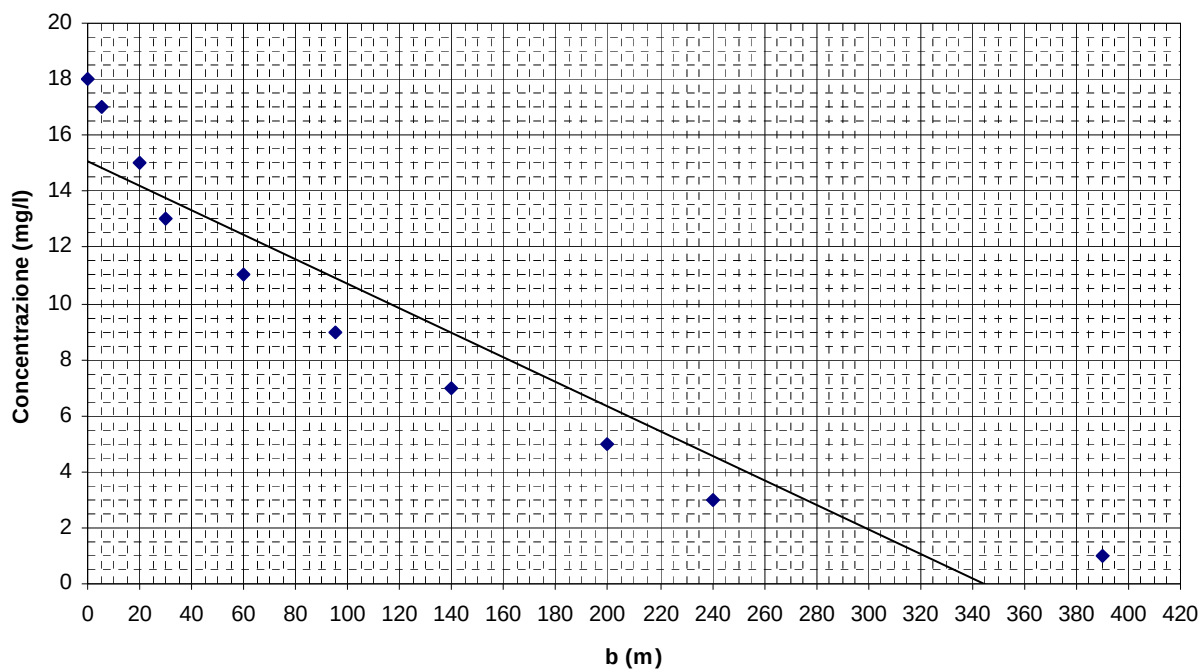


Figura 2.26 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 344 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 15.06 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 13715.44 g/s

IV CAMPAGNA

LIDO S. NICOLÒ

13 SETTEMBRE 2005

Percorso “lido 3001”



Figura 2.27 Mappa con la traccia del primo percorso a zig-zag (in rosso) a valle dell'area di scavo (quadrato verde).

Data e orario: 13 Settembre 2005, 9:57 - 10:17 (UT)

Condizioni mareografiche: luna crescente, corrente uscente.

Orario di scavo della draga Astra: 9:30 – 15:00 circa.

Velocità media della corrente: 0.16 m/s.

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

Tabella 2.6: Velocità, direzione della corrente media, lunghezza dei transetti.

Percorso	Posizioni estreme	Ora inizio	Ora fine	Transetto	Lunghezza transetto [m]	Velocità corrente media (m/s)	Direzione corrente media [°]
lido 3001	da 01 a 05	9:57:19	10:17:06	01-02	278.6	0.18	144.6
				02-03	448.3	0.18	120
				03-04	516.3	0.21	139
				04-05	588.8	0.19	128

Note:

Per “campana” si intende il grafico che rappresenta l’ andamento della concentrazione media sulla verticale del particellato solido in sospensione in funzione della distanza percorsa dall’imbarcazione dov’è collocata la sonda.

Per ogni percorso è stata individuata una concentrazione di “background” (C_{back}) scelta come la minima delle concentrazioni mediate sulla verticale lungo il percorso.

Il flusso di sedimenti (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.

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

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

2.3.11 *Transetto 01-02 (IV Campagna - 13 settembre 2005- Percorso 3001)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
120 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.18 m/s.

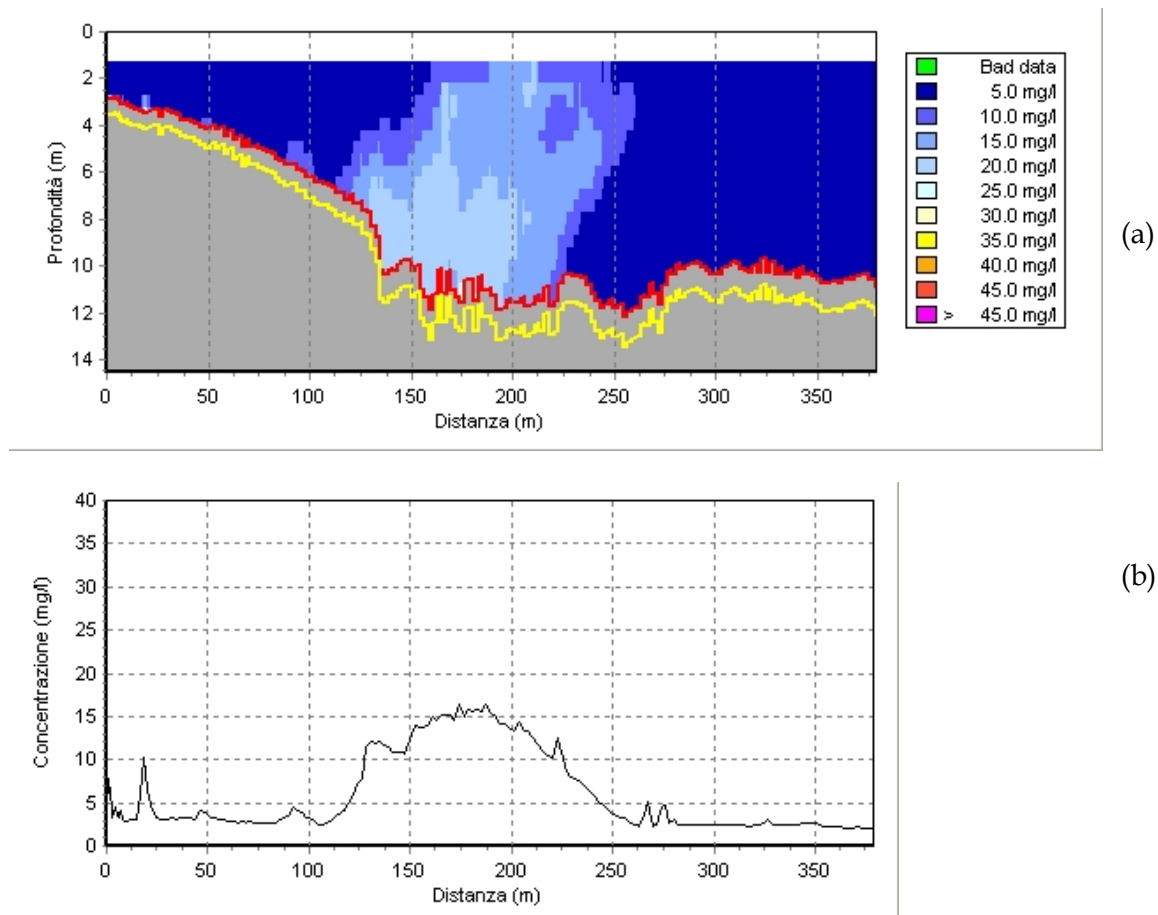


Figura 2.28 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

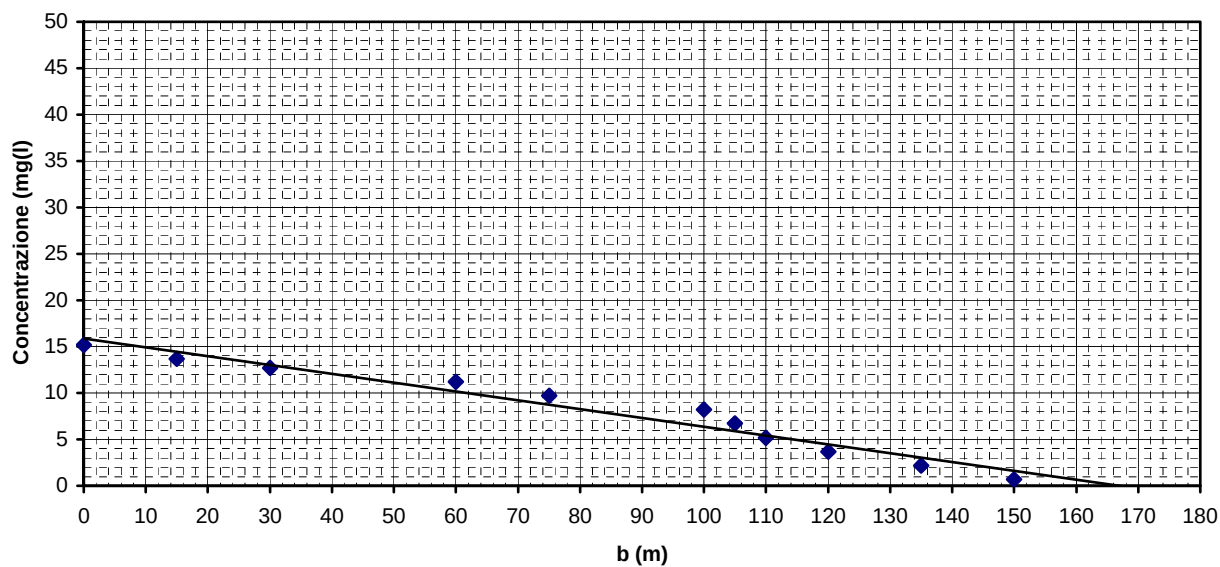


Figura 2.29 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}}=1.8 \text{ mg/l} \qquad b_{\text{max}}=167 \text{ m} \quad C_{\text{max}}=15.88 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background)= 2331.5 g/s

2.3.12 *Transetto 02-03 (IV Campagna - 13 settembre 2005- Percorso 3001)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
300 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.18 m/s.

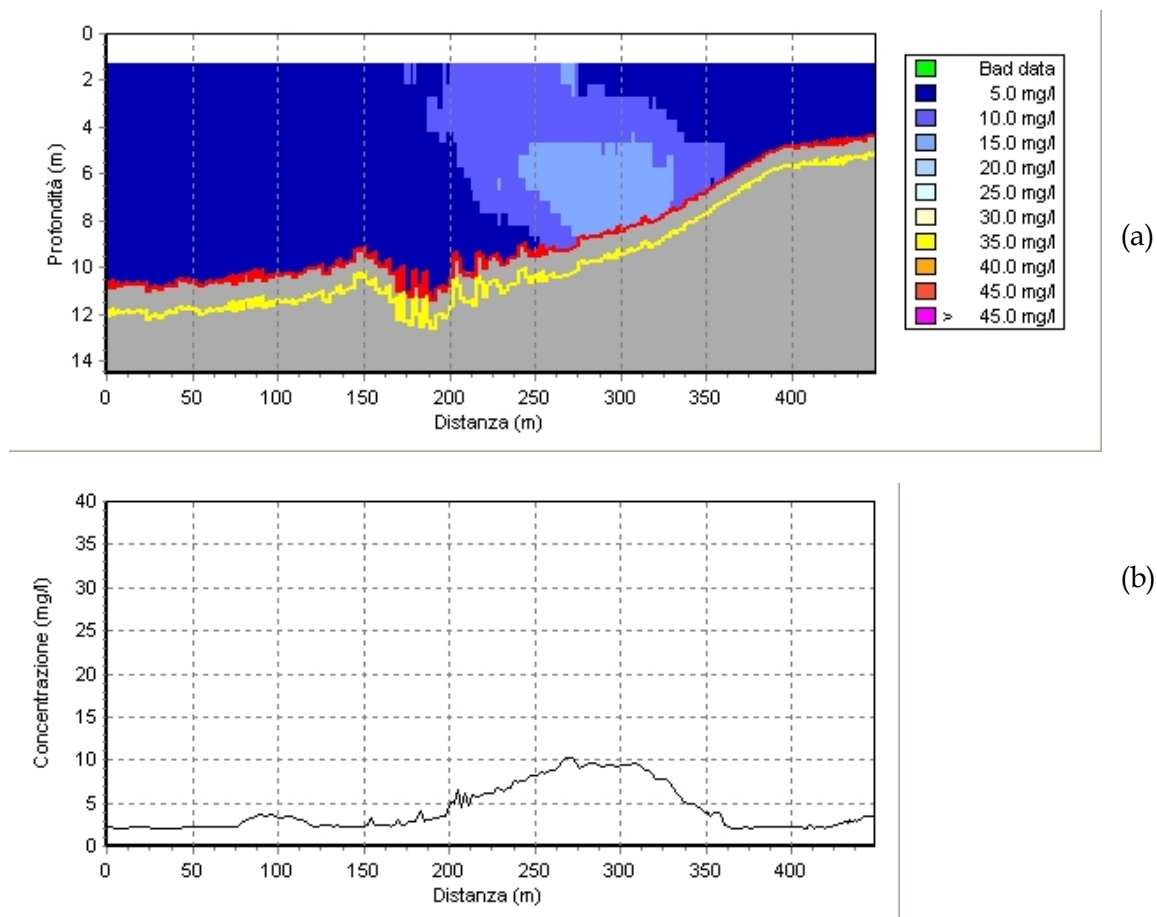


Figura 2.30 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

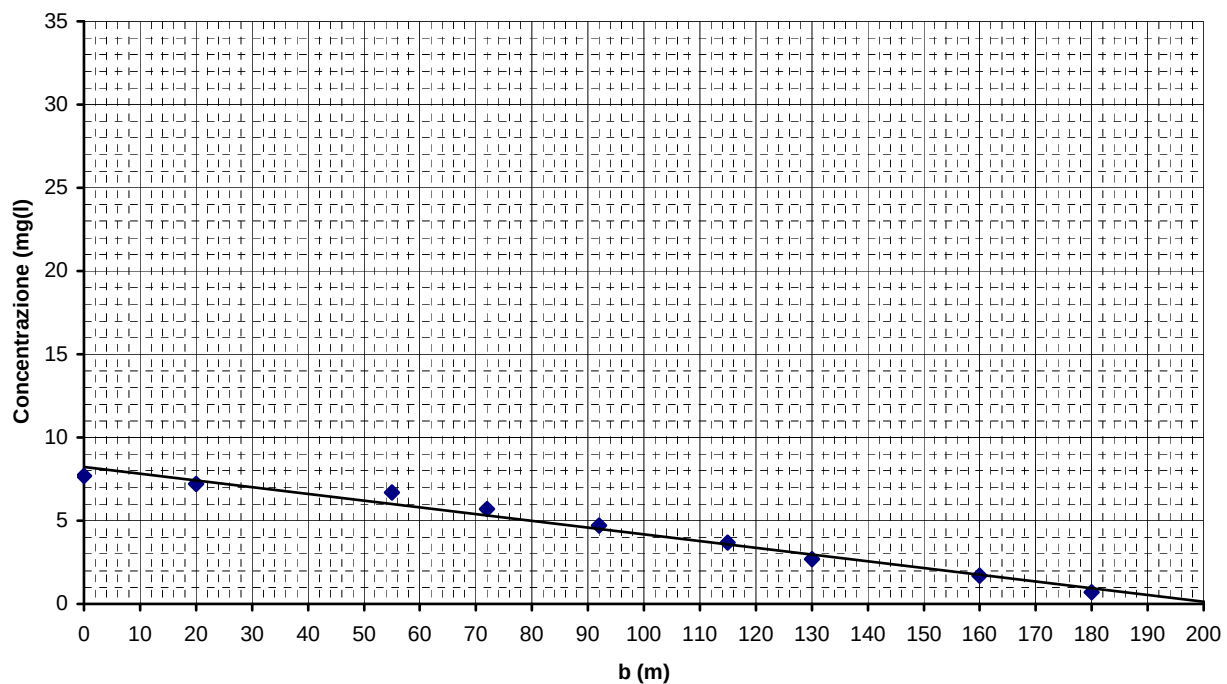


Figura 2.31 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 1.8 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 204 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 8.24 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 1327.09 g/s

2.3.13 *Transetto 03-04 (IV Campagna - 13 settembre 2005- Percorso 3001)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
550 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.21 m/s.

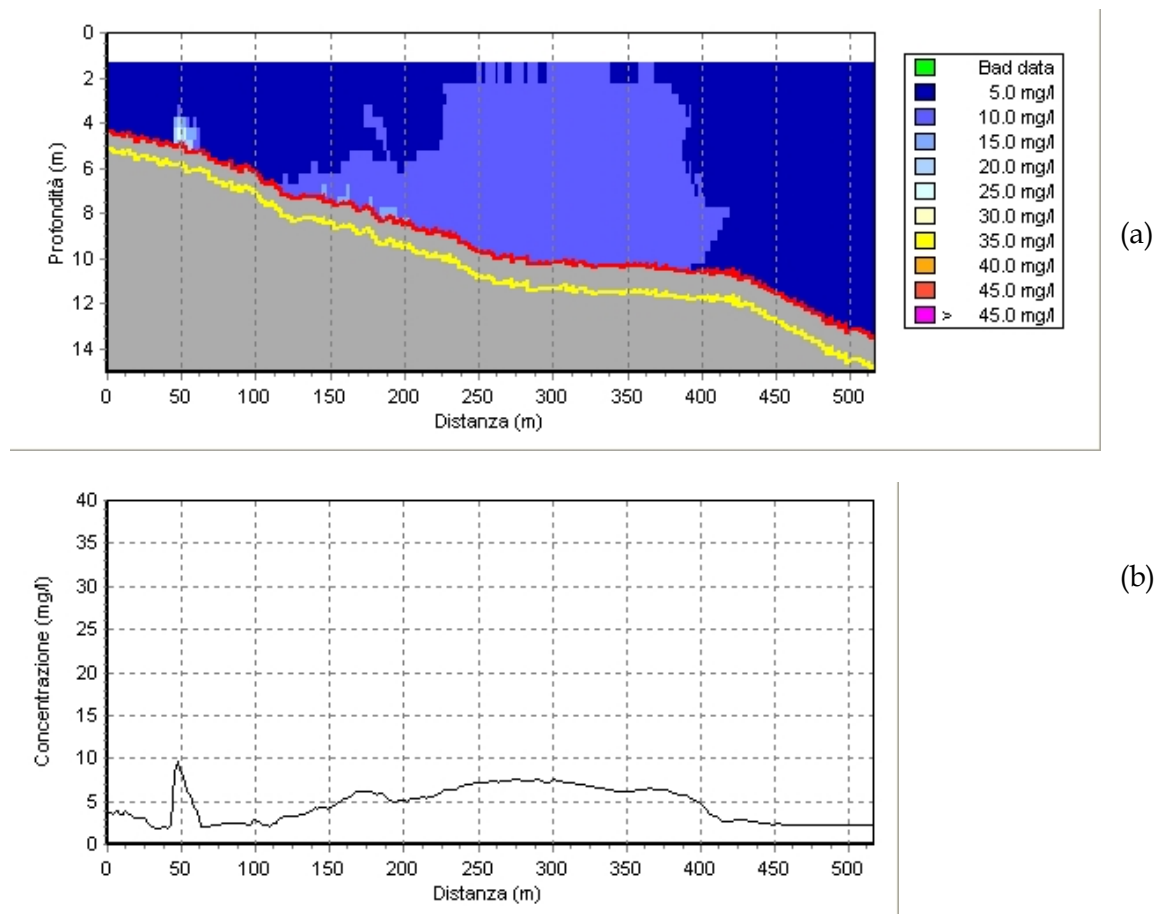


Figura 2.32 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

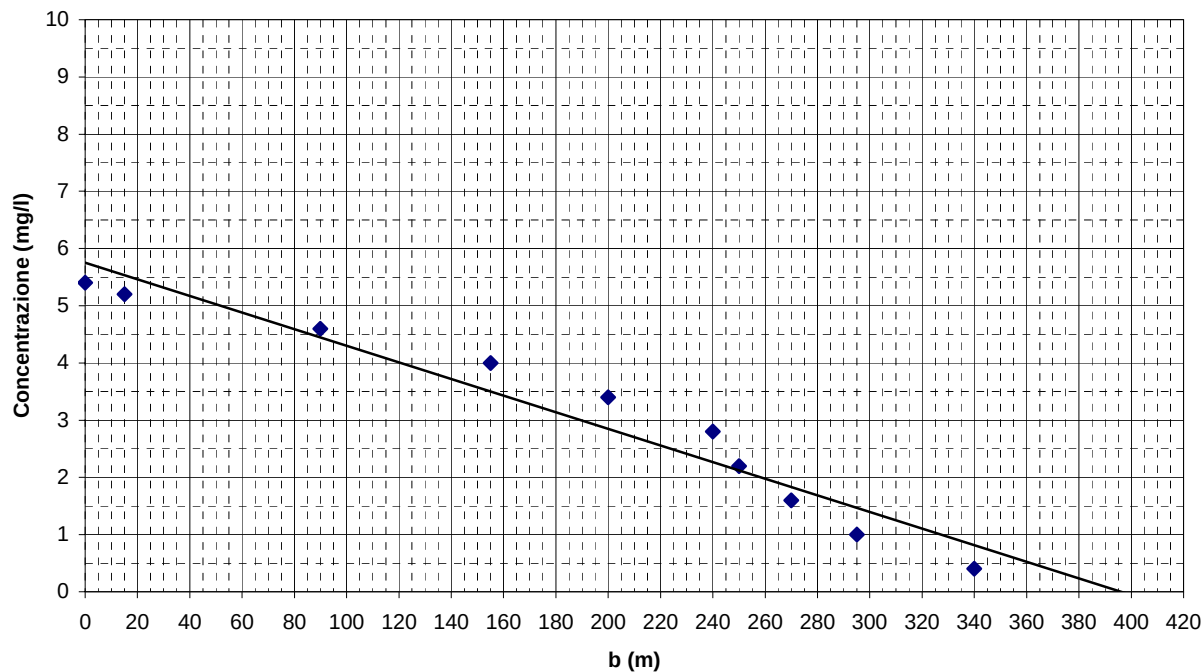


Figura 2.33 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 1.8 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 397 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 5.75 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 1456.64 g/s

2.3.14 *Transetto 04-05 (IV Campagna - 13 settembre 2005- Percorso 3001)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
860 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.19 m/s.

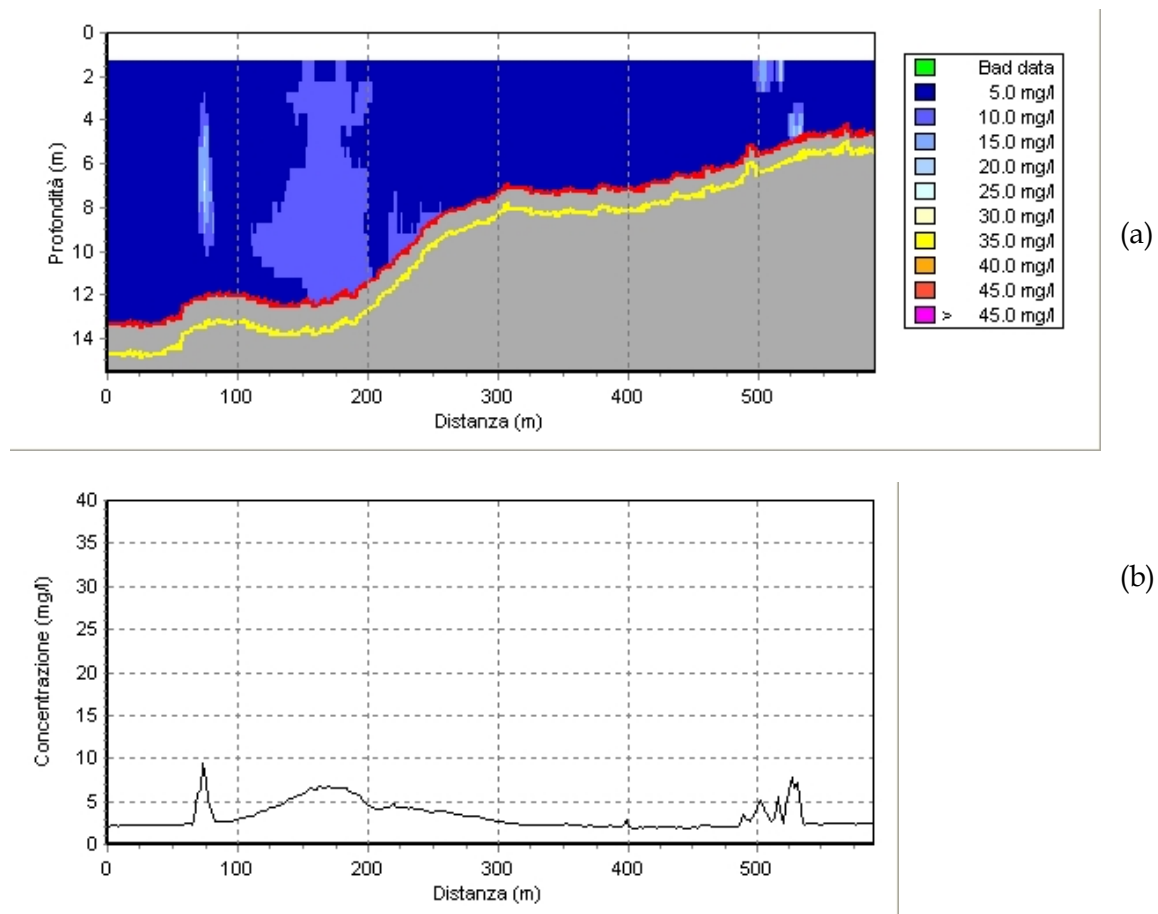


Figura 2.34 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particellato solido in sospensione.

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

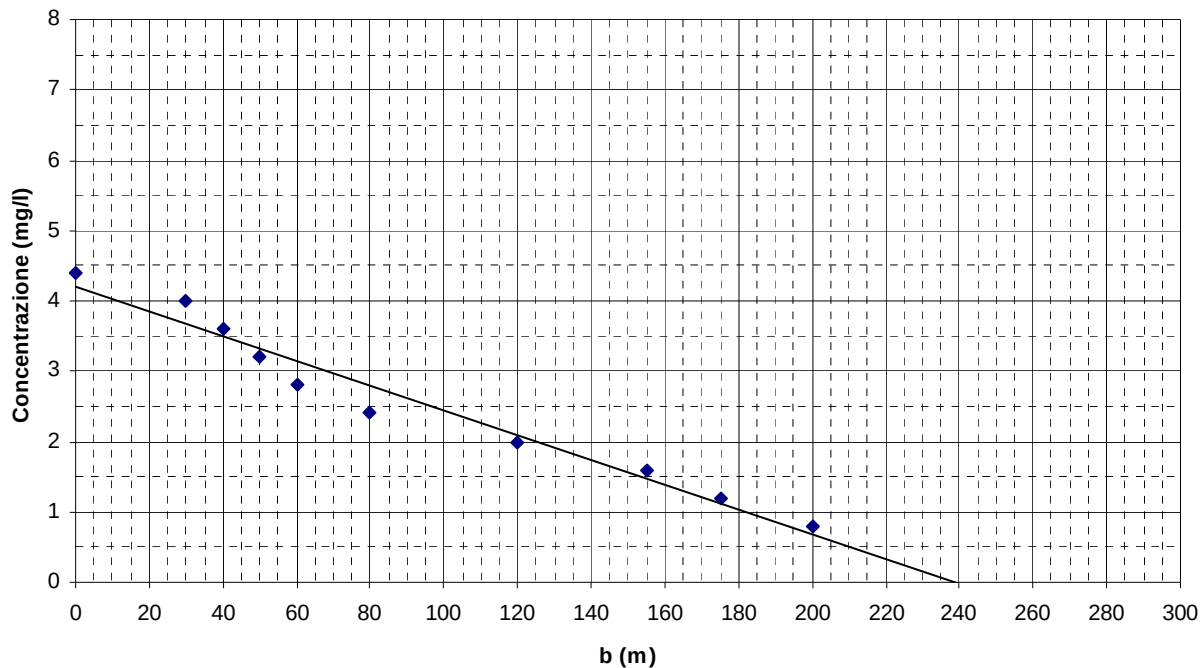


Figura 2.35 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 1.8 \text{ mg/l} \qquad b_{\text{max}} = 239 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 4.19 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 1408.39 g/s

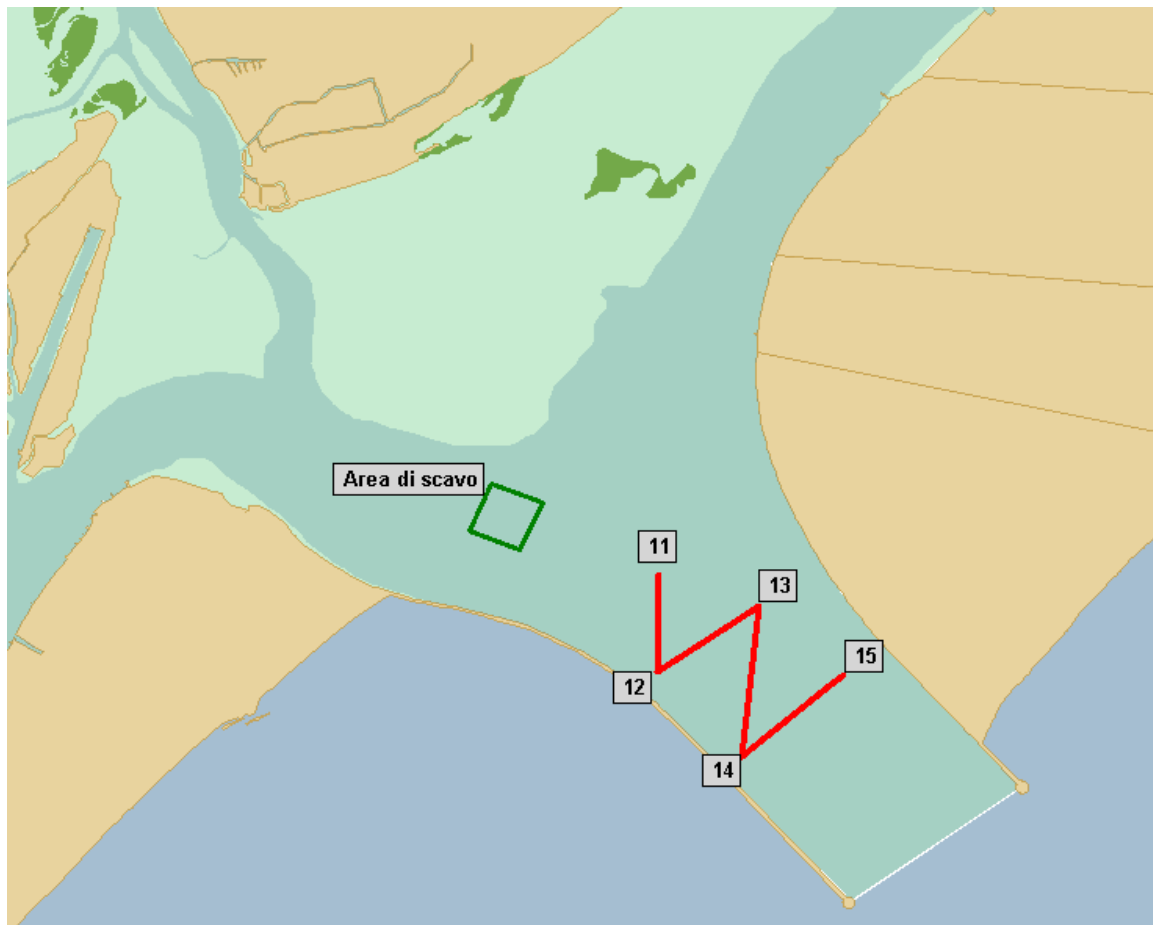
Percorso "lido 3007"

Figura 2.36 Mappa con la traccia del primo percorso a zig-zag (in rosso) a valle dell'area di scavo (quadrato verde).

Data e orario: 13 Settembre 2005, 11:44 - 12:06 (UT)

Condizioni mareografiche: luna crescente, corrente uscente.

Orario di scavo della draga Astra: 9:30 - 15:00 circa.

Velocità media della corrente: 0.28 m/s.

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

Tabella 2.7: Velocità, direzione della corrente media, lunghezza dei transetti.

Percorso	Posizioni estreme	Ora inizio	Ora fine	Transetto	Lunghezza transetto [m]	Velocità corrente media (m/s)	Direzione corrente media [°]
lido 3007	da 11 a 15	11:44:12	12:06:04	11-12*	302.0	0.31	134
				12-13	574.2	0.30	122
				13-14	681.6	0.30	135
				14-15	566.7	0.27	128

* transetto non utilizzato nella taratura del modello perché la campana è incompleta

Note:

Per “campana” si intende il grafico che rappresenta l’ andamento della concentrazione media sulla verticale del particellato solido in sospensione in funzione della distanza percorsa dall’imbarcazione dov’è collocata la sonda.

Per ogni percorso è stata individuata una concentrazione di “background” (C_{back}) scelta come la minima delle concentrazioni mediate sulla verticale lungo il percorso.

Il flusso di sedimenti (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.

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

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

2.3.15 *Transetto 12-13 (IV Campagna - 13 settembre 2005- Percorso 3007)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
1030 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.30 m/s.

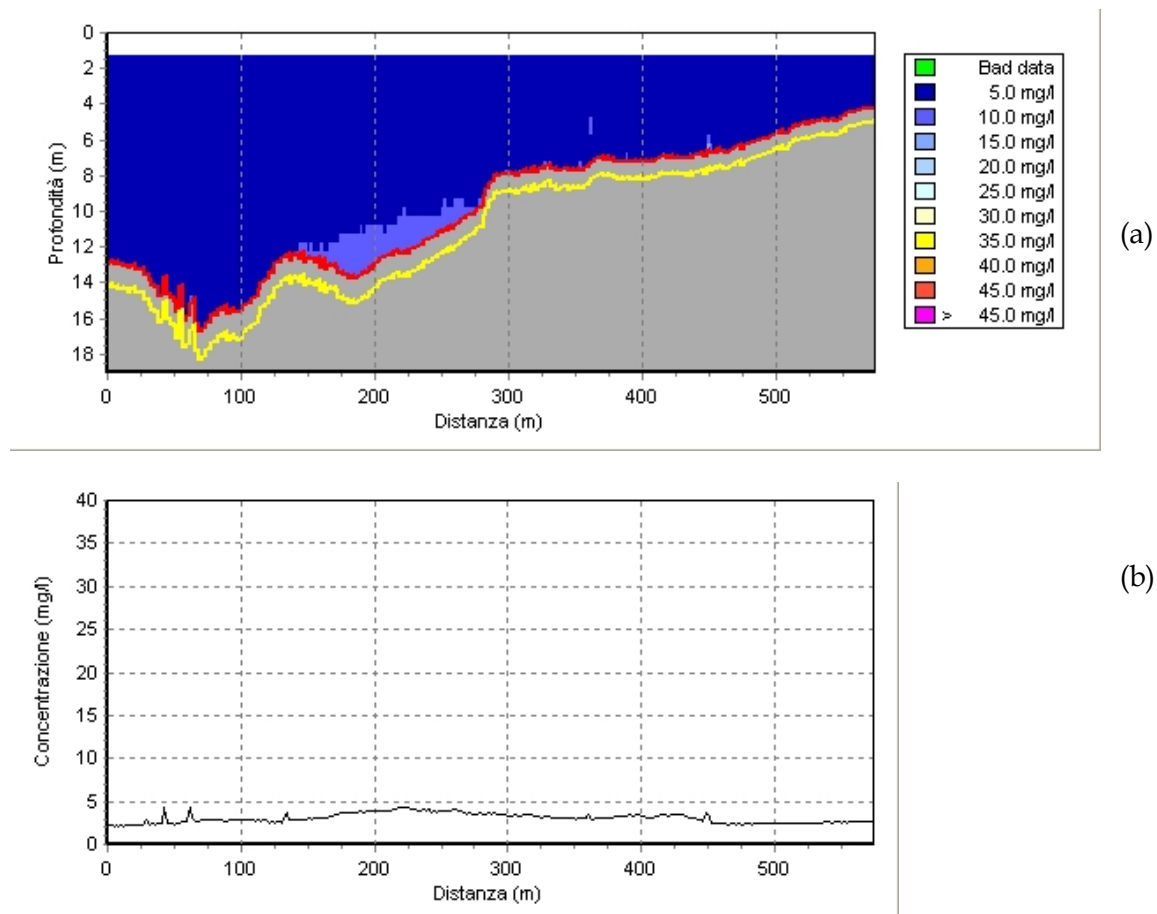


Figura 2.37 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

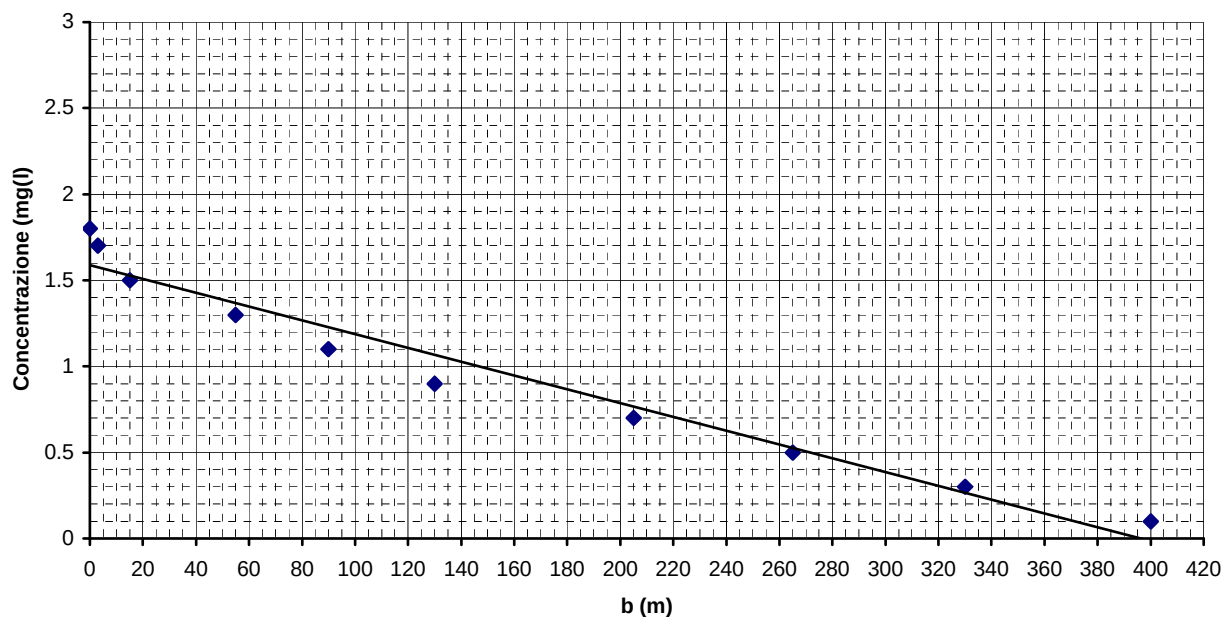


Figura 2.38 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 2.4 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 397 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 1.58 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 959.5 g/s

2.3.16 *Transetto 13-14 (IV Campagna - 13 settembre 2005- Percorso 3007)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
1260 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.30 m/s.

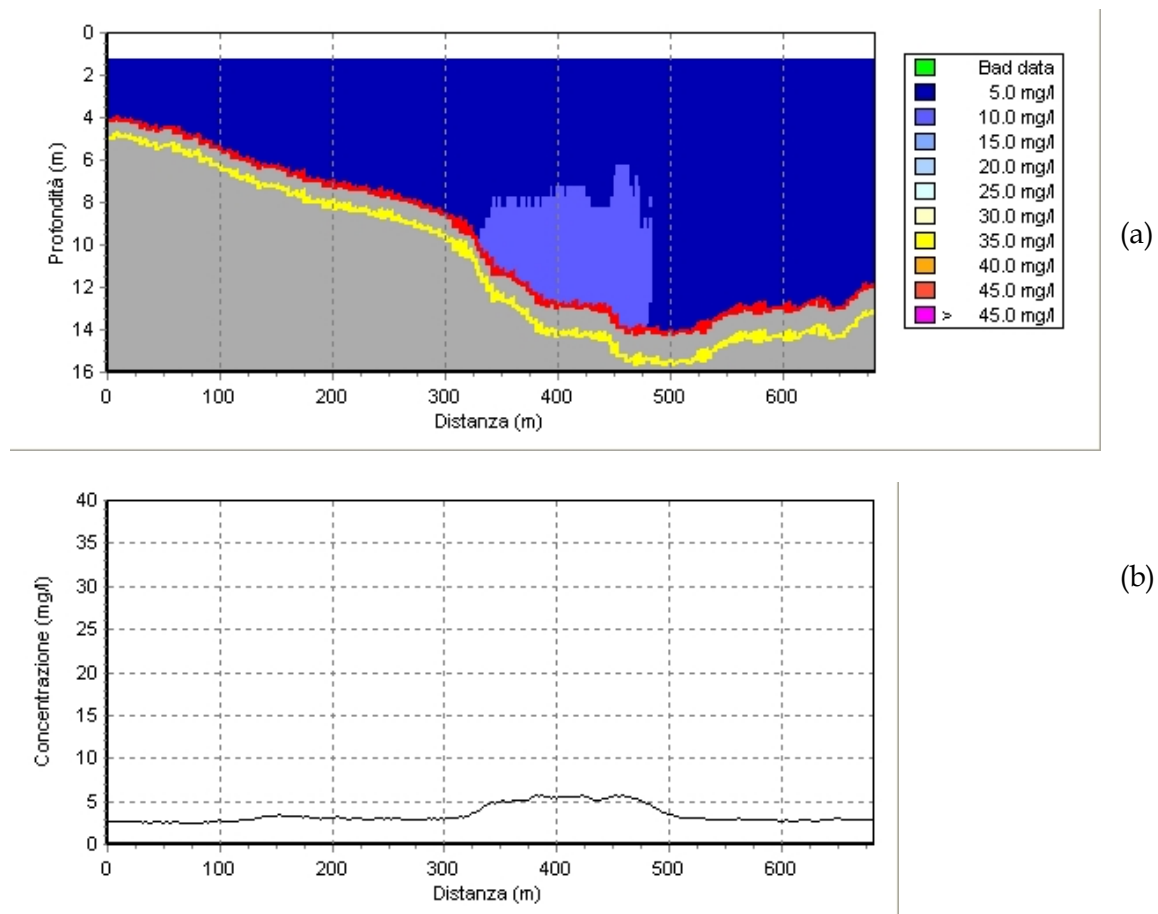


Figura 2.39 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particellato solido in sospensione.

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

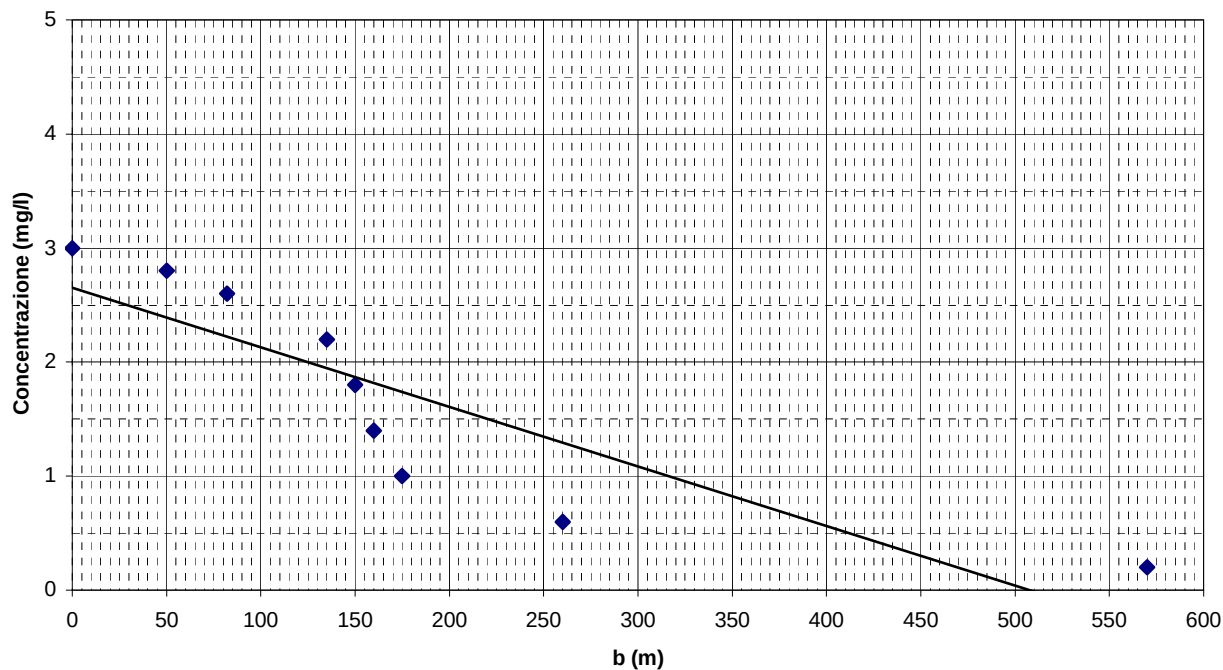


Figura 2.40 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}}=2.4\text{mg/l} \qquad b_{\text{max}}=510 \text{ m } C_{\text{max}}=2.62\text{mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background)= 1543.36 g/s

2.3.17 *Transetto 14-15 (IV Campagna - 13 settembre 2005- Percorso 3007)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
1500 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.27 m/s.

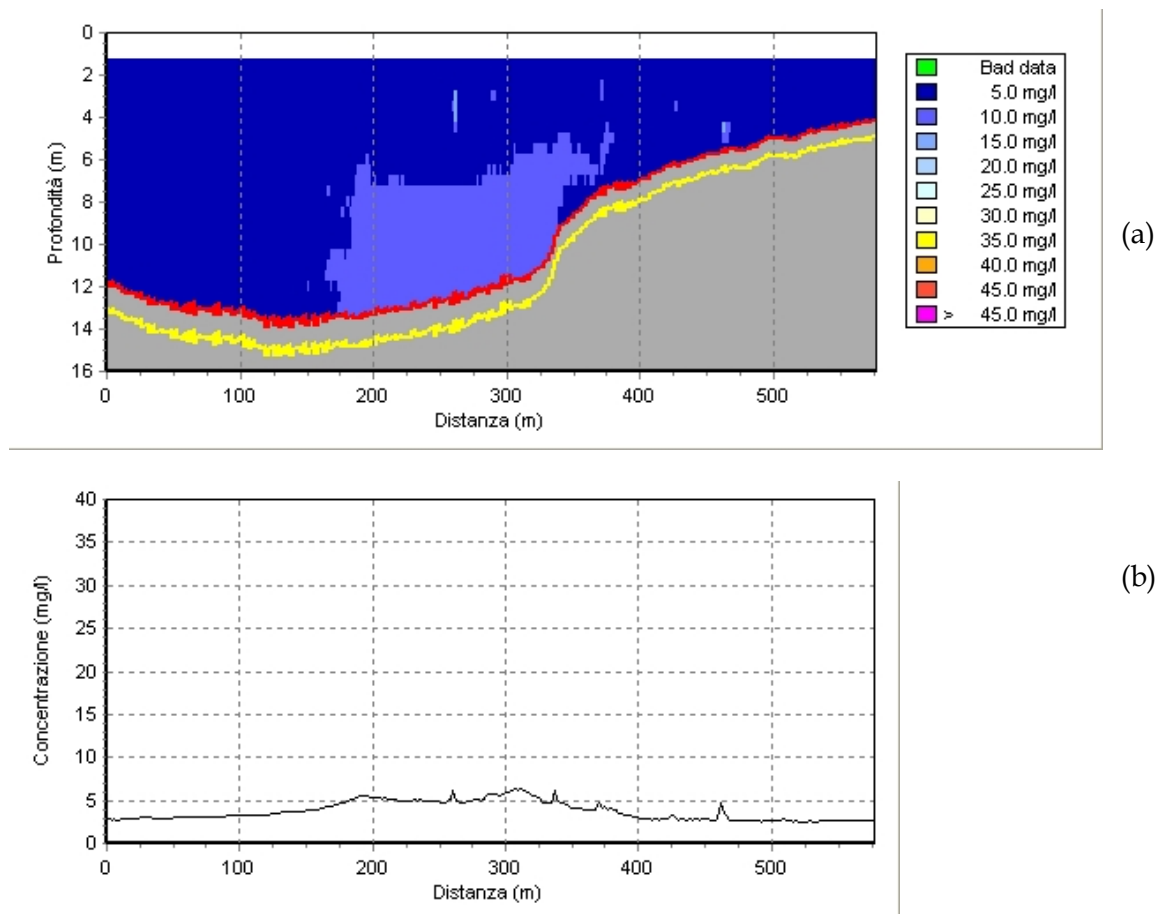


Figura 2.41 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particellato solido in sospensione.

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

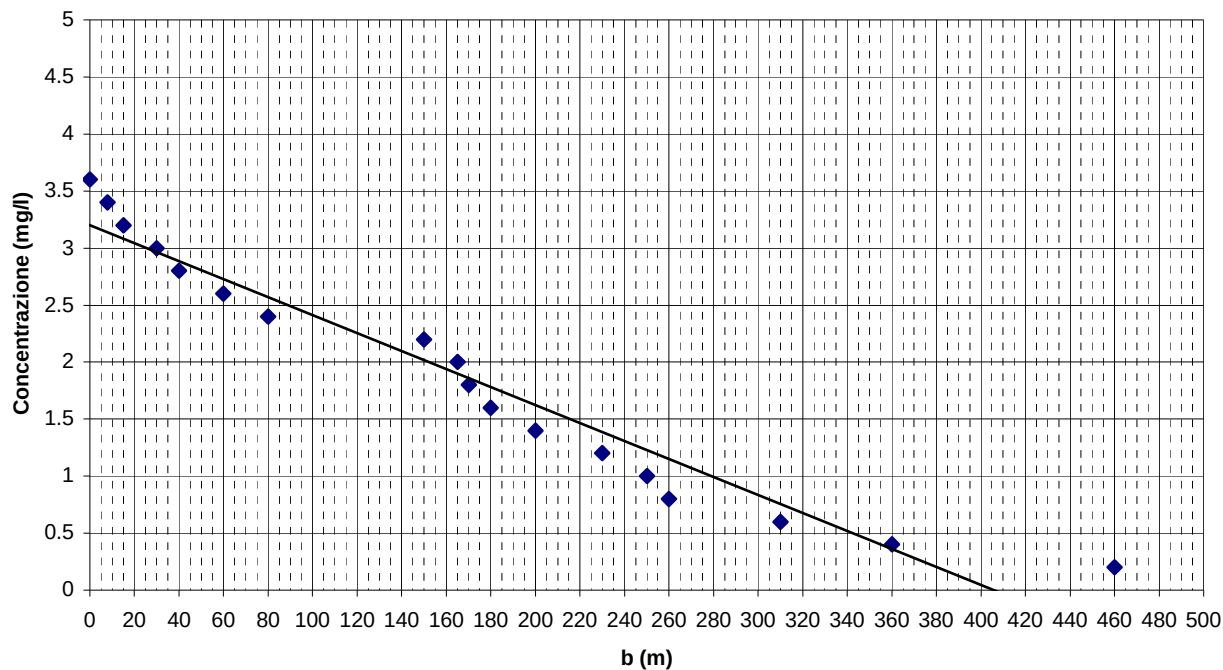


Figura 2.42 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}}=2.4\text{mg/l} \quad b_{\text{max}}=405 \text{ m} \quad C_{\text{max}}=3.20 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background)= 1735.44 g/s

Percorso “lido 3011”

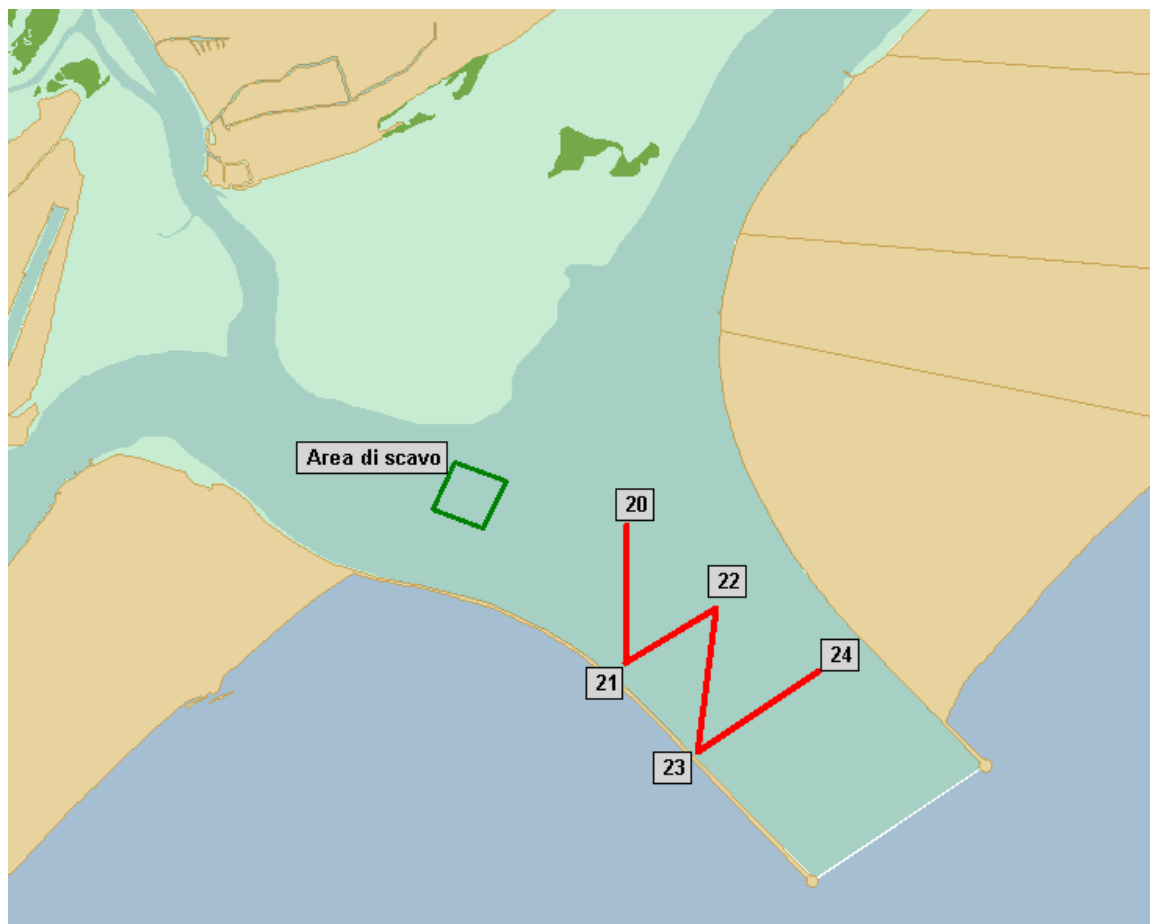


Figura 2.43 Mappa con la traccia del primo percorso a zig-zag (in rosso) a valle dell'area di scavo (quadrato verde).

Data e orario: 13 Settembre 2005, 13:04 - 13:29 (UT)

Condizioni mareografiche: luna crescente, corrente uscente.

Orario di scavo della draga Astra: 9:30 - 15:00 circa.

Velocità media della corrente: 0.04 m/s.

Tabella 2.8: Velocità, direzione della corrente media, lunghezza dei transetti.

Percorso	Posizioni estreme	Ora inizio	Ora fine	Transetto	Lunghezza transetto [m]	Velocità corrente media (m/s)	Direzione corrente media [°]
lido 3011	da 20 a 24	13:04:47	13:29:36	20-21	641.7	0.17	171
				21-22	492.5	0.13	145
				22-23	644.5	0.13	183
				23-24*	658.7	0.14	199

* transetto non utilizzato nella taratura del modello per la presenza di picchi di concentrazione ai lati della campana

Note:

Per “campana” si intende il grafico che rappresenta l’andamento della concentrazione media sulla verticale del particellato solido in sospensione in funzione della distanza percorsa dall’imbarcazione dov’è collocata la sonda.

Per ogni percorso è stata individuata una concentrazione di “background” (C_{back}) scelta come la minima delle concentrazioni mediate sulla verticale lungo il percorso.

Il flusso di sedimenti (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.

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

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

2.3.18 *Transetto 20-21 (IV Campagna - 13 settembre 2005- Percorso 3011)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
810 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.17 m/s.

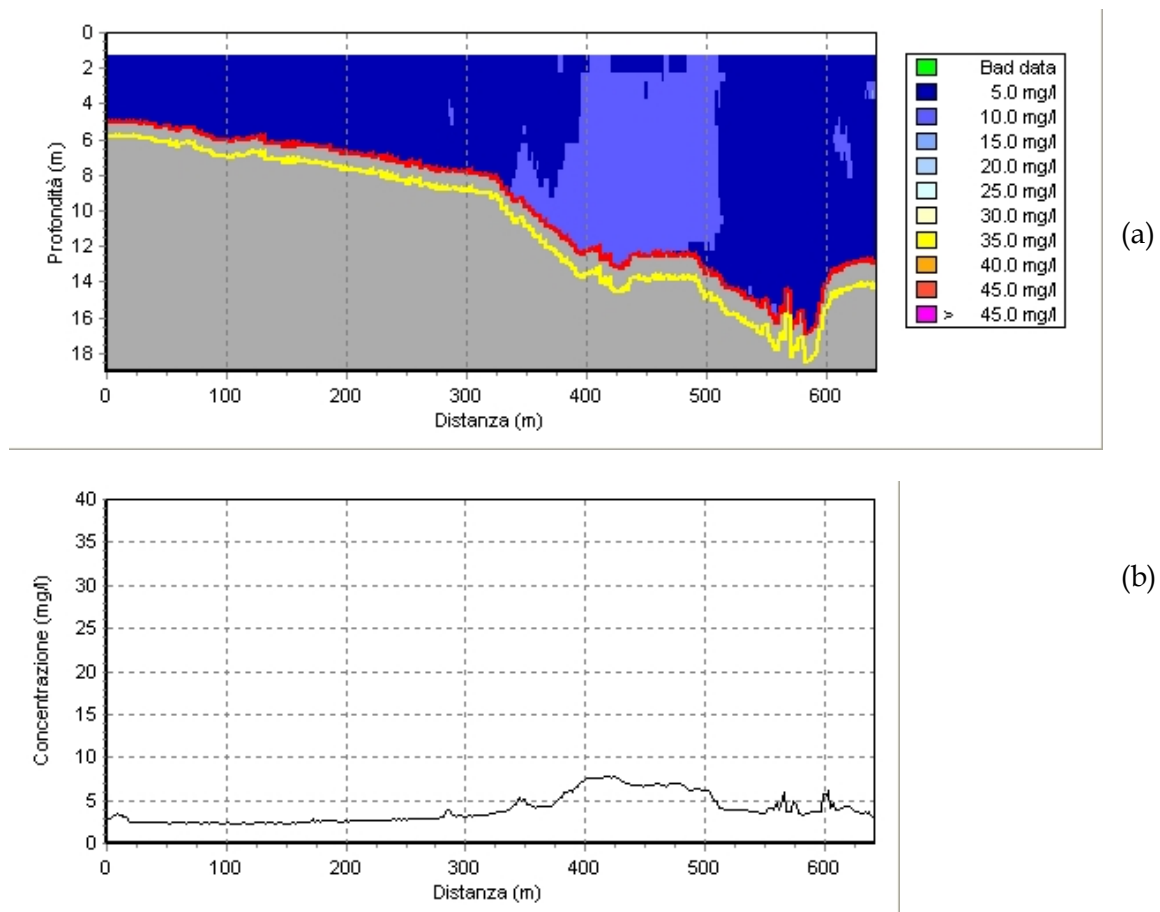


Figura 2.44 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

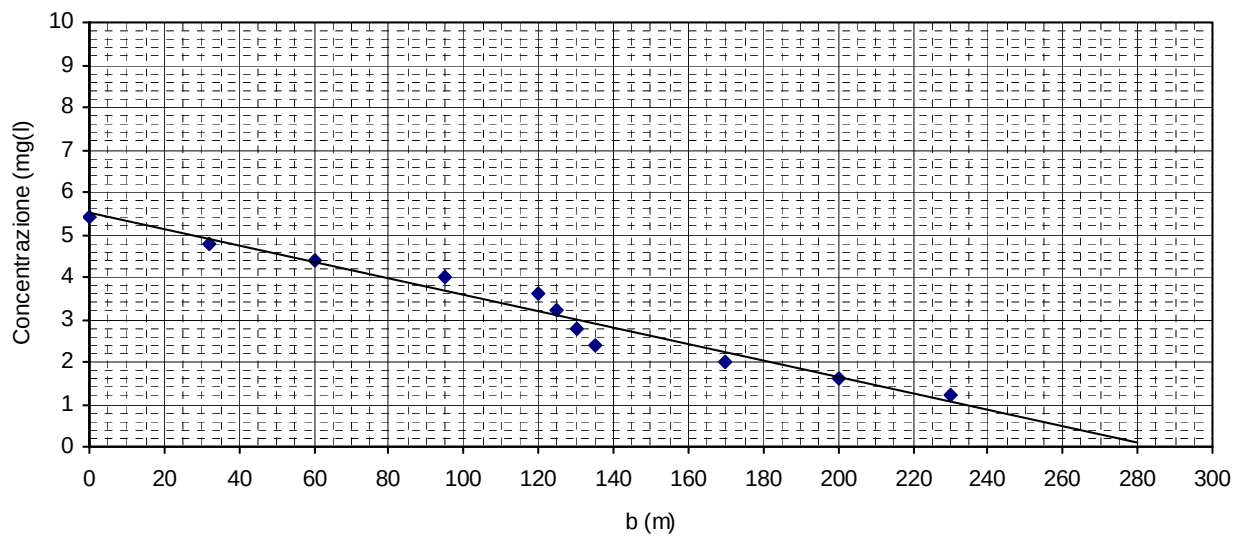


Figura 2.45 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 2.0 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 285 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 5.49 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 764.76 g/s

2.3.19 *Transetto 21-22 (IV Campagna - 13 settembre 2005- Percorso 3011)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
1050 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.13 m/s.

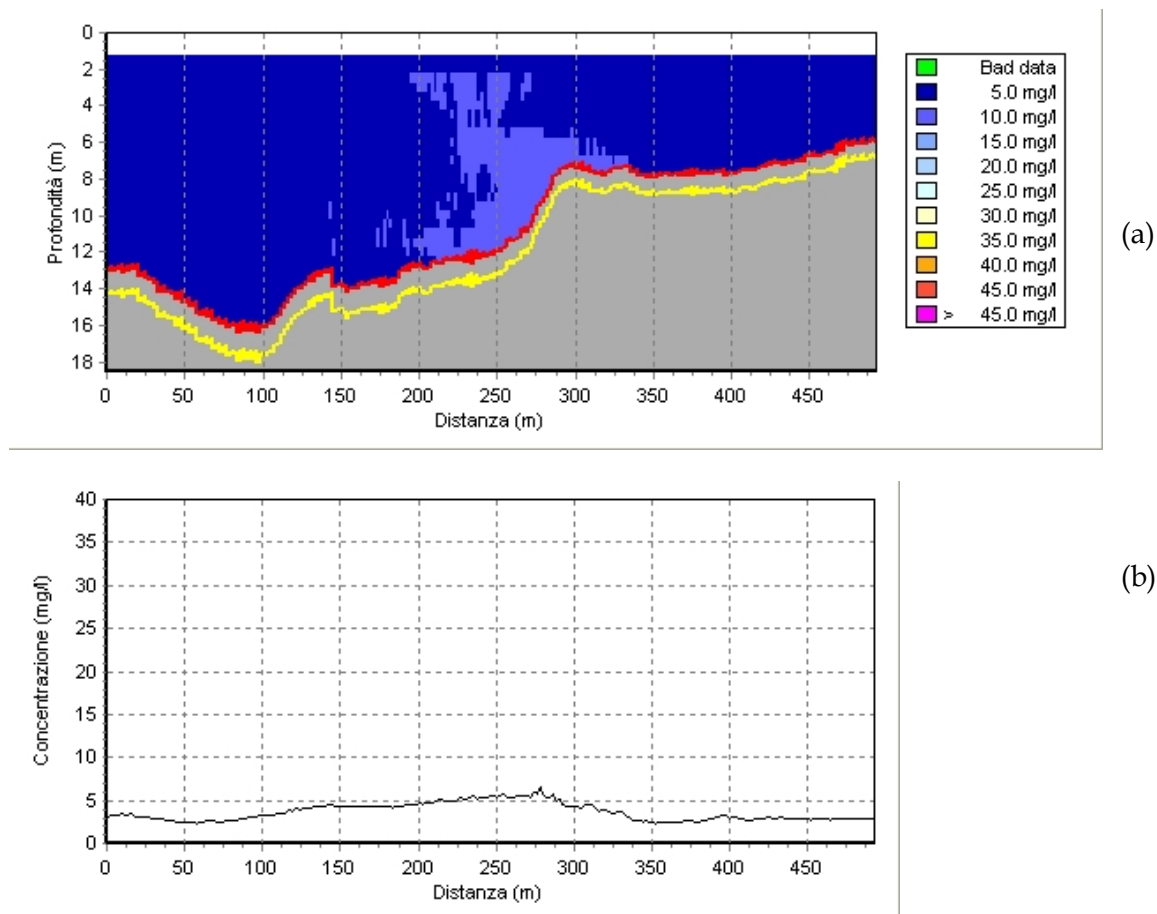


Figura 2.46 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

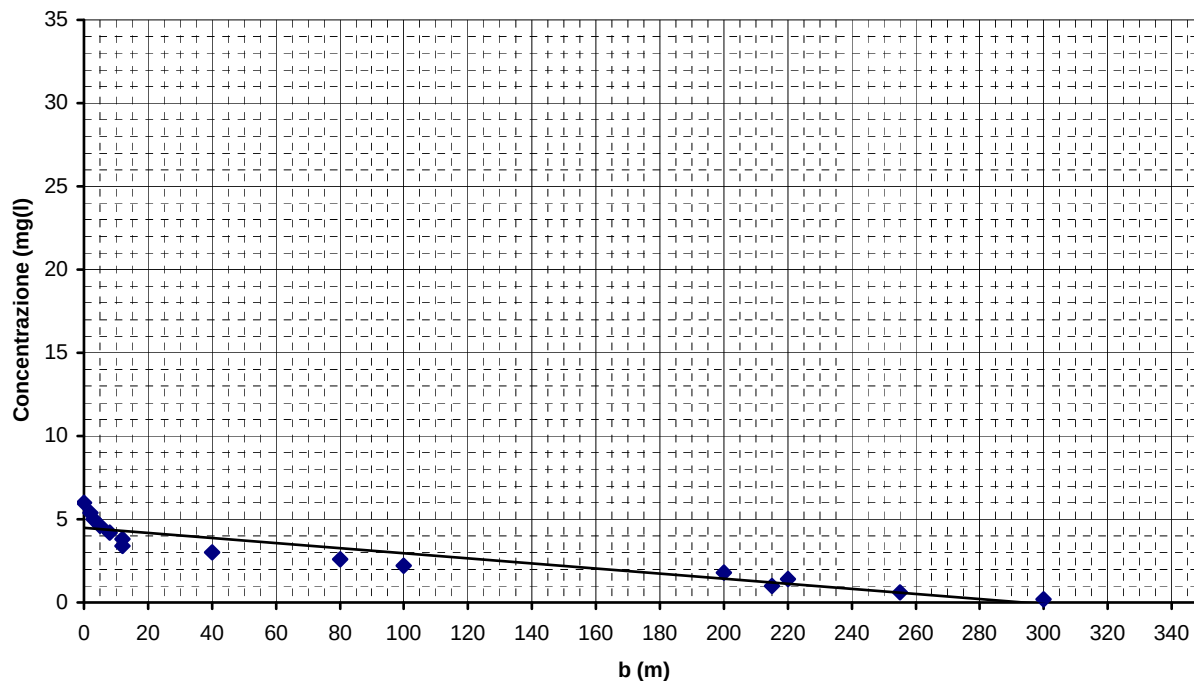


Figura 2.47 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 2.0 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 294 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 4.49 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 766.34 g/s

2.3.20 *Transetto 22-23 (IV Campagna - 13 settembre 2005- Percorso 3011)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
1270 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.13 m/s.

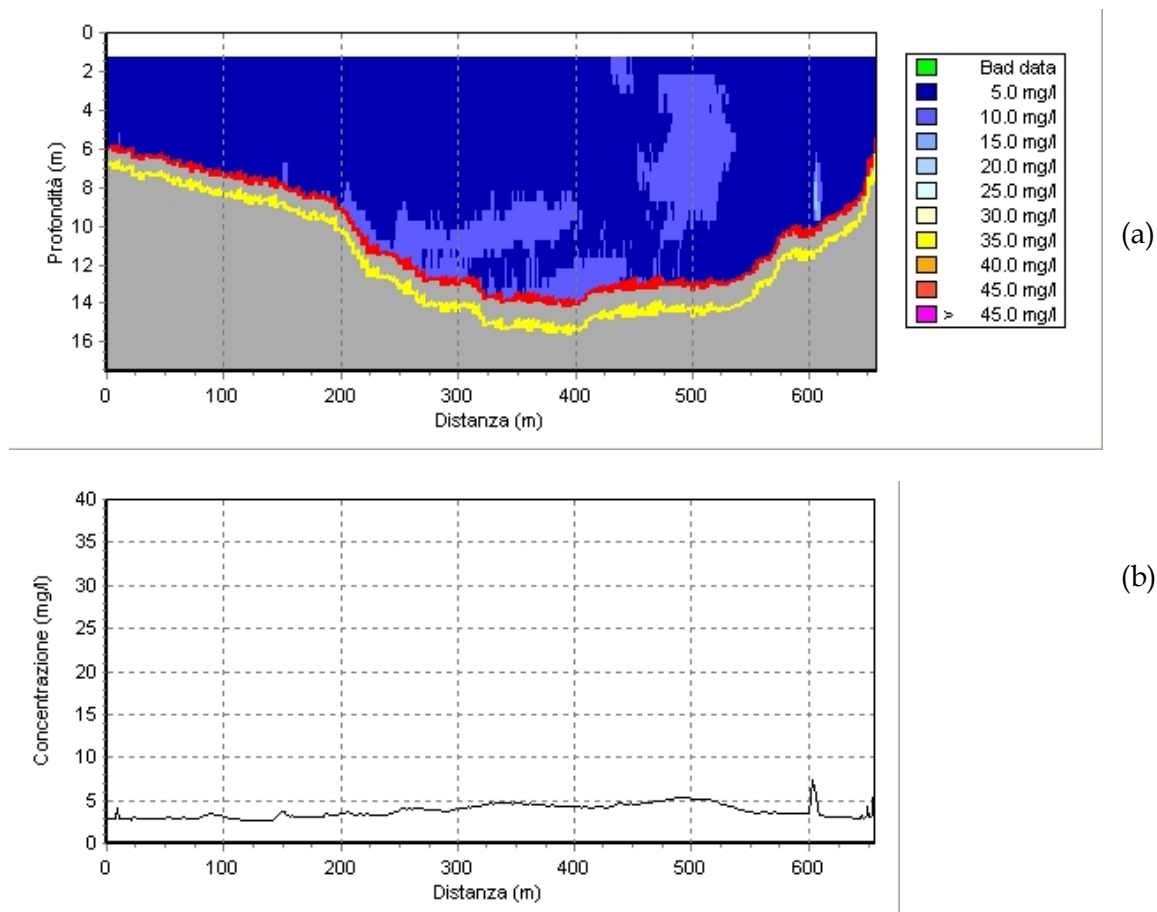


Figura 2.48 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

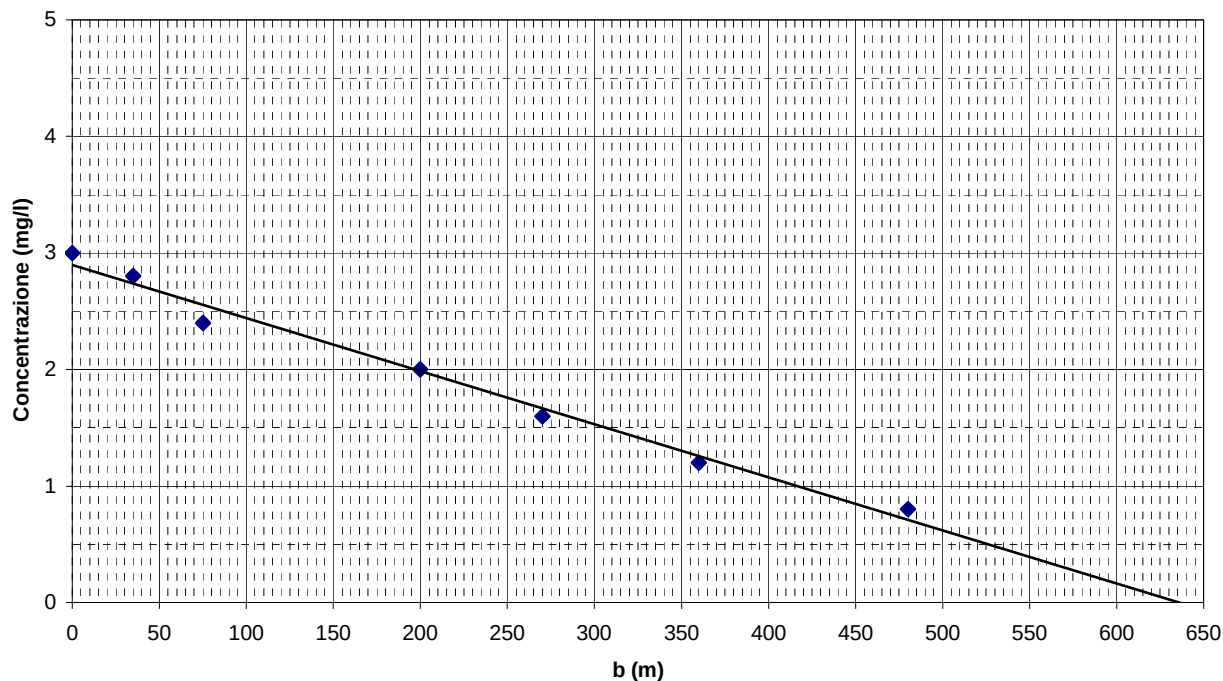


Figura 2.49 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 2.0 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 630 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 2.89 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 689.46 g/s

IV CAMPAGNA

LIDO S. NICOLÒ

14 SETTEMBRE 2005

Percorso “lido 3018”



Figura 2.50 Mappa con la traccia del primo percorso a zig-zag (in rosso) a valle dell'area di scavo (quadrato verde).

Data e orario: 14 Settembre 2005, 10:32 - 11:03 (UT)

Condizioni mareografiche: luna crescente, massima corrente uscente.

Orario di scavo della draga Astra: 10:30 - 13:00 circa.

Velocità media della corrente: 0.49 m/s.

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

Tabella 2.9: Velocità, direzione della corrente media, lunghezza dei transetti.

Percorso	Posizioni estreme	Ora inizio	Ora fine	Transetto	Lunghezza transetto [m]	Velocità corrente media (m/s)	Direzione corrente media [°]
lido 3018	da 25 a 31	10:32:39	11:03:06	25-26	363.1	0.43	113
				26-27	386.0	0.47	114
				27-28	486.3	0.55	120
				28-29	619.8	0.51	126
				29-30*	743.2	0.58	129
				30-31*	606.9	0.52	123

* transetti non utilizzati nella taratura del modello per la presenza di picchi di concentrazione ai lati della campana

Note:

Per “campana” si intende il grafico che rappresenta l’ andamento della concentrazione media sulla verticale del particellato solido in sospensione in funzione della distanza percorsa dall’imbarcazione dov’è collocata la sonda.

Per ogni percorso è stata individuata una concentrazione di “background” (C_{back}) scelta come la minima delle concentrazioni mediate sulla verticale lungo il percorso.

Il flusso di sedimenti (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.

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

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

2.3.21 *Transetto 25-26 (IV Campagna - 14 settembre 2005- Percorso 3018)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
150 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.43 m/s.

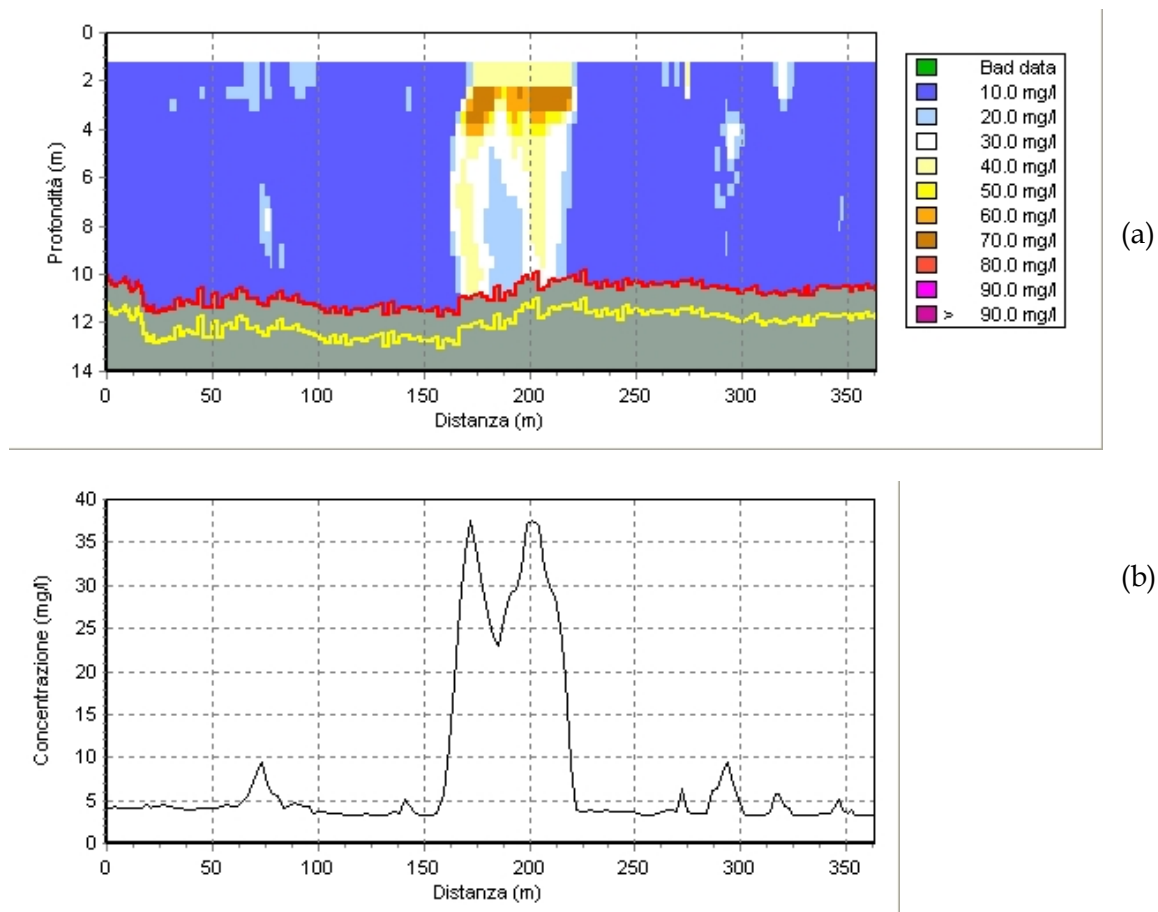


Figura 2.51 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

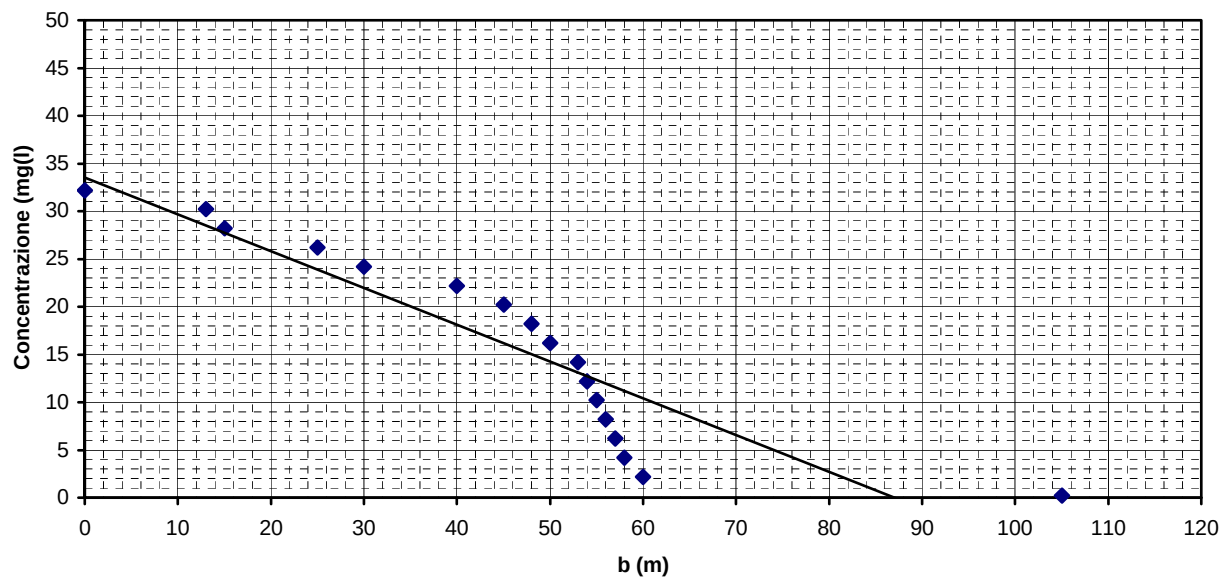


Figura 2.52 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 2.8 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 87 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 33.05 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 6936.29 g/s

2.3.22 *Transetto 26-27 (IV Campagna - 14 settembre 2005- Percorso 3018)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
215 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.47 m/s.

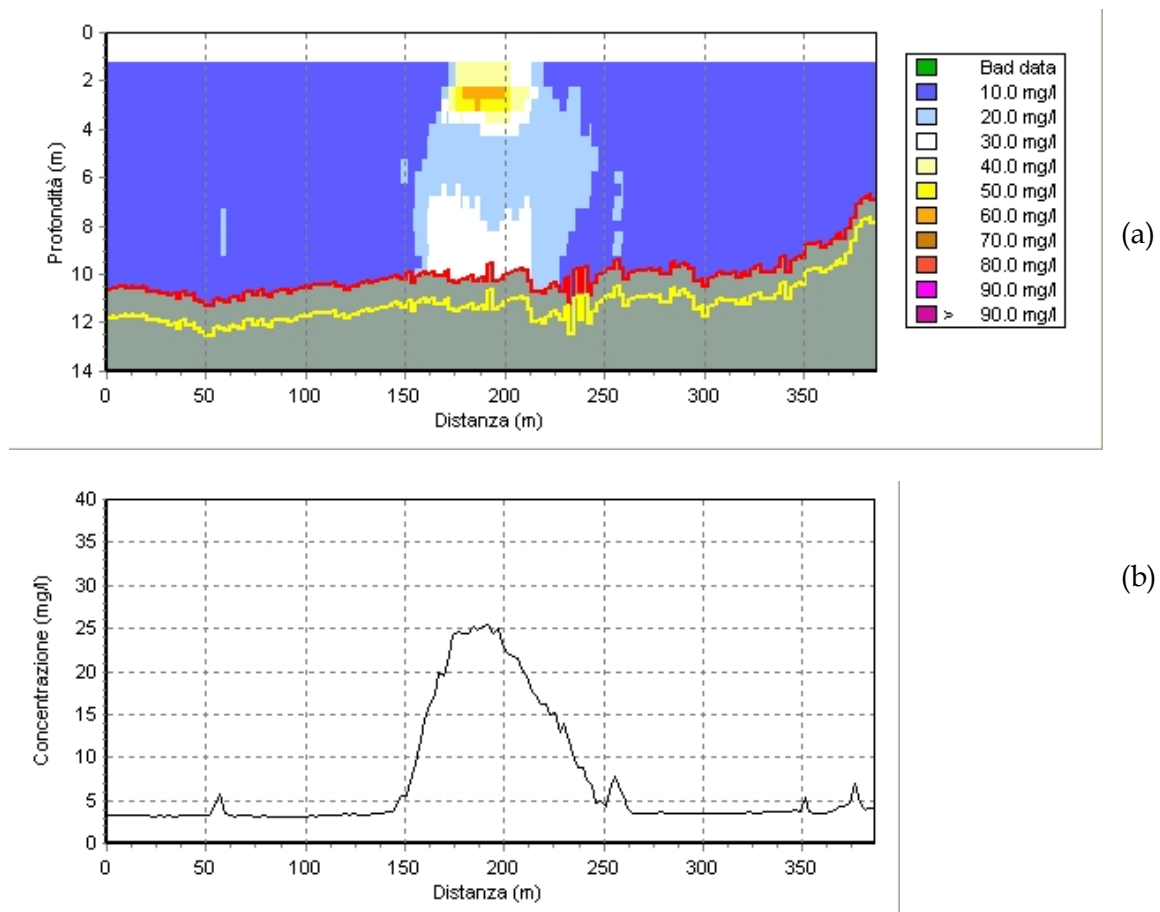


Figura 2.53 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

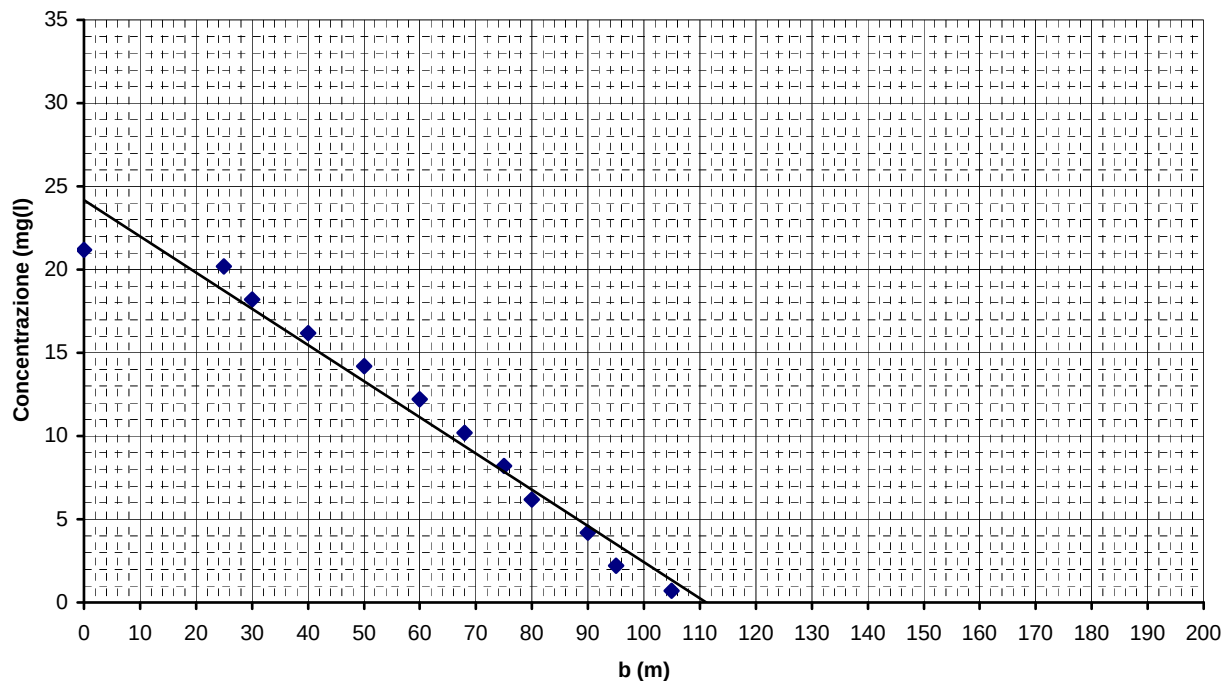


Figura 2.54 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 2.8 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 111 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 24.17 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 5914.2 g/s

2.3.23 *Transetto 27-28 (IV Campagna - 14 settembre 2005- Percorso 3018)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
290 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.55 m/s.

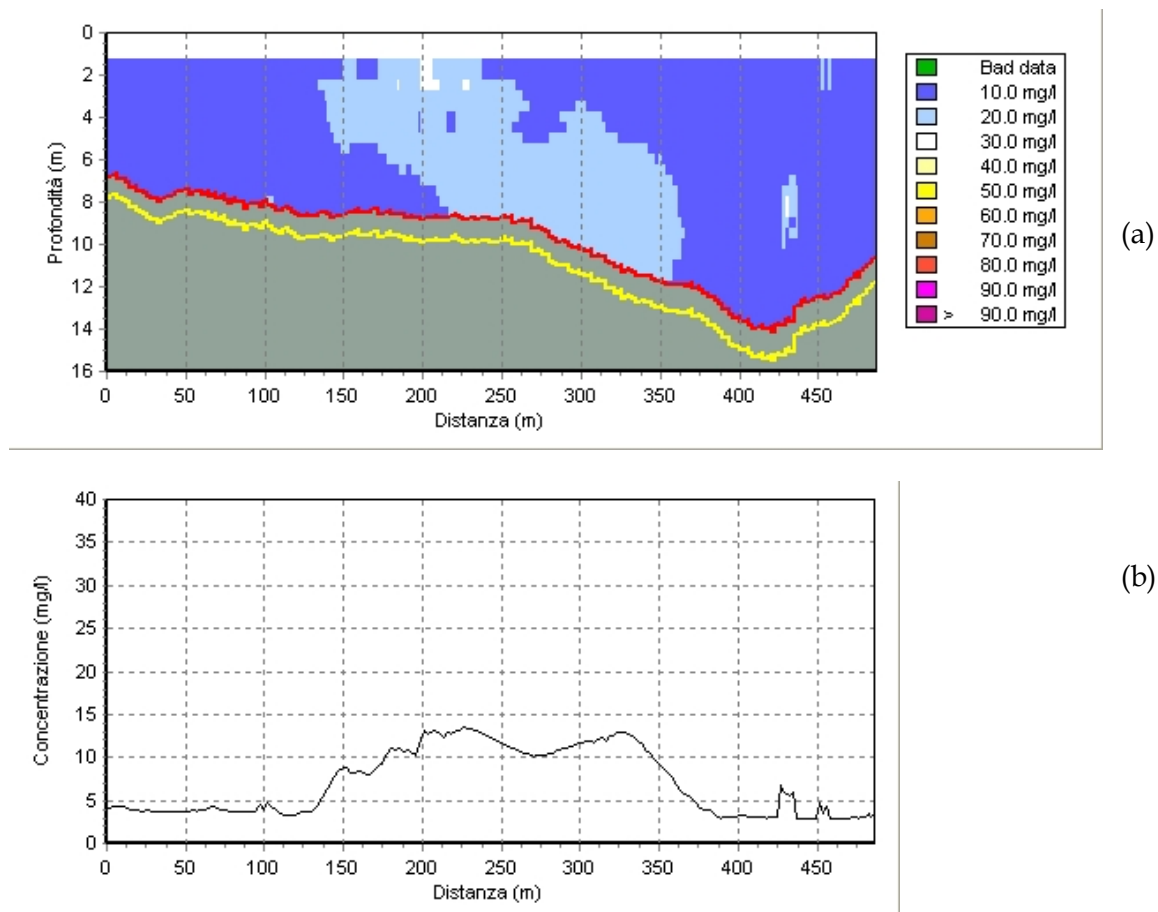


Figura 2.55 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particellato solido in sospensione.

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

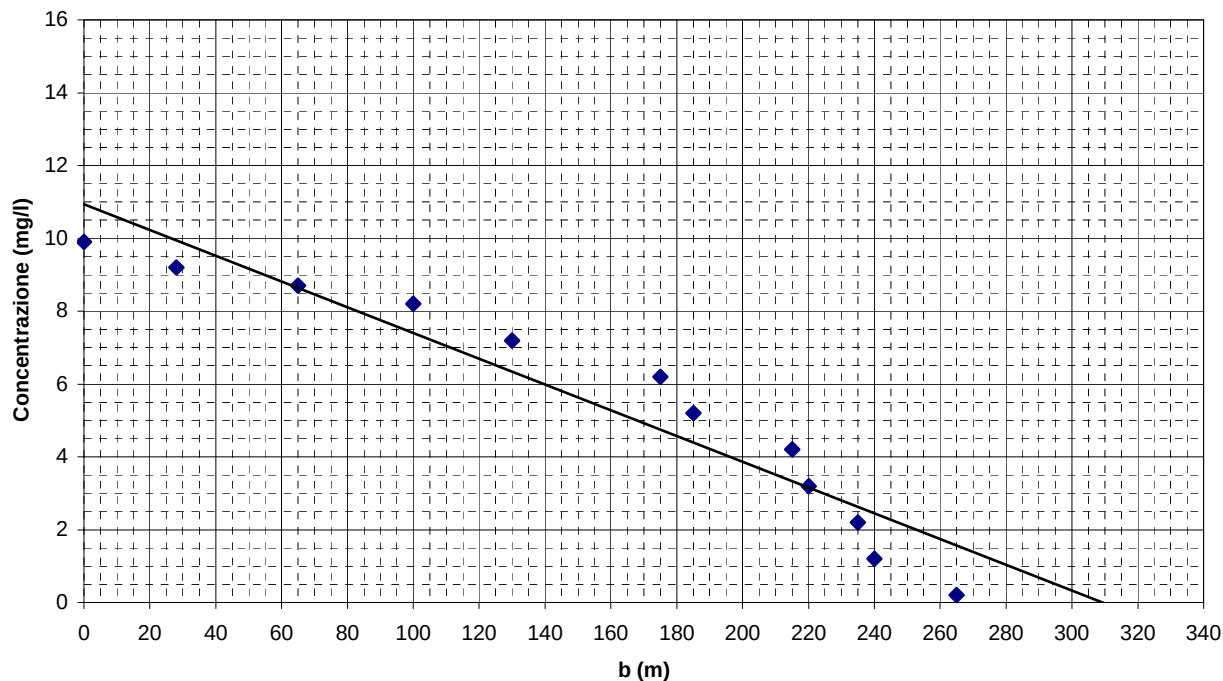


Figura 2.56 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 2.8 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 310 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 10.94 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 5984.01 g/s

2.3.24 *Transetto 28-29 (IV Campagna - 14 settembre 2005- Percorso 3018)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
505 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.51 m/s.

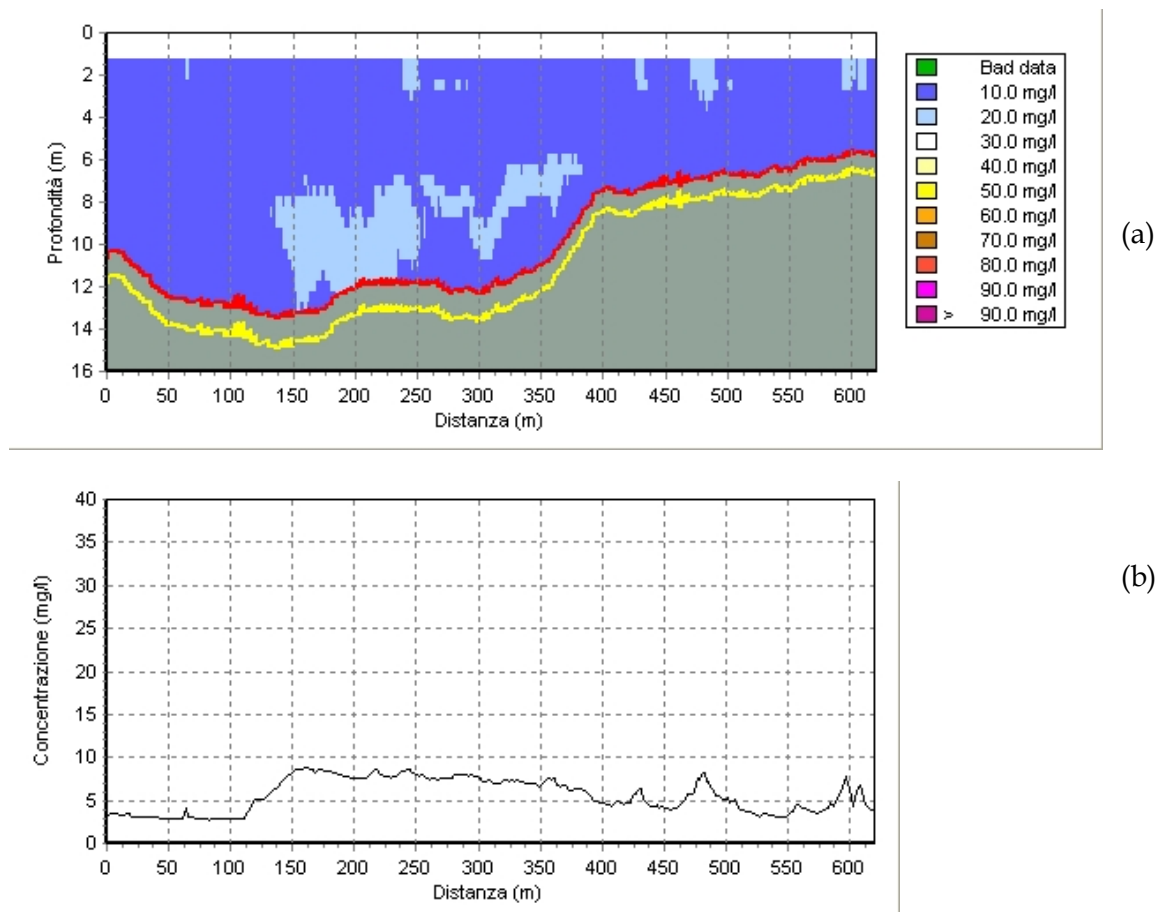


Figura 2.57 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

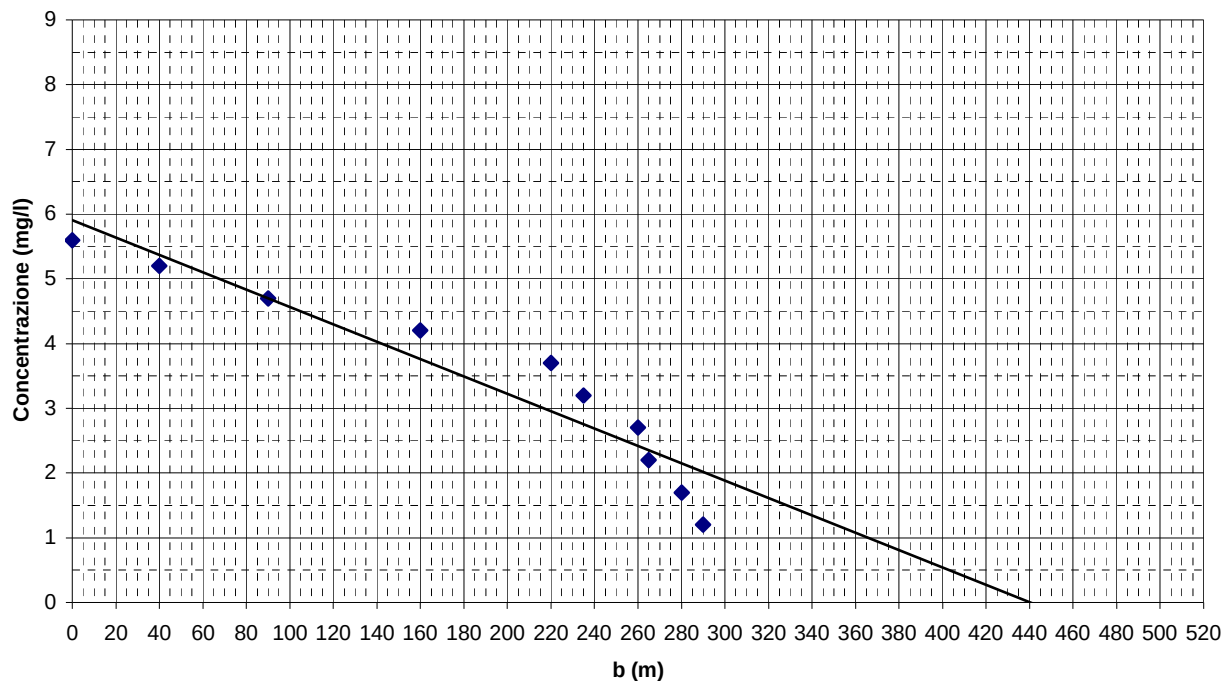


Figura 2.58 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 2.8 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 441 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 5.91 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 7900.15 g/s

Percorso “lido 3021”

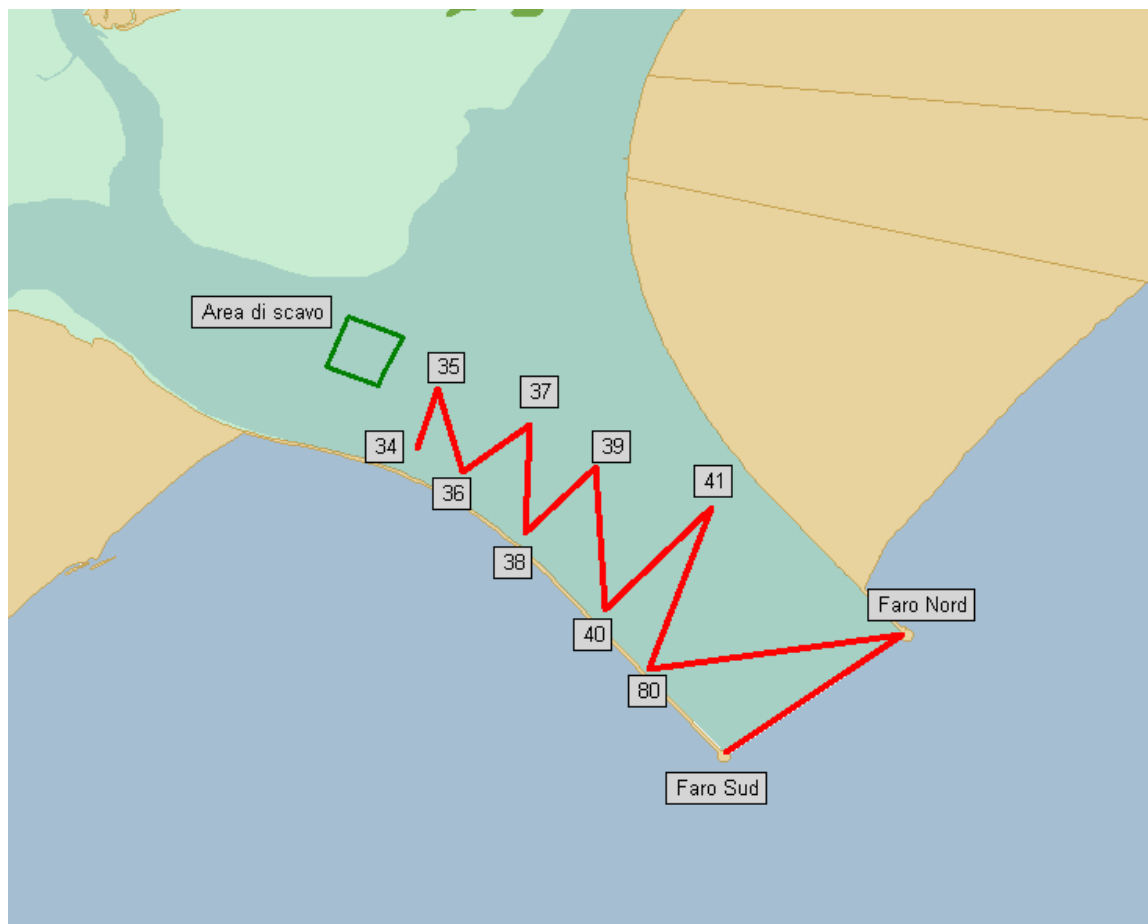


Figura 2.59 Mappa con la traccia del primo percorso a zig-zag (in rosso) a valle dell'area di scavo (quadrato verde).

Data e orario: 14 Settembre 2005, 11:46 - 12:47 (UT)

Condizioni mareografiche: luna crescente, massima corrente uscente.

Orario di scavo della draga Astra: 10:30 – 13:00 circa.

Velocità media della corrente: 0.52 m/s.

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

Tabella 2.10: Velocità, direzione della corrente media, lunghezza dei transetti.

Percorso	Posizioni estreme	Ora inizio	Ora fine	Transetto	Lunghezza transetto [m]	Velocità corrente media (m/s)	Direzione corrente media [°]
lido 3021	da 34 a FS	11:46:05	12:47:21	34-35	301.7	0.61	112
				35-36	356.0	0.59	114
				36-37	423.3	0.54	122
				37-38*	467.7	0.57	128
				38-39	457.8	0.58	129
				39-40**	592.7	0.61	132
				40-41**	698.2	0.52	123
				41-80**	761.8	0.48	131
				80-FN**	1050.5	0.44	133
				FN-FS***	838.0	0.43	134

* transetti non utilizzati nella taratura del modello perchè la concentrazione tende a crescere ai lati della campana

** transetti non utilizzati nella taratura del modello per la presenza di picchi di concentrazione ai lati della campana

*** transetti non utilizzati nella taratura del modello perché la campana non è ben sviluppata

Note:

Per “campana” si intende il grafico che rappresenta l’ andamento della concentrazione media sulla verticale del particellato solido in sospensione in funzione della distanza percorsa dall’imbarcazione dov’è collocata la sonda.

Per ogni percorso è stata individuata una concentrazione di “background” (C_{back}) scelta come la minima delle concentrazioni mediate sulla verticale lungo il percorso.

Il flusso di sedimenti (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.

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

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

2.3.25 *Transetto 34-35 (IV Campagna - 14 settembre 2005- Percorso 3021)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
220 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.61 m/s.

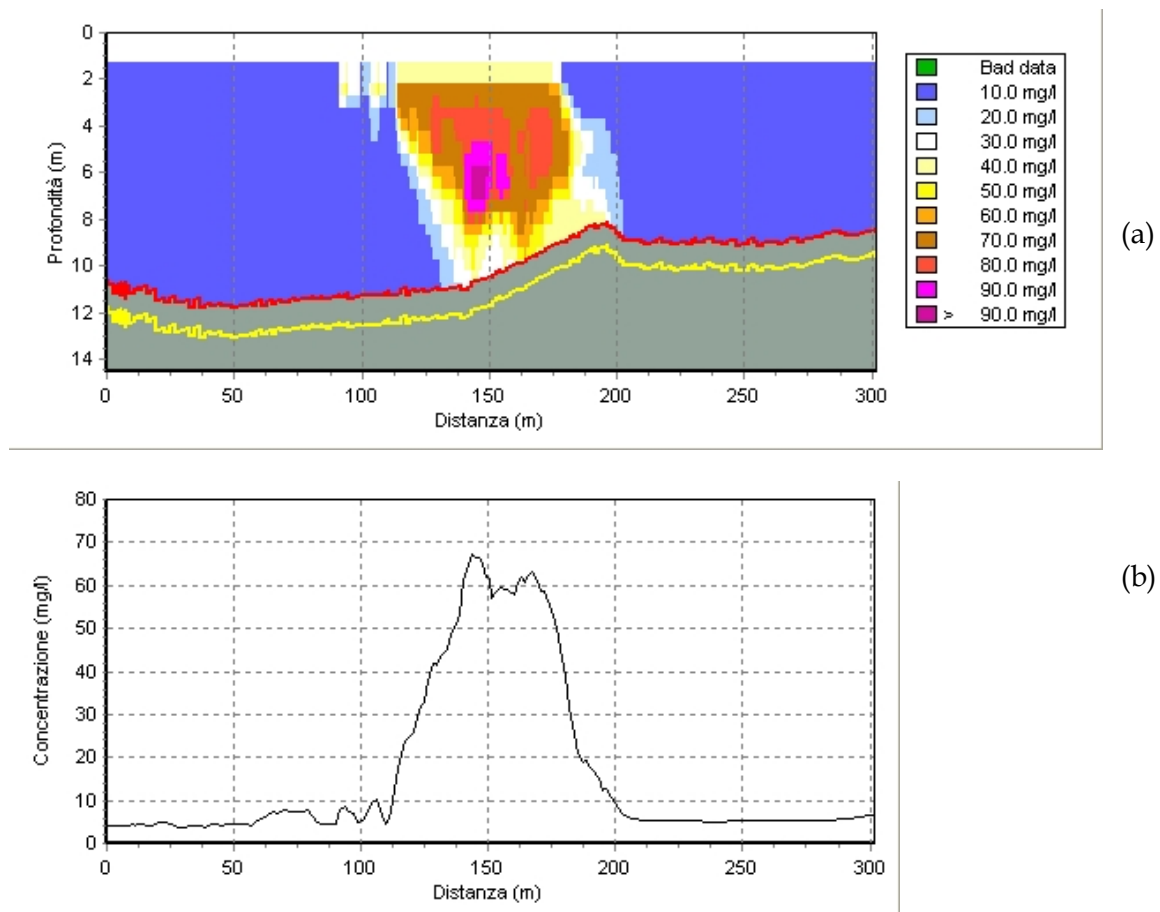


Figura 2.60 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

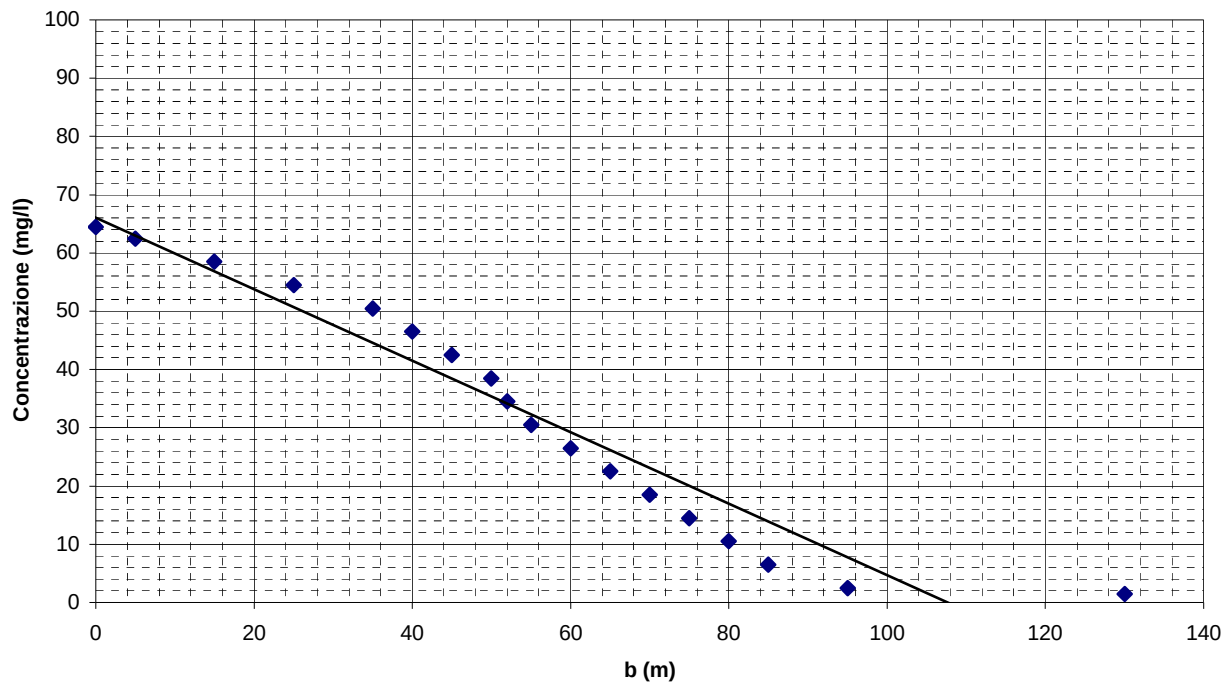


Figura 2.61 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}}=3.5 \text{ mg/l} \qquad b_{\text{max}}=108 \text{ m} \quad C_{\text{max}}=66.04 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background)= 20919.3 g/s

2.3.26 *Transetto 35-36 (IV Campagna - 14 settembre 2005- Percorso 3021)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
390 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.59 m/s.

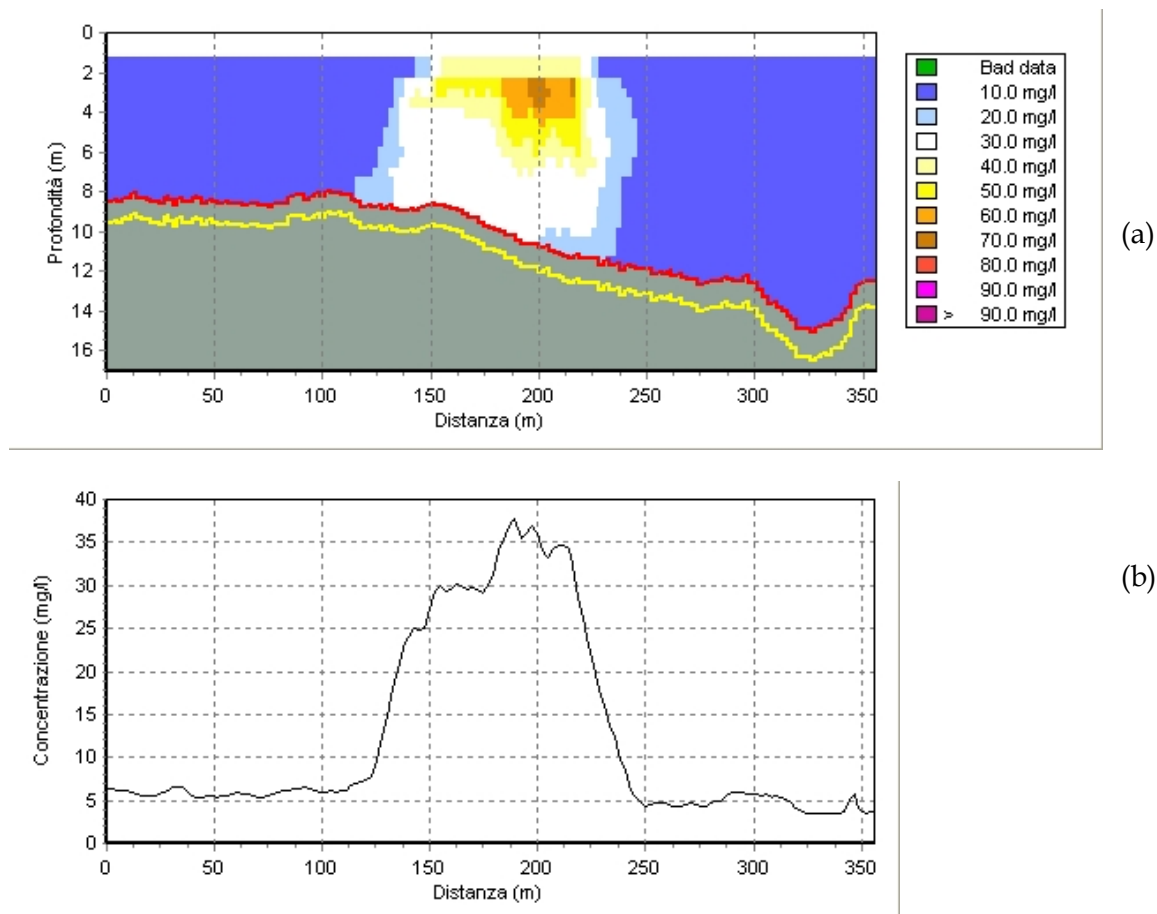


Figura 2.62 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

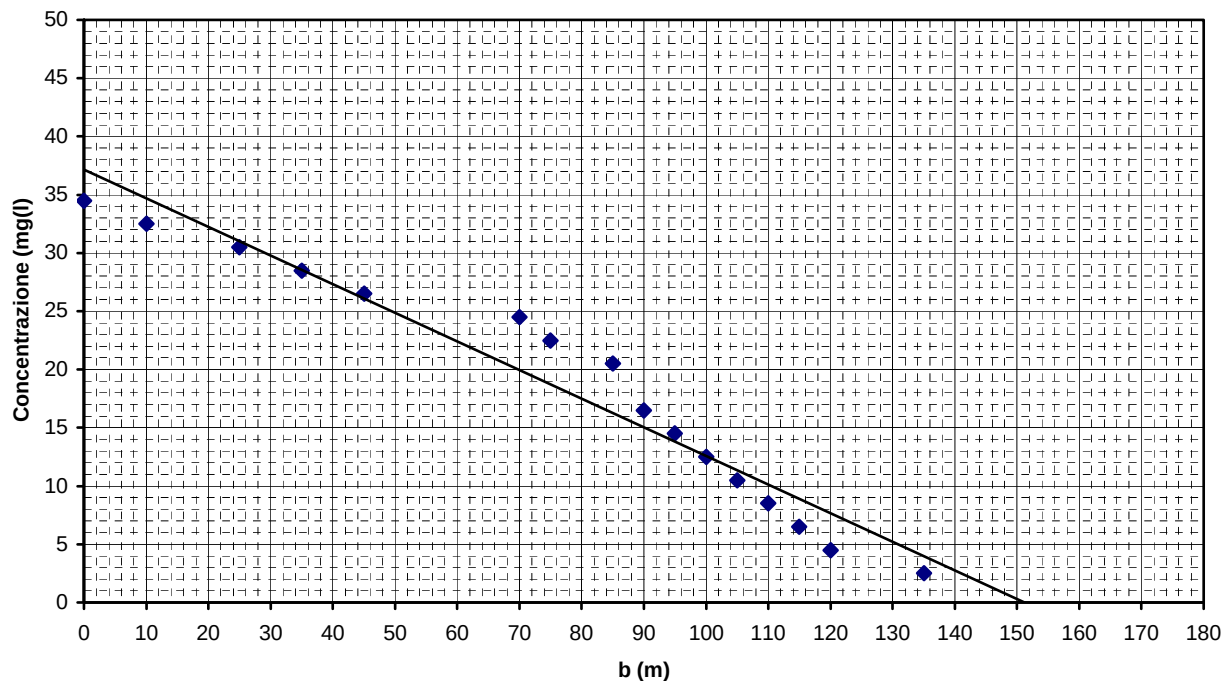


Figura 2.63 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}}=3.5 \text{ mg/l} \qquad b_{\text{max}}=151 \text{ m} \quad C_{\text{max}}=37.16 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background)= 13756.3 g/s

2.3.27 *Transetto 36-37 (IV Campagna - 14 settembre 2005- Percorso 3021)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
660 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.54 m/s.

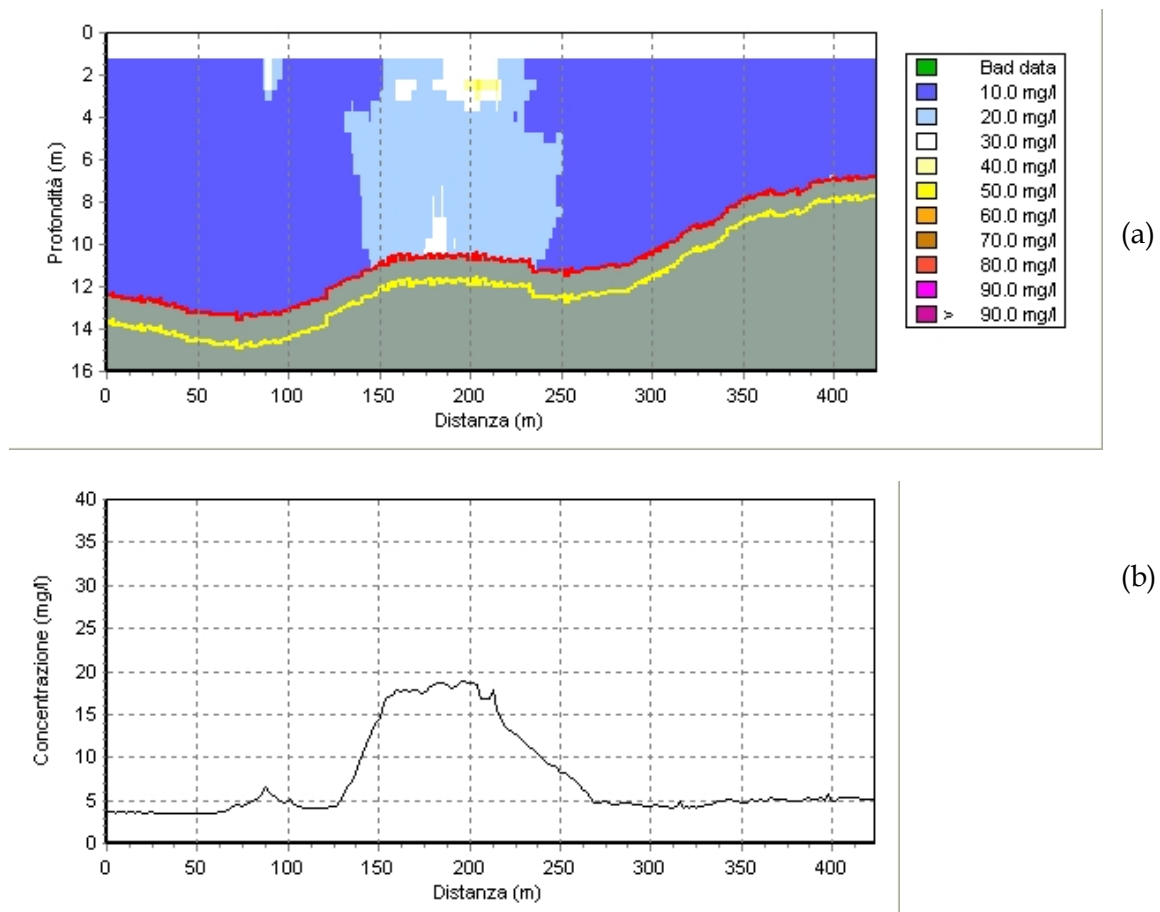


Figura 2.64 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

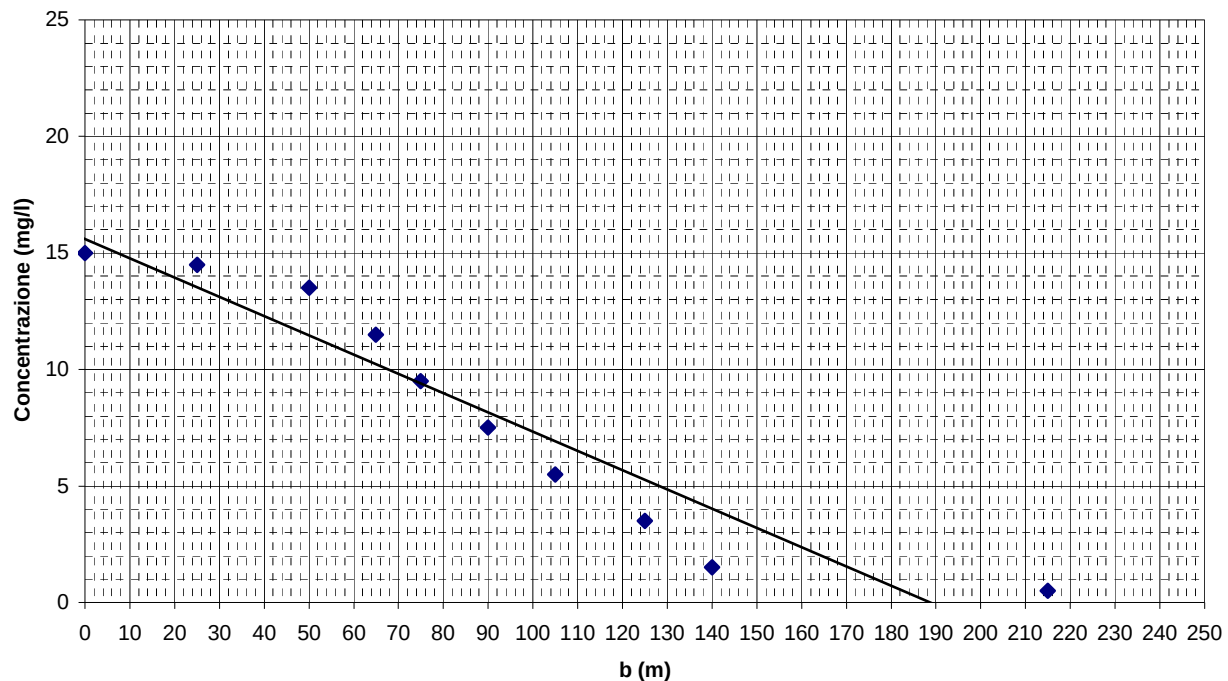


Figura 2.65 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.5 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 189 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 15.60 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 8428.14 g/s

2.3.28 *Transetto 38-39 (IV Campagna - 14 settembre 2005- Percorso 3021)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
1010 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.58 m/s.

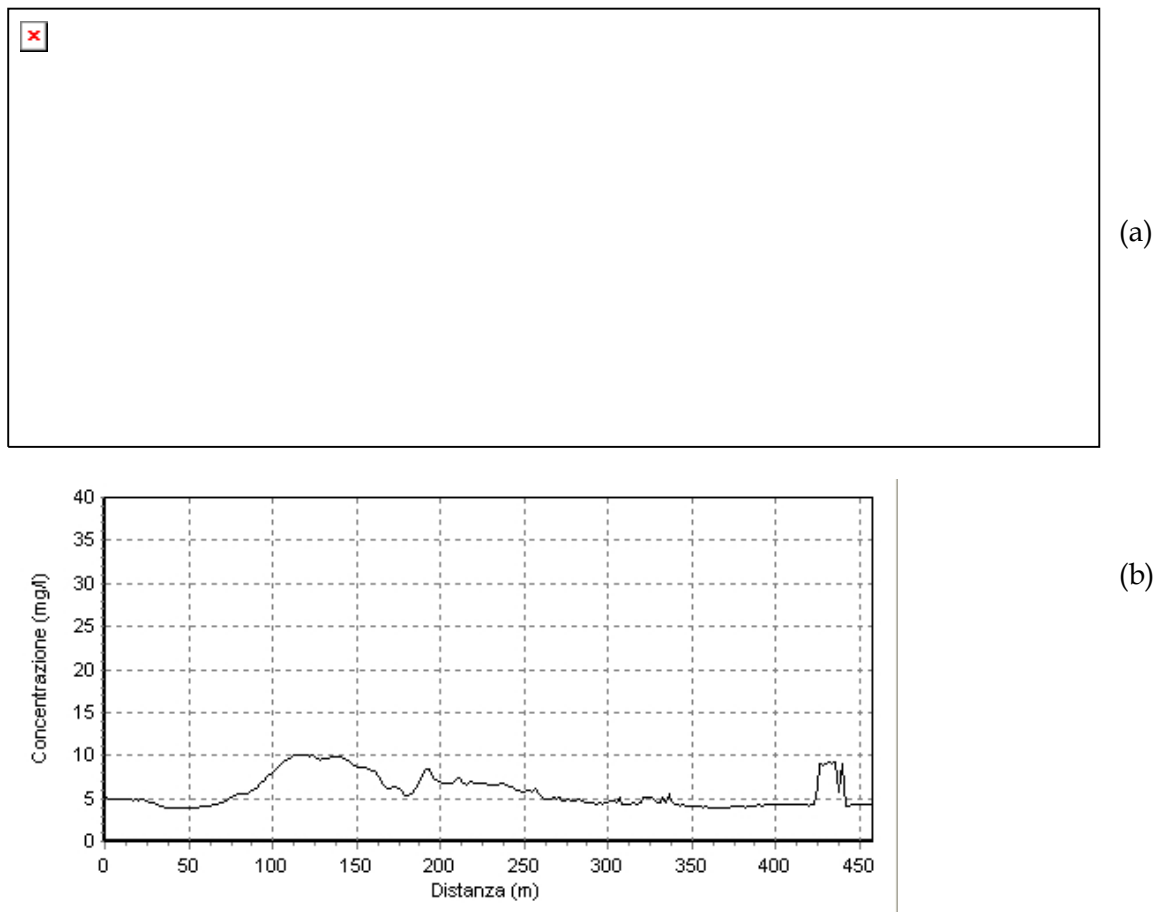


Figura 2.66 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

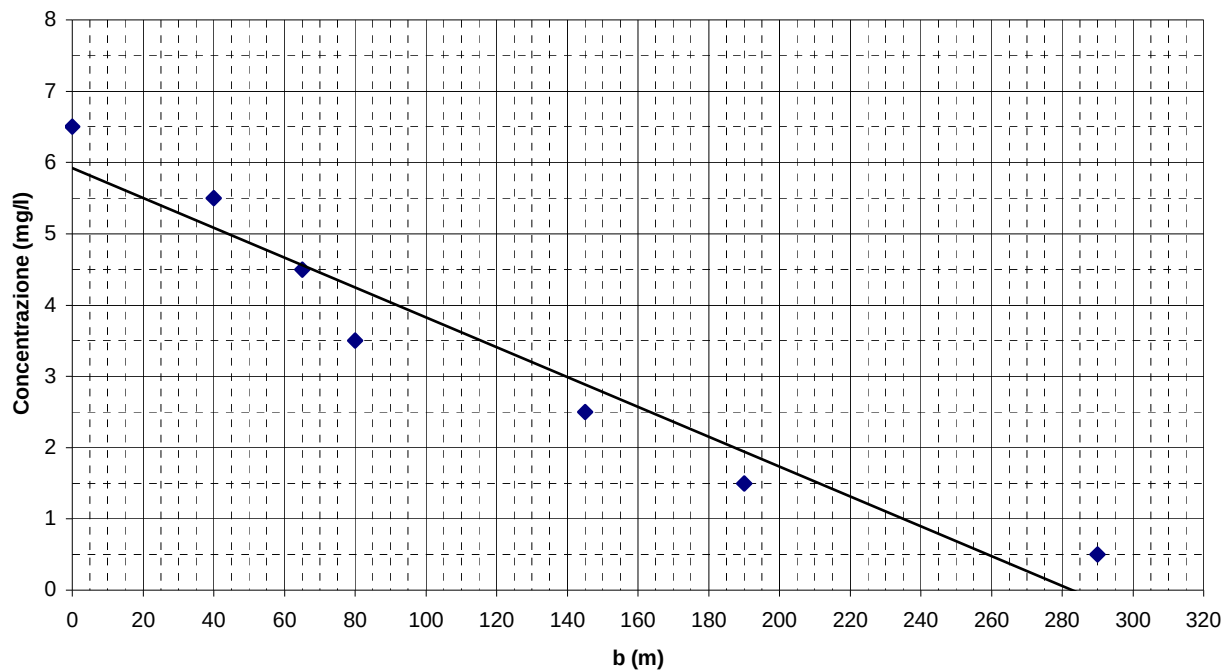


Figura 2.67 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.5 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 283 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 5.92 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 6392.53 g/s

V CAMPAGNA

LIDO S. NICOLÒ

25 OTTOBRE 2005

Percorso "lido 4001"

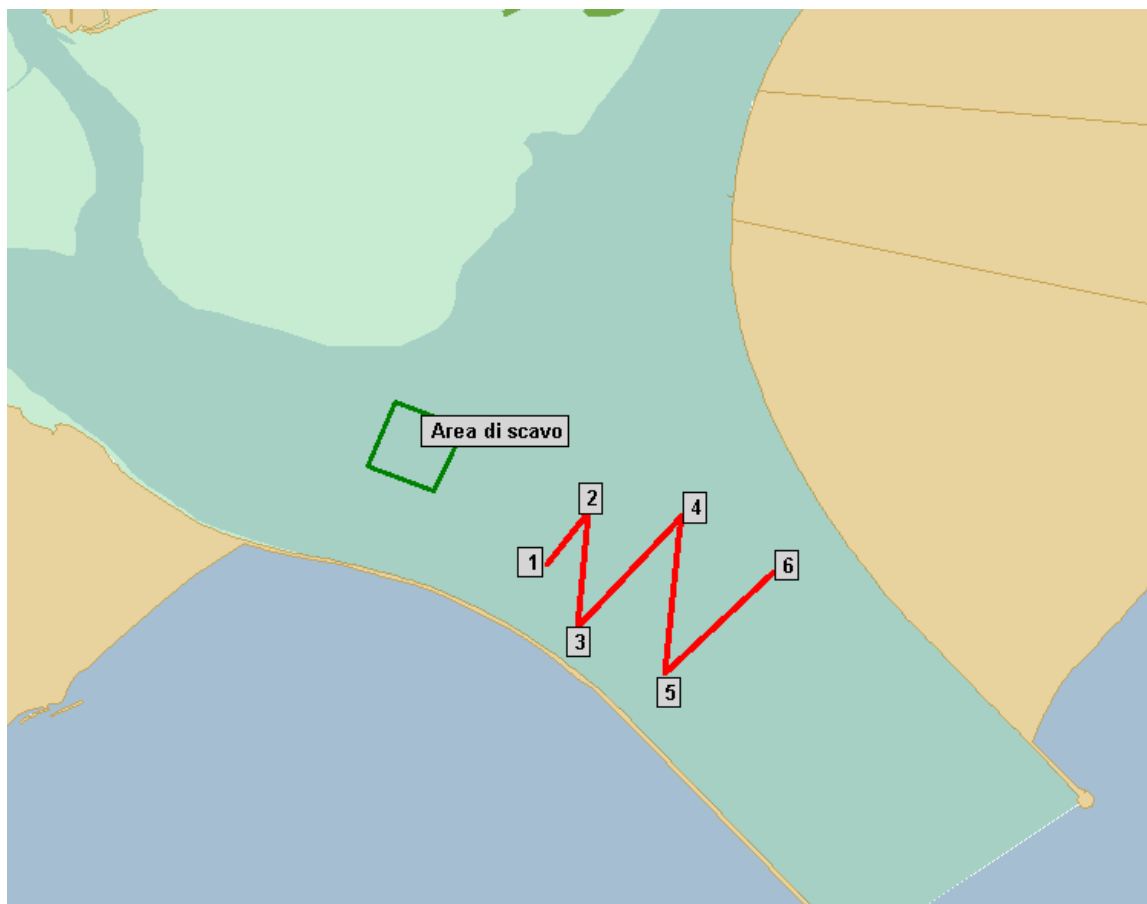


Figura 2.68 Mappa con la traccia del primo percorso a zig-zag (in rosso) a valle dell'area di scavo (quadrato verde).

Data e orario: 25 Ottobre 2005, 8:39 - 8:57 (UT)

Condizioni mareografiche:

Orario di scavo della draga Astra: 7:30 alle ????, ecc. Dopo circa un'ora dall'inizio delle operazioni di scavo e dopo circa 30 minuti dall'inizio del rilascio di sedimenti attraverso l'overflow della draga.

Velocità media della corrente: 0.13 m/s.

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

Tabella 2.11: Velocità, direzione della corrente media, lunghezza dei transetti.

Percorso	Posizioni estreme	Ora inizio	Ora fine	Transetto	Lunghezza transetto [m]	Velocità corrente media (m/s)	Direzione corrente media [°]
lido 4001	da 01 a 06	8:36:30	8:57:26	01-02	246.6	0.15	136
				02-03	386.0	0.16	141
				03-04	536.1	0.16	128
				04-05	536.5	0.16	134
				05-06*	503.53	0.16	121

* transetti non utilizzati nella taratura del modello perché la campana non è ben sviluppata

Note:

Per “campana” si intende il grafico che rappresenta l’ andamento della concentrazione media sulla verticale del particellato solido in sospensione in funzione della distanza percorsa dall’imbarcazione dov’è collocata la sonda.

Per ogni percorso è stata individuata una concentrazione di “background” (C_{back}) scelta come la minima delle concentrazioni mediate sulla verticale lungo il percorso.

Il flusso di sedimenti (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.

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

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

2.3.29 *Transetto 01-02 (V Campagna - 25 ottobre 2005- Percorso 4001)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
600 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.15 m/s.

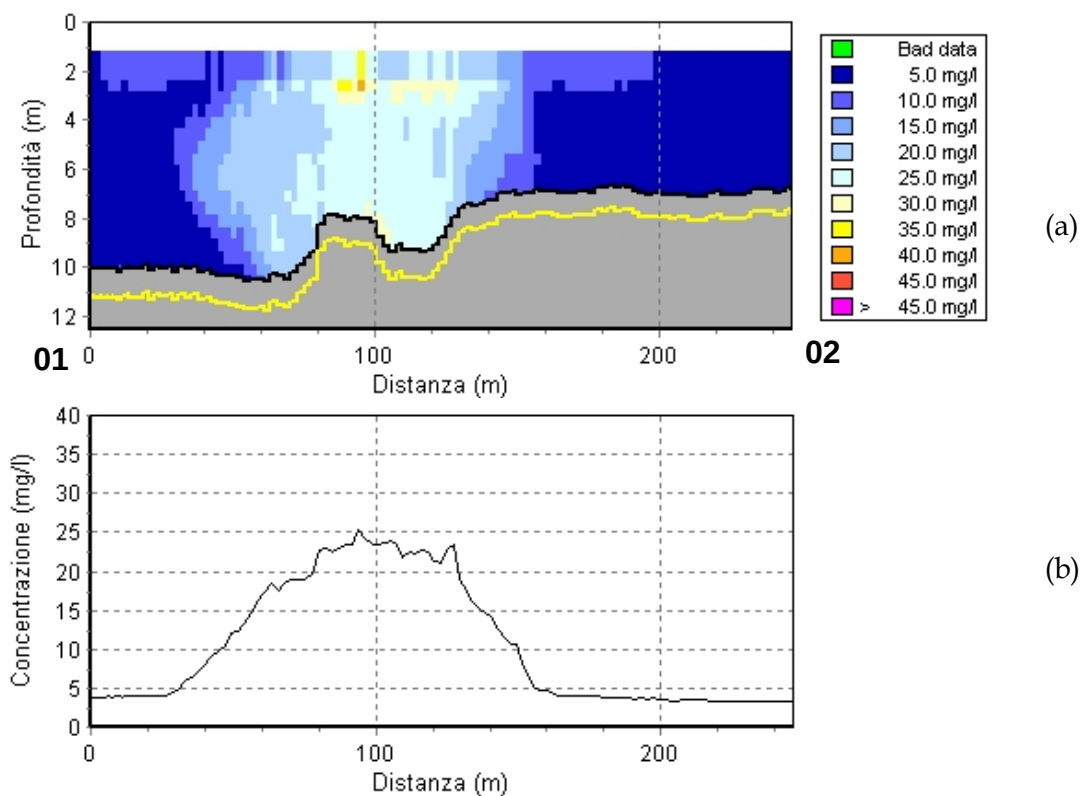


Figura 2.69 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

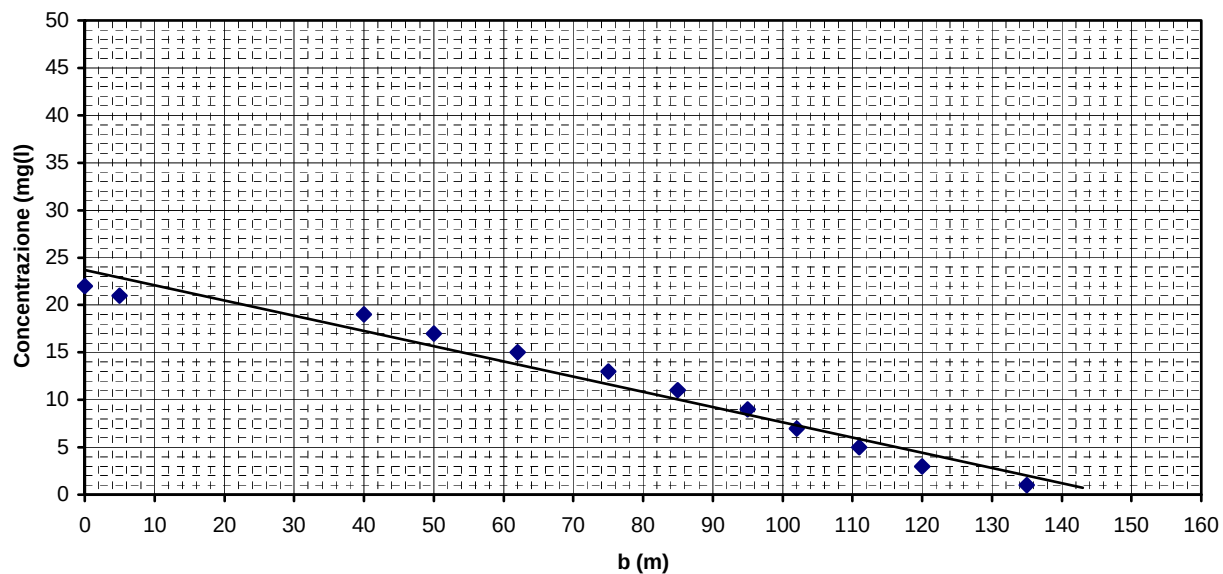


Figura 2.70 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.0 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 148 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 23.67 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 2531.4 g/s

2.3.30 *Transetto 02-03 (V Campagna - 25 ottobre 2005- Percorso 4001)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
720 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.16 m/s.

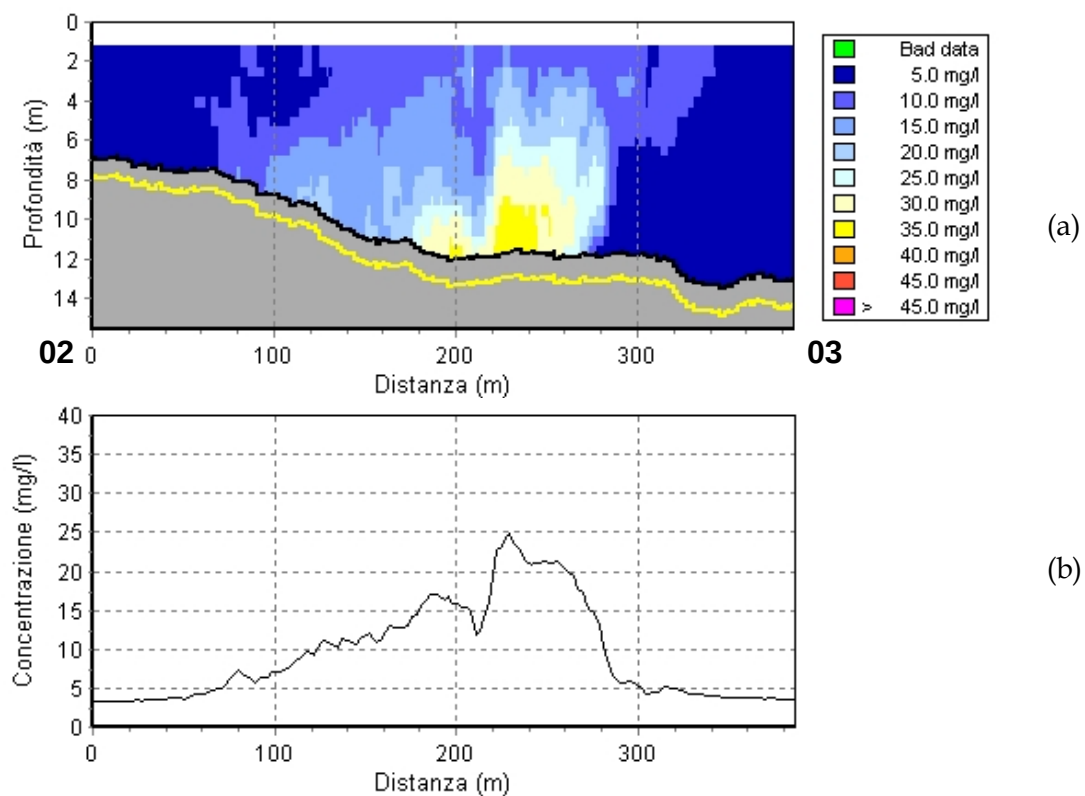


Figura 2.71 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

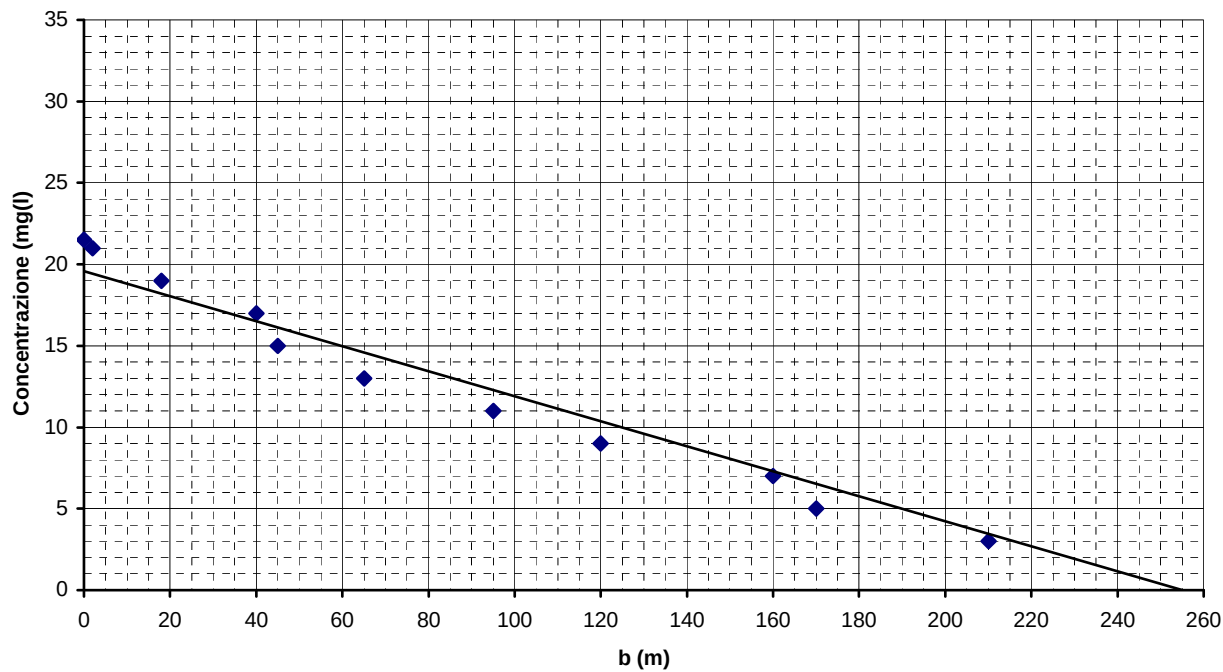


Figura 2.72 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.0 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 255 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 19.58 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 2771.6 g/s

2.3.31 *Transetto 03-04 (V Campagna - 25 ottobre 2005- Percorso 4001)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
850 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.16 m/s.

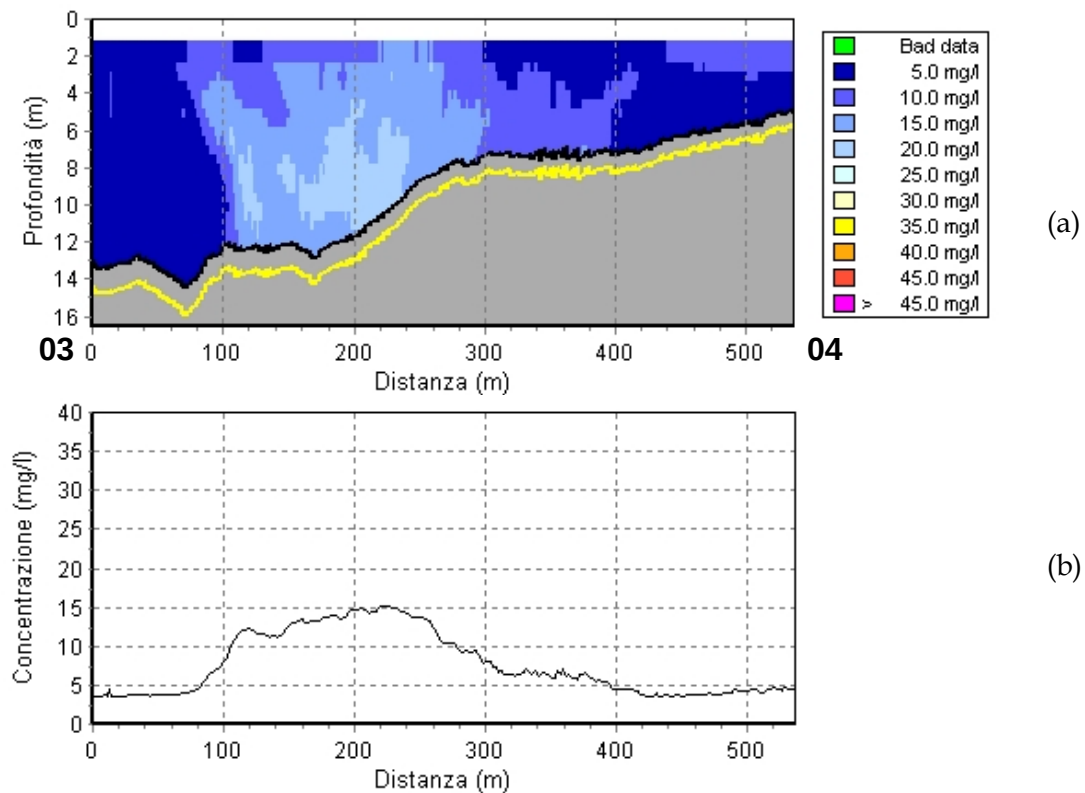


Figura 2.73 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

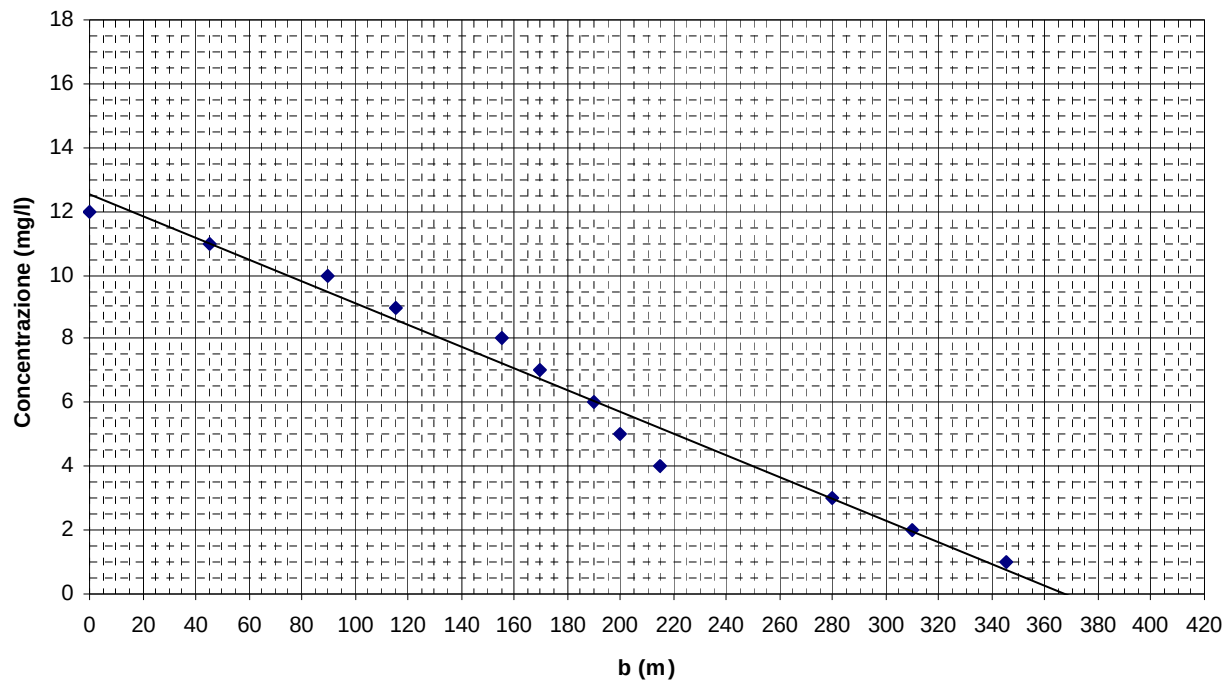


Figura 2.74 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.0 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 366 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 12.53 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 3364.6 g/s

2.3.32 *Transetto 04-05 (V Campagna - 25 ottobre 2005- Percorso 4001)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto: 1000 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.16 m/s.

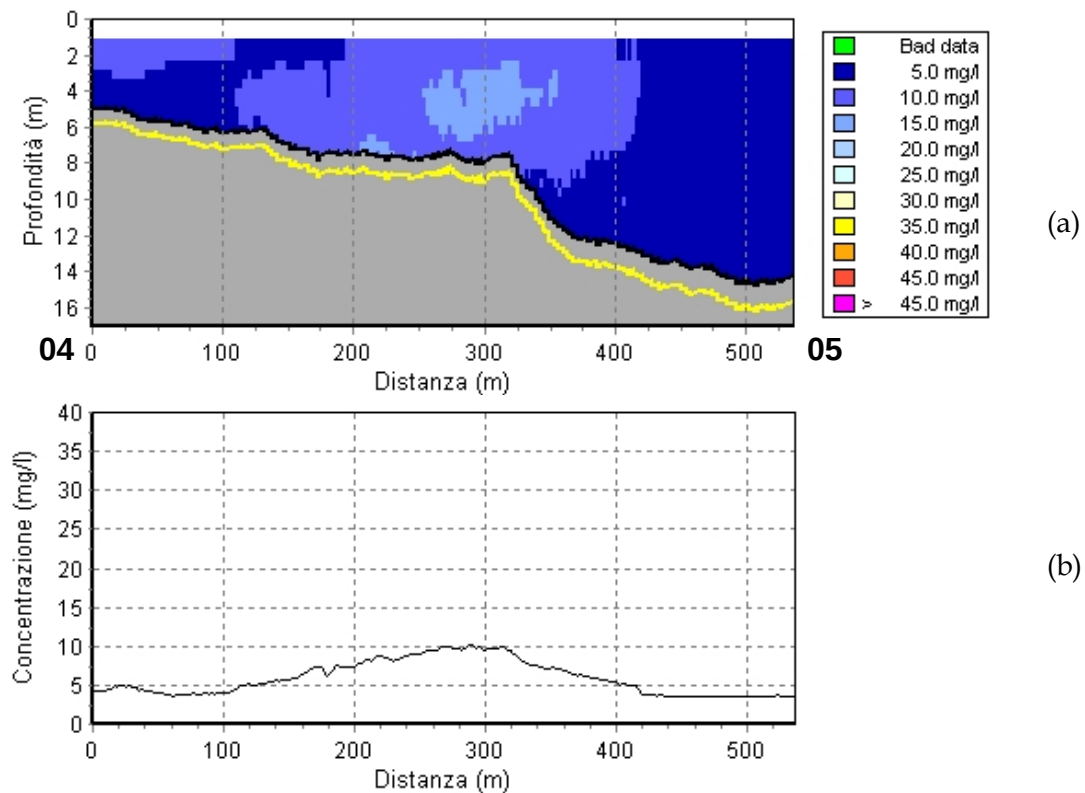


Figura 2.75 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

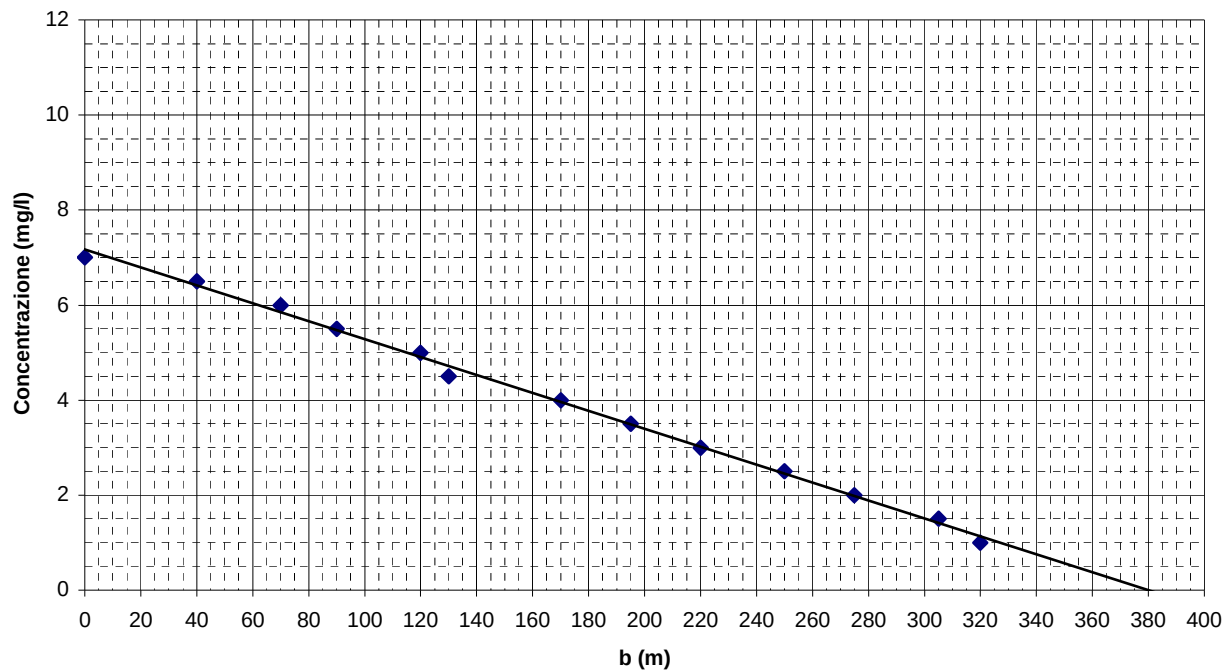


Figura 2.76 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.0 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 379 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 7.17 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 1896.8 g/s

Percorso "lido 4003"

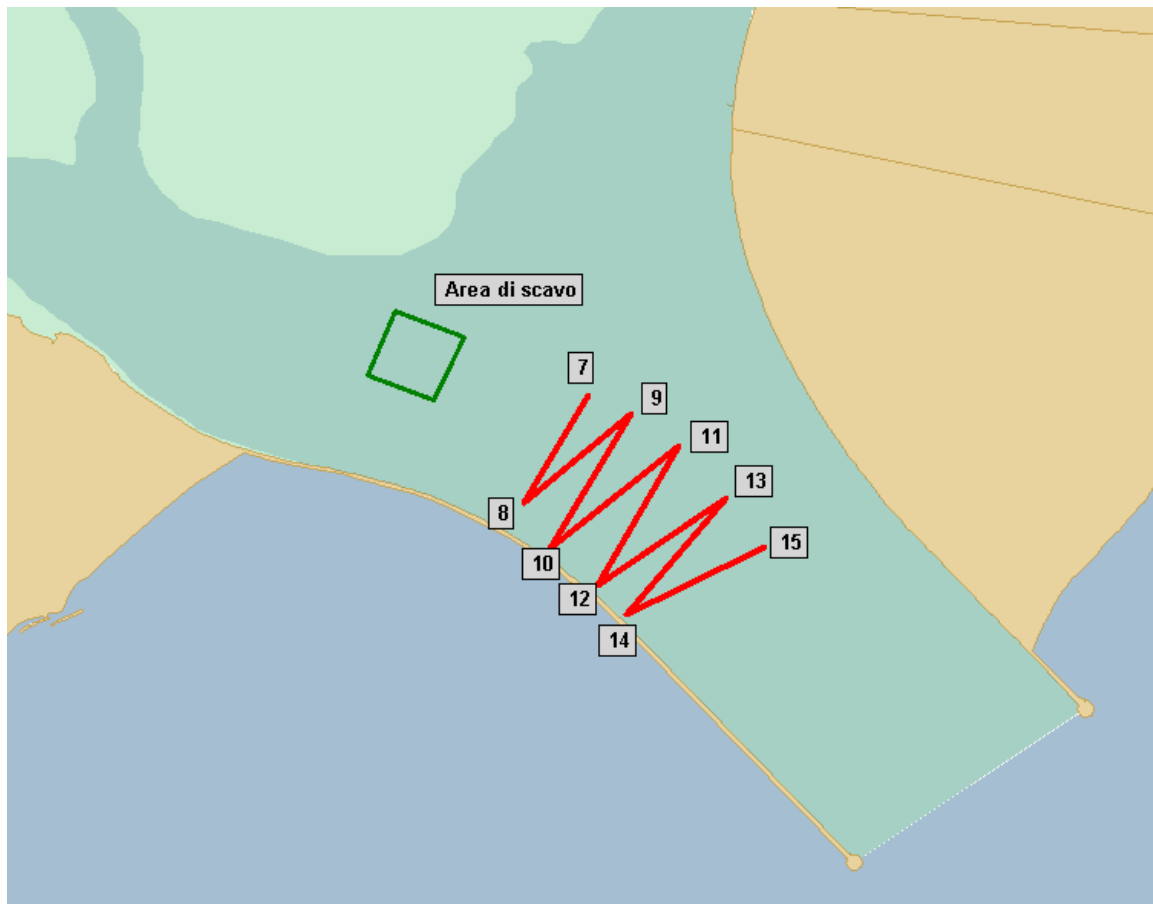


Figura 2.77 Mappa con la traccia del primo percorso a zig-zag (in rosso) a valle dell'area di scavo (quadrato verde).

Data e orario: 25 Ottobre 2005, 9:17 - 9:59 (UT)

Condizioni mareografiche:

Orario di scavo della draga Astra: 7:30 alle ????, ecc.

Velocità media della corrente: 0.18 m/s.

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

Tabella 2.12: Velocità, direzione della corrente media, lunghezza dei transetti.

Percorso	Posizioni estreme	Ora inizio	Ora fine	Transetto	Lunghezza transetto [m]	Velocità corrente media (m/s)	Direzione corrente media [°]
lido 4003	da 07 a 15	9:17:10	9:59:39	07-08	410.5	0.18	150
				08-09	504.9	0.18	137
				09-10	547.0	0.18	146
				10-11	609.8	0.19	131
				11-12*	576.4	0.19	141
				12-13*	558.7	0.21	128
				13-14*	543.8	0.22	140
				14-15*	528.9	0.23	128

* transetti non utilizzati nella taratura del modello per la presenza di picchi di concentrazione ai lati della campana

Note:

Per “campana” si intende il grafico che rappresenta l’ andamento della concentrazione media sulla verticale del particellato solido in sospensione in funzione della distanza percorsa dall’imbarcazione dov’è collocata la sonda.

Per ogni percorso è stata individuata una concentrazione di “background” (C_{back}) scelta come la minima delle concentrazioni mediate sulla verticale lungo il percorso.

Il flusso di sedimenti (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.

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

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

2.3.33 *Transetto 07-08 (V Campagna - 25 ottobre 2005- Percorso 4003)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
570 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.18 m/s.

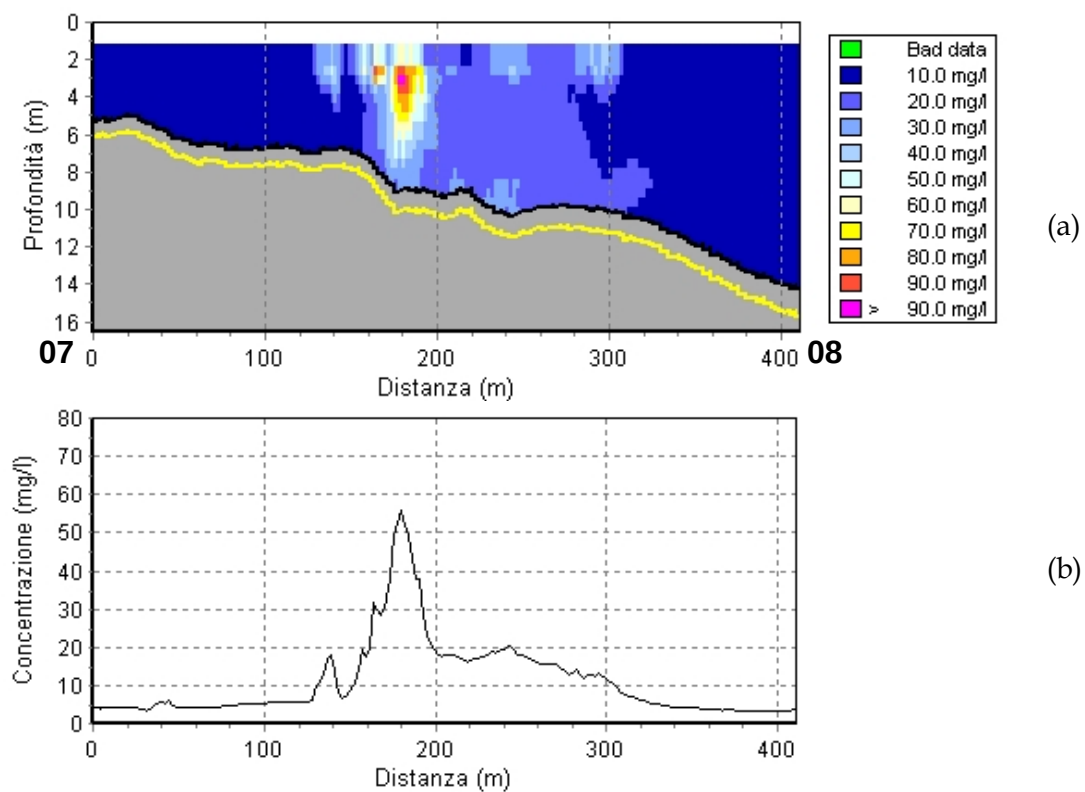


Figura 2.78 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particellato solido in sospensione.

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

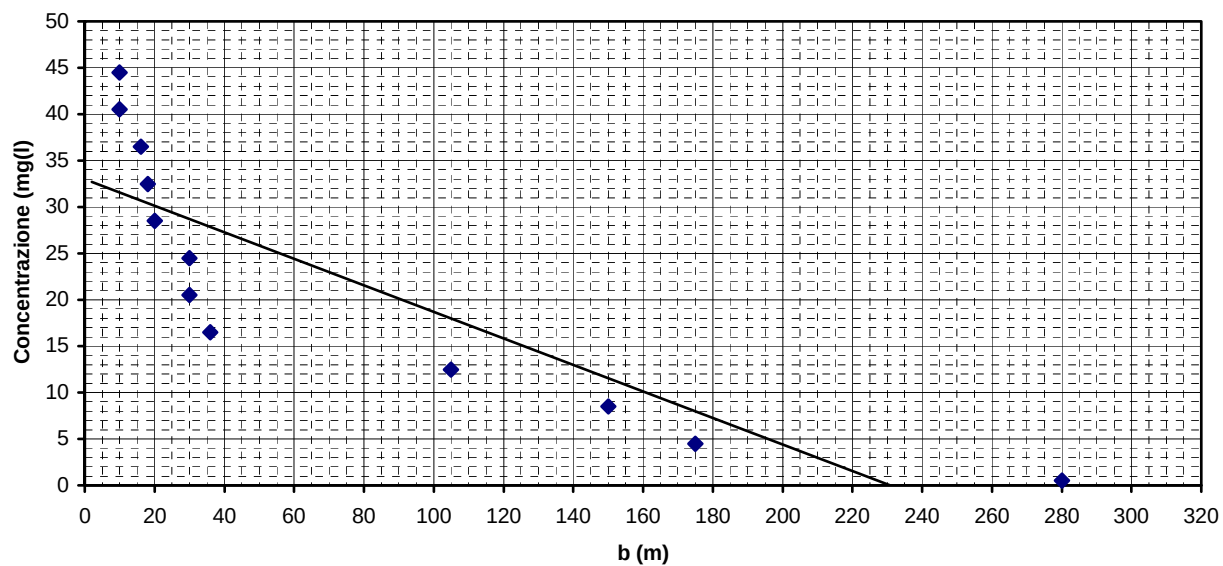


Figura 2.79 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}}=3.5 \text{ mg/l} \qquad b_{\text{max}}=231 \text{ m} \quad C_{\text{max}}=32.97 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background)=4567.1 g/s

2.3.34 *Transetto 08-09 (V Campagna - 25 ottobre 2005- Percorso 4003)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
680 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.18 m/s.

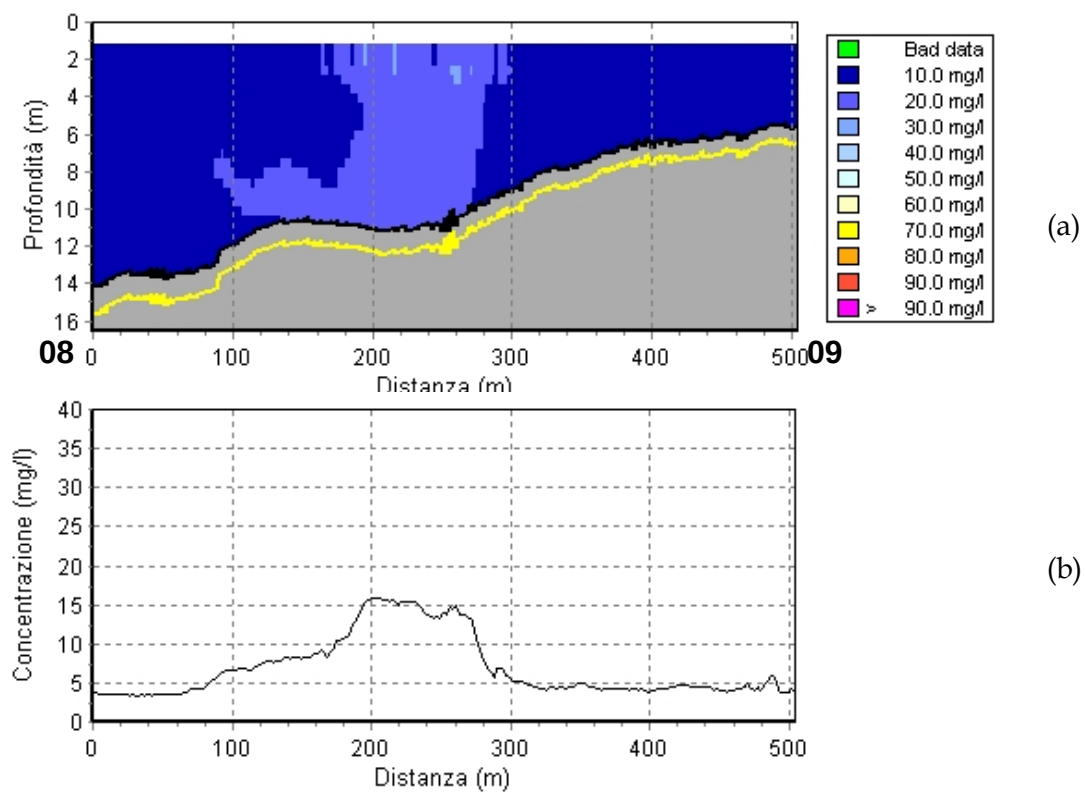


Figura 2.80 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

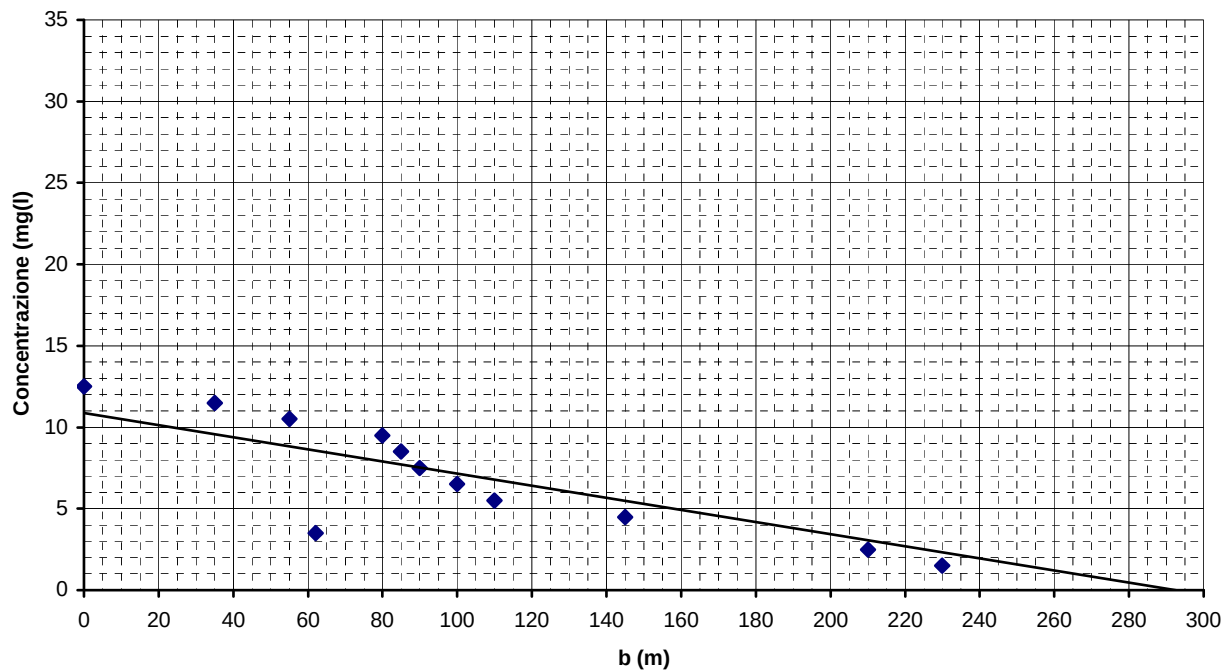


Figura 2.81 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}}=3.5 \text{ mg/l} \quad b_{\text{max}}=293 \text{ m} \quad C_{\text{max}}=10.89 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background)=2642.6 g/s

2.3.35 *Transetto 09-10 (V Campagna - 25 ottobre 2005- Percorso 4003)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
770 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.18 m/s.

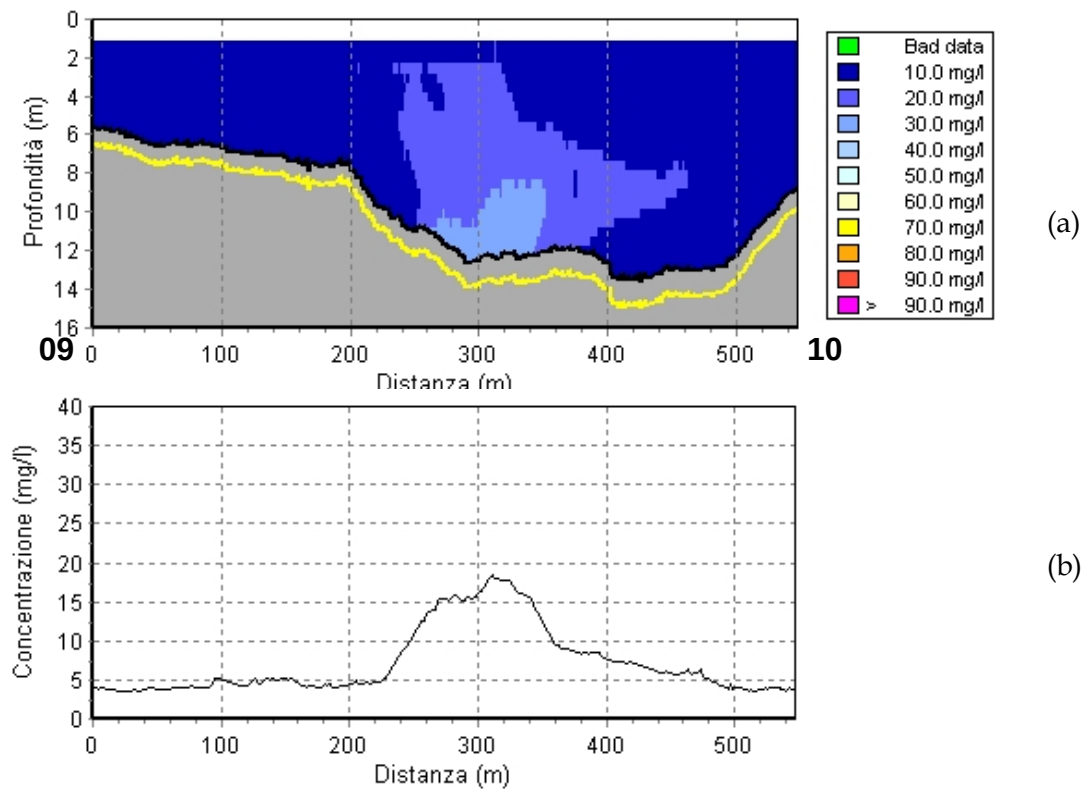


Figura 2.82 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

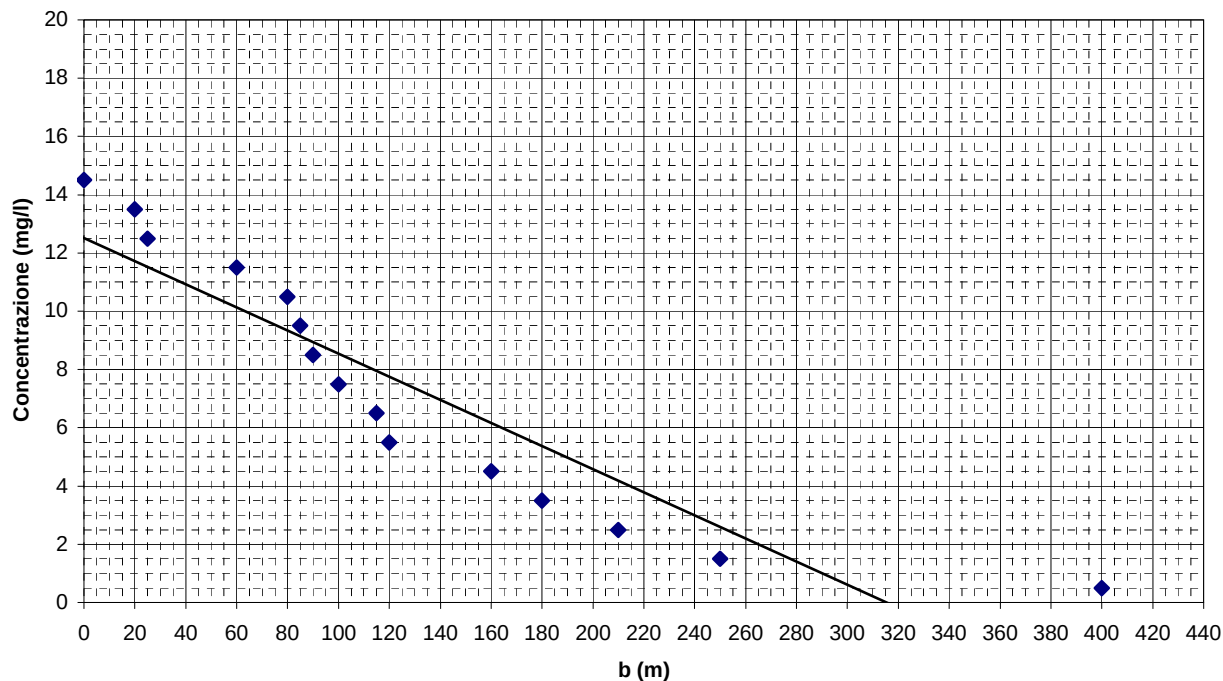


Figura 2.83 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.5 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 315 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 12.51 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 3223.9 g/s

2.3.36 *Transetto 10-11 (V Campagna - 25 ottobre 2005- Percorso 4003)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
880 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.19 m/s.

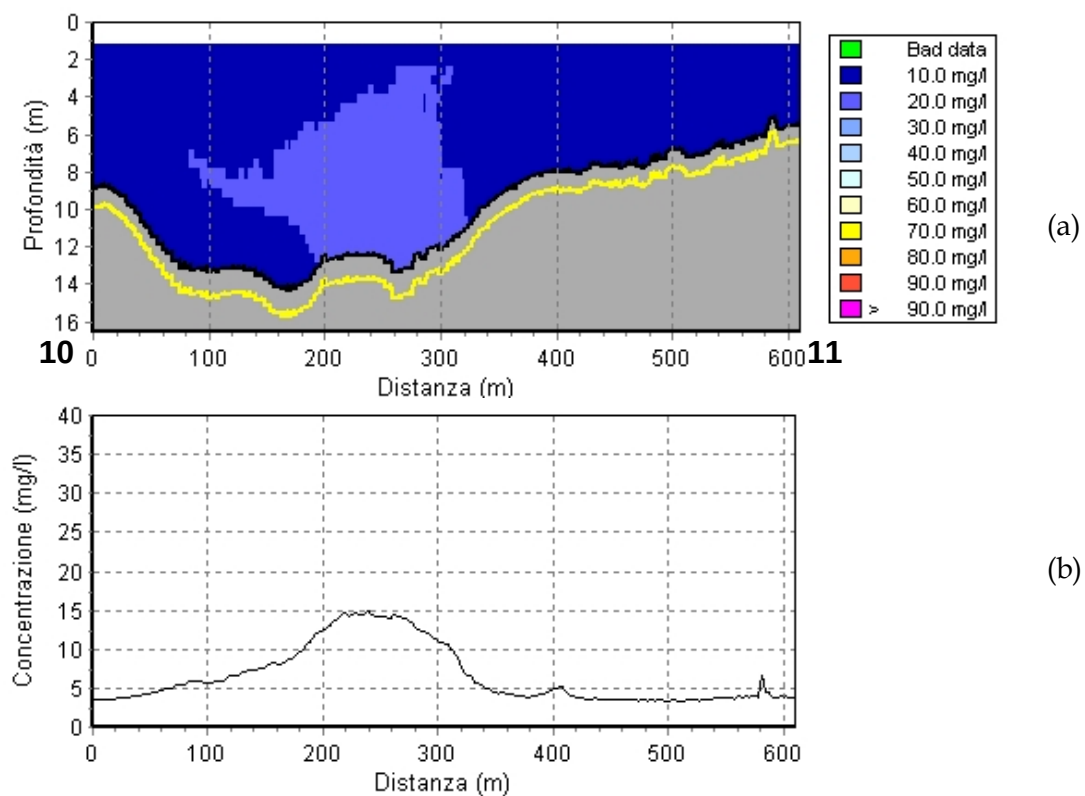


Figura 2.84 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particellato solido in sospensione.

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

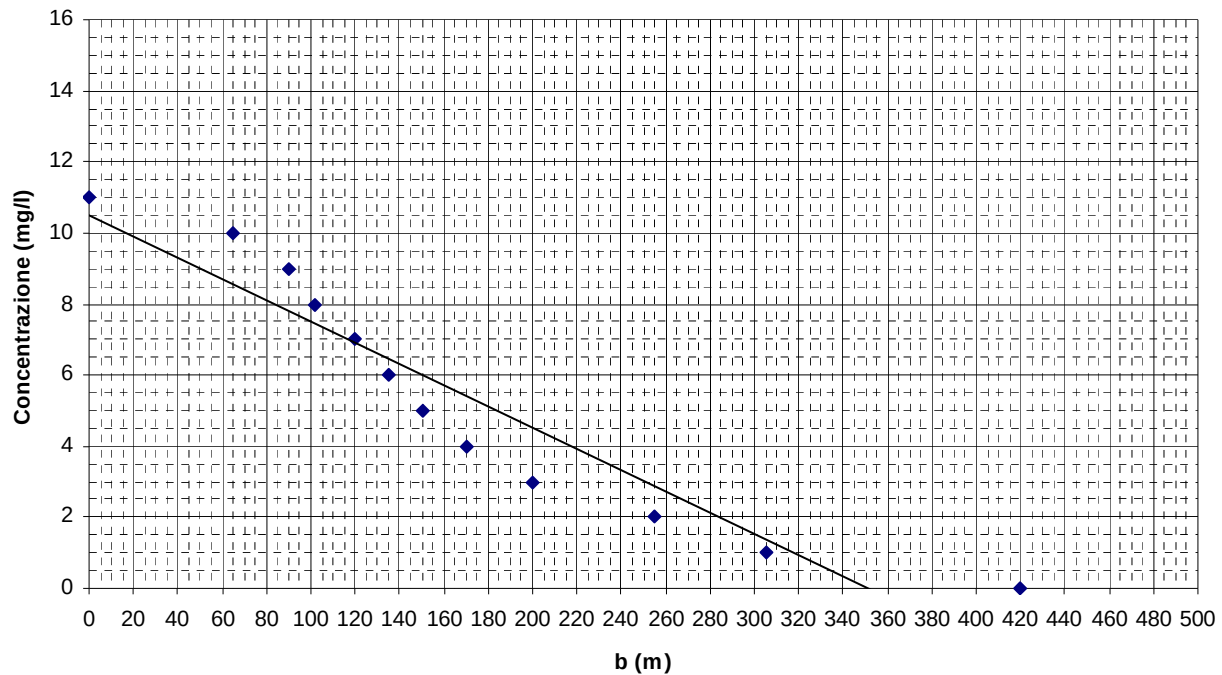


Figura 2.85 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.5 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 351 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 10.51 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 3617.3 g/s

V CAMPAGNA

LIDO S. NICOLÒ

26 OTTOBRE 2005

Percorso "lido 4012"

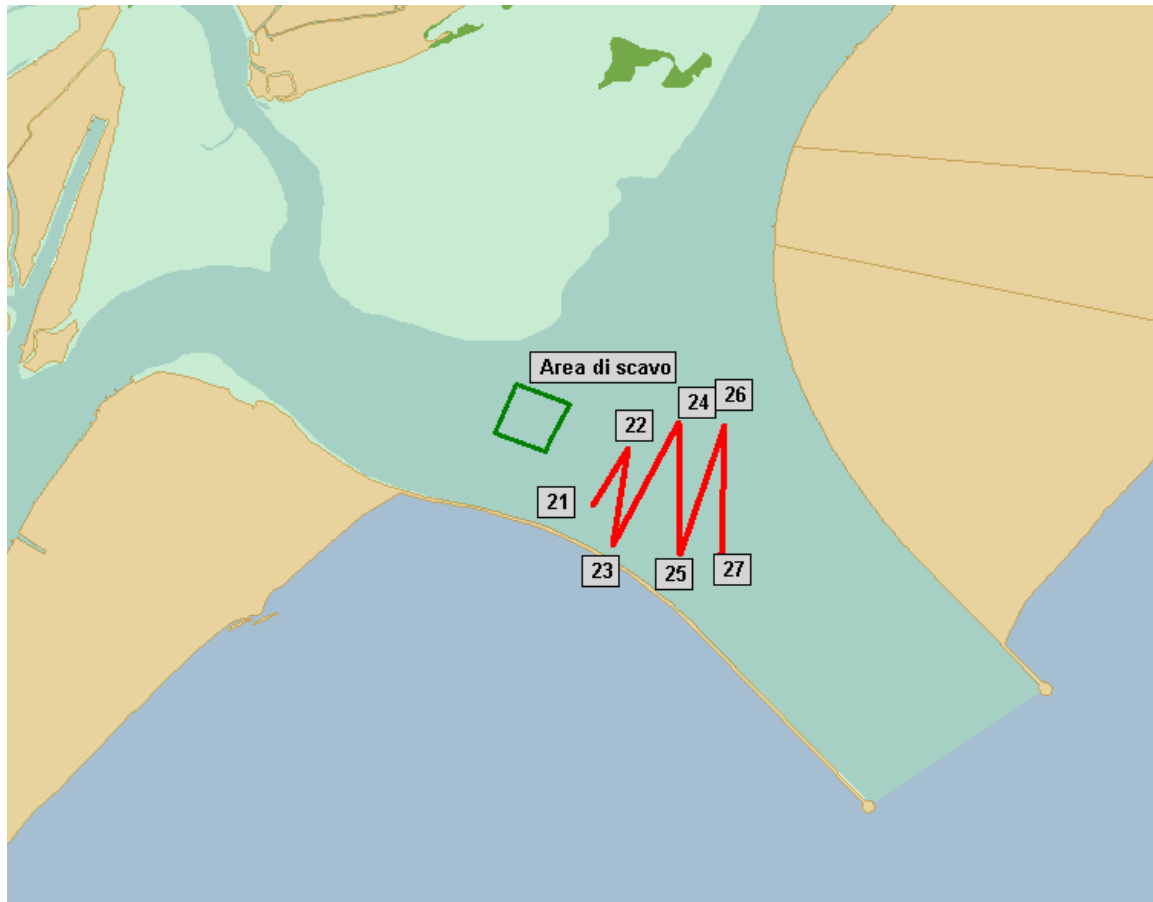


Figura 2.86 Mappa con la traccia del primo percorso a zig-zag (in rosso) a valle dell'area di scavo (quadrato verde).

Data e orario: 26 Ottobre 2005, 7:19 - 7:49 (UT)

Condizioni mareografiche: marea entrante

Orario di scavo della draga Astra: 5:00 - ??????, ecc.

Velocità media della corrente: 0.10 m/s.

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

Tabella 2.13: Velocità, direzione della corrente media, lunghezza dei transetti.

Percorso	Posizioni estreme	Ora inizio	Ora fine	Transetto	Lunghezza transetto [m]	Velocità corrente media (m/s)	Direzione corrente media [°]
lido 4012	da 21 a 27	7:19:17	7:49:44	21-22	300.3	0.14	141
				22-23*	438.4	0.18	147
				23-24	667.0	0.15	129
				24-25	616.8	0.14	129
				25-26	673.4	0.13	119
				26-27	561.9	0.15	128

* transetti non utilizzati nella taratura del modello perché la campana è incompleta

Note:

Per “campana” si intende il grafico che rappresenta l’ andamento della concentrazione media sulla verticale del particellato solido in sospensione in funzione della distanza percorsa dall’imbarcazione dov’è collocata la sonda.

Per ogni percorso è stata individuata una concentrazione di “background” (C_{back}) scelta come la minima delle concentrazioni mediate sulla verticale lungo il percorso.

Il flusso di sedimenti (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.

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

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

2.3.37 *Transetto 21-22 (V Campagna - 26 ottobre 2005- Percorso 4012)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
430 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.14 m/s.

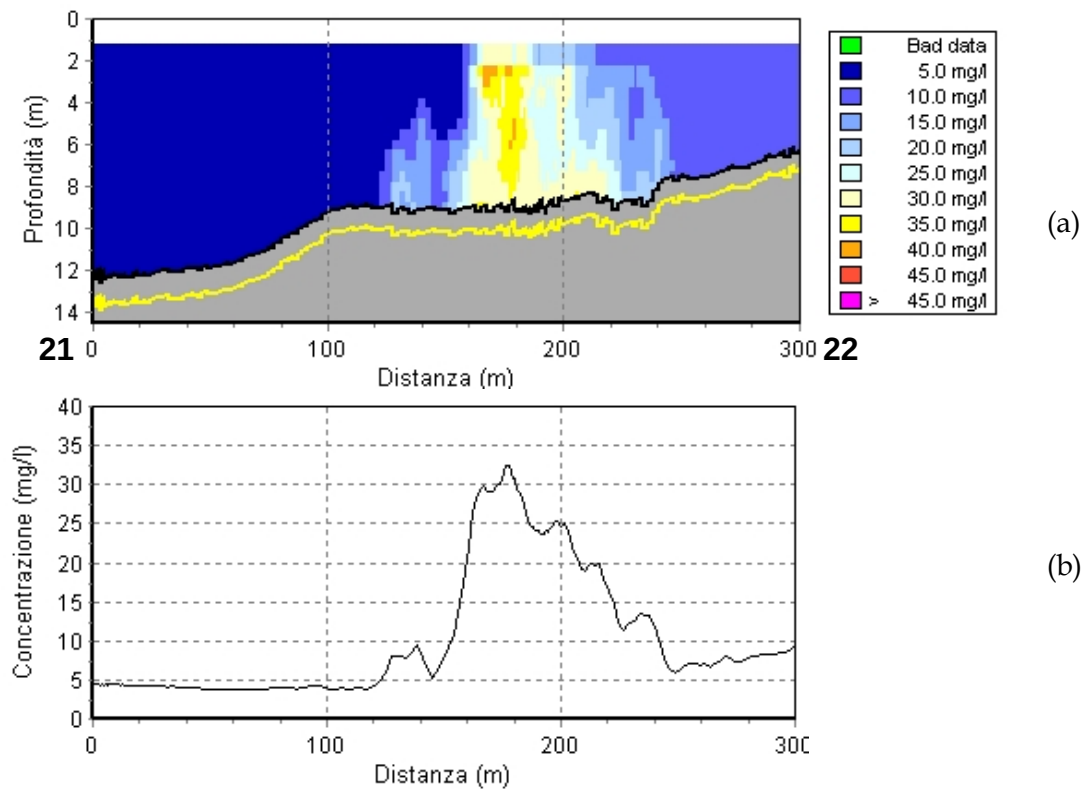


Figura 2.87 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particellato solido in sospensione.

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

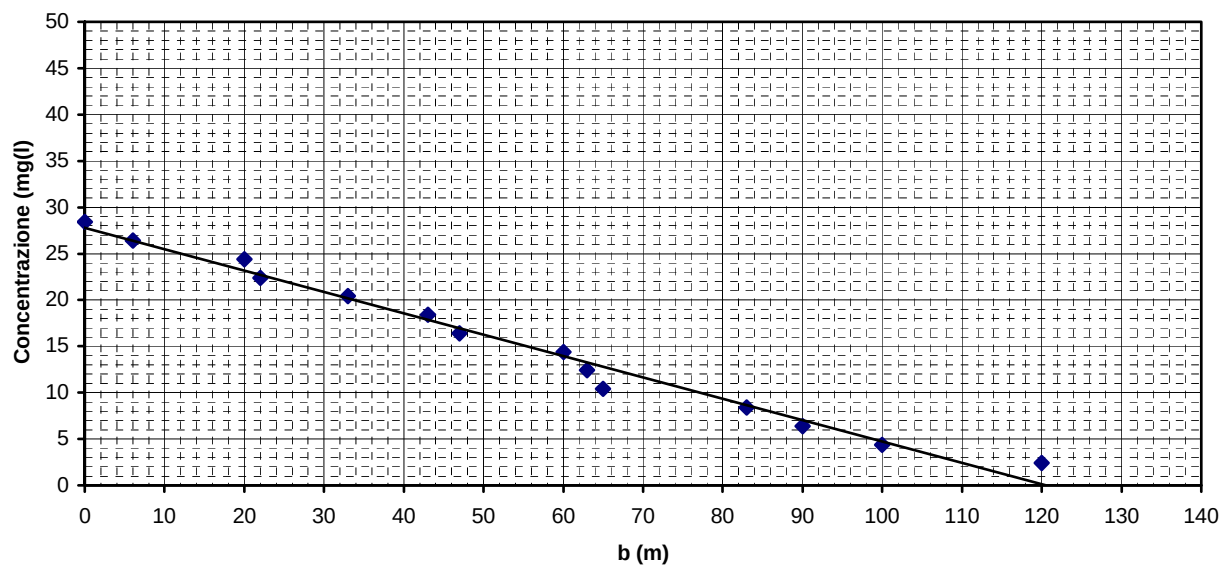


Figura 2.88 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}}=3.6 \text{ mg/l} \qquad b_{\text{max}}=121 \text{ m} \quad C_{\text{max}}=27.78 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background)=1754.9 g/s

2.3.38 *Transetto 23-24 (V Campagna - 26 ottobre 2005- Percorso 4012)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
640 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.15 m/s.

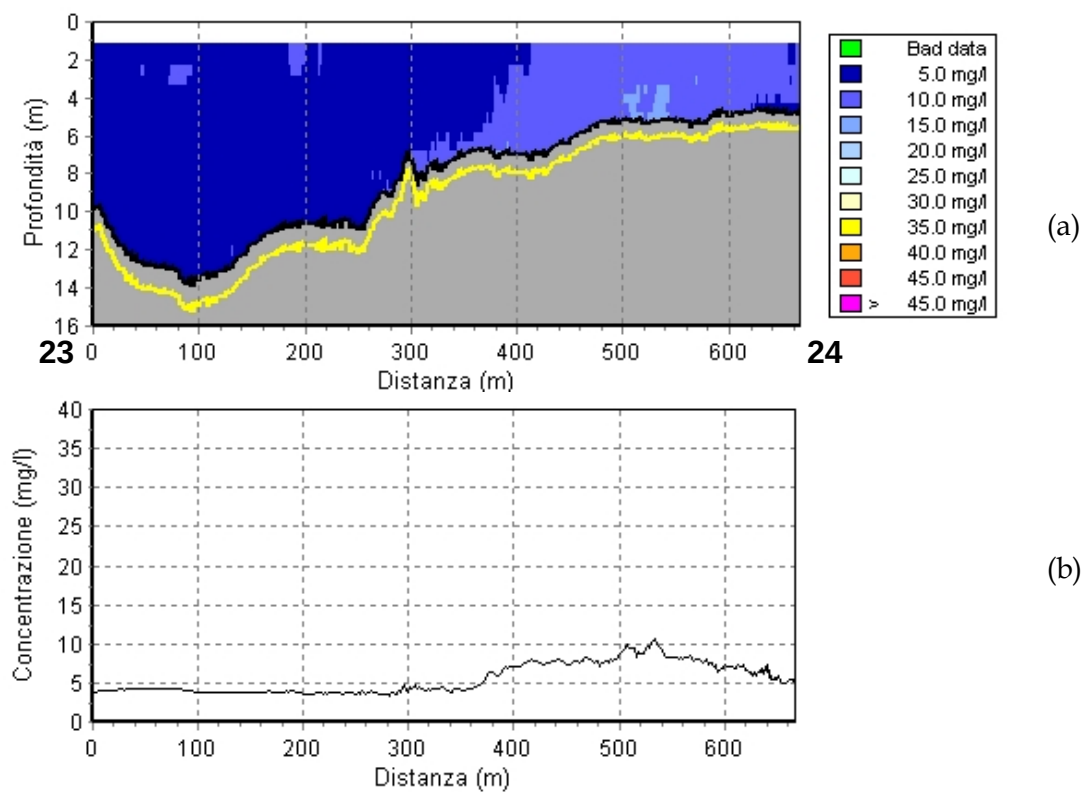


Figura 2.89 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particellato solido in sospensione.

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

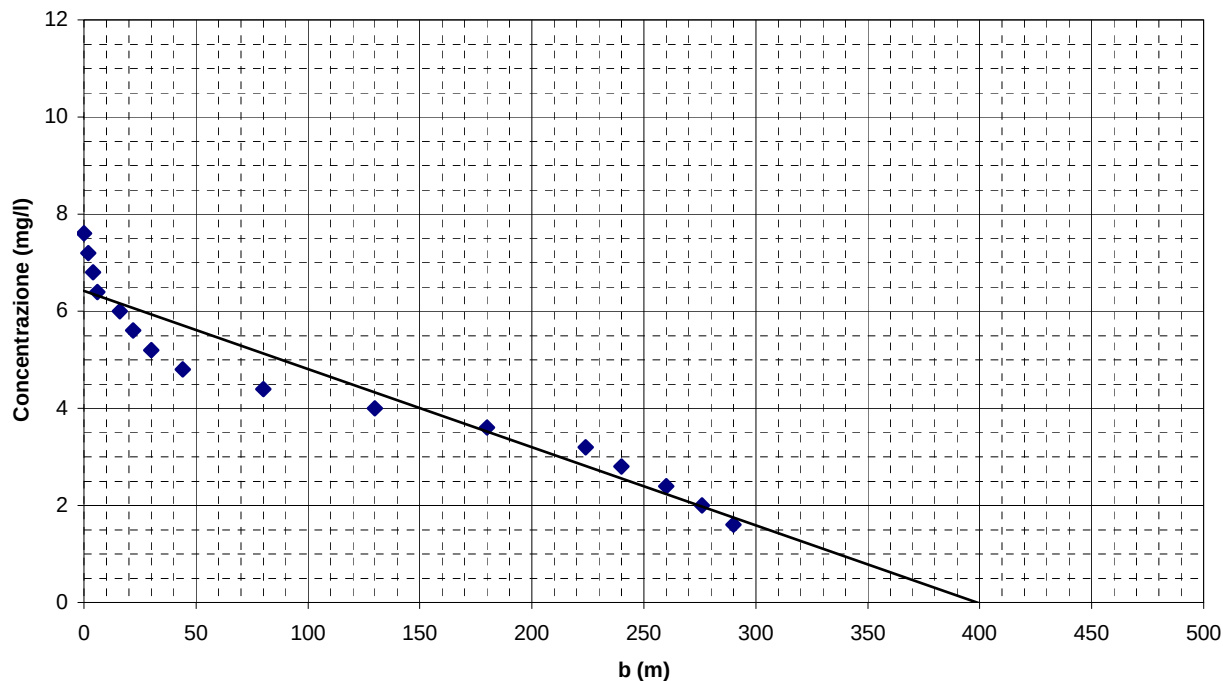


Figura 2.90 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.6 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 398 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 6.41 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 866.26 g/s

2.3.39 *Transetto 24-25 (V Campagna - 26 ottobre 2005- Percorso 4012)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
720 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.14 m/s.

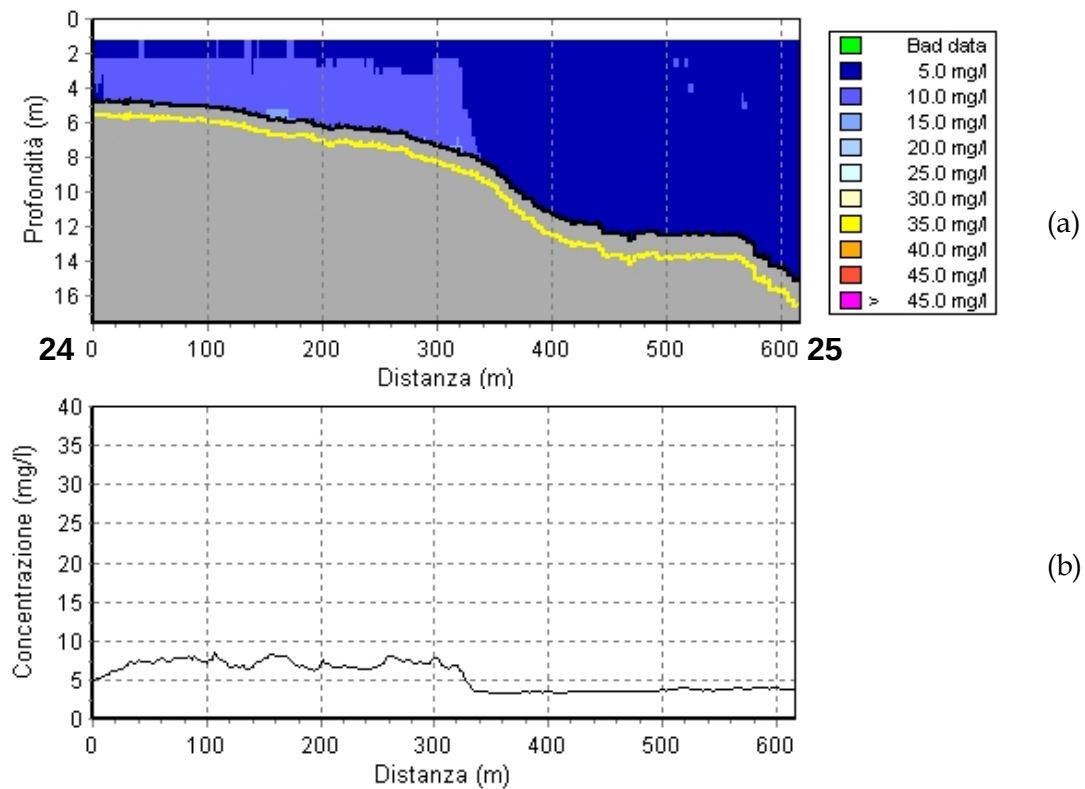


Figura 2.91 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particellato solido in sospensione.

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

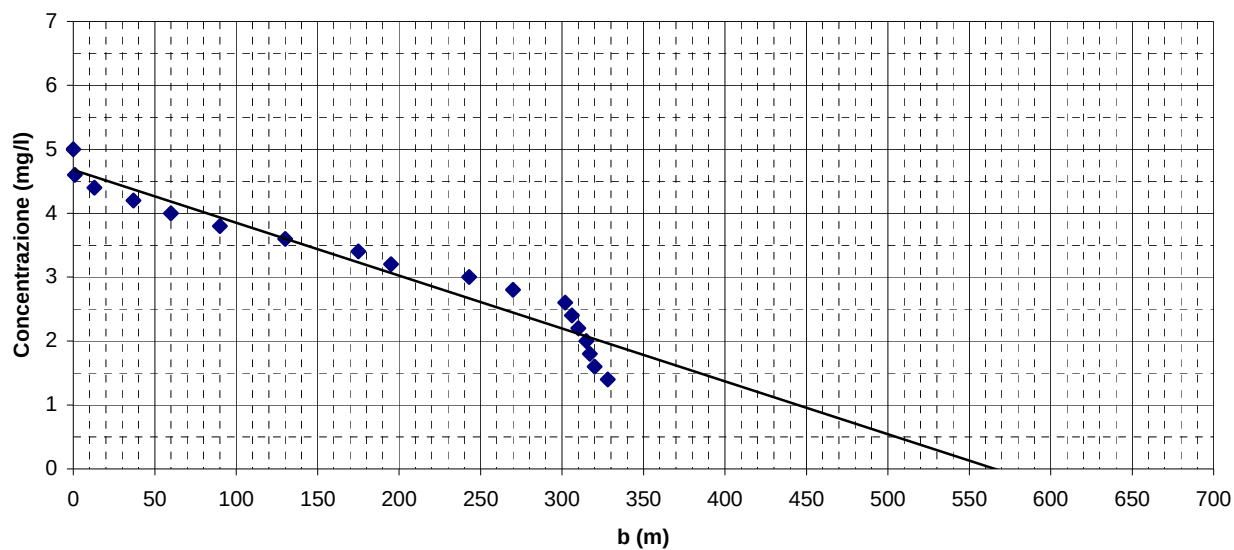


Figura 2.92 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.6 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 564 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 4.68 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 813.48 g/s

2.3.40 *Transetto 25-26 (V Campagna - 26 ottobre 2005- Percorso 4012)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
870 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.13 m/s.

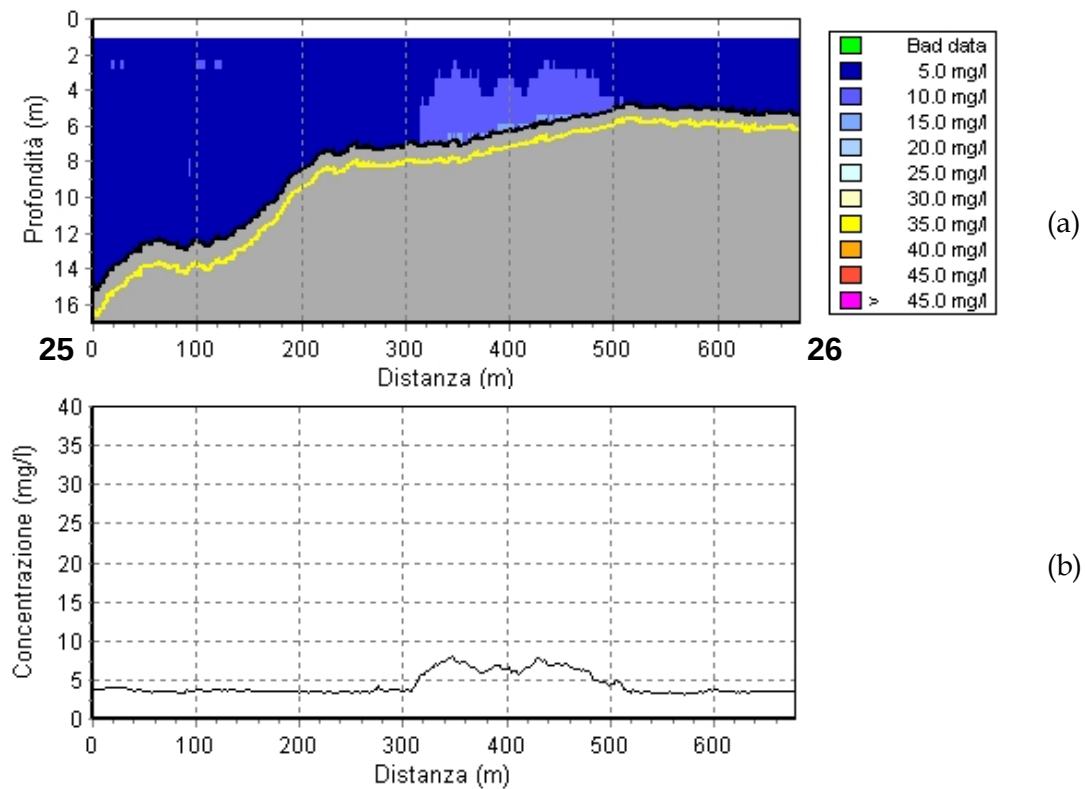


Figura 2.93 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particolato solido in sospensione.

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

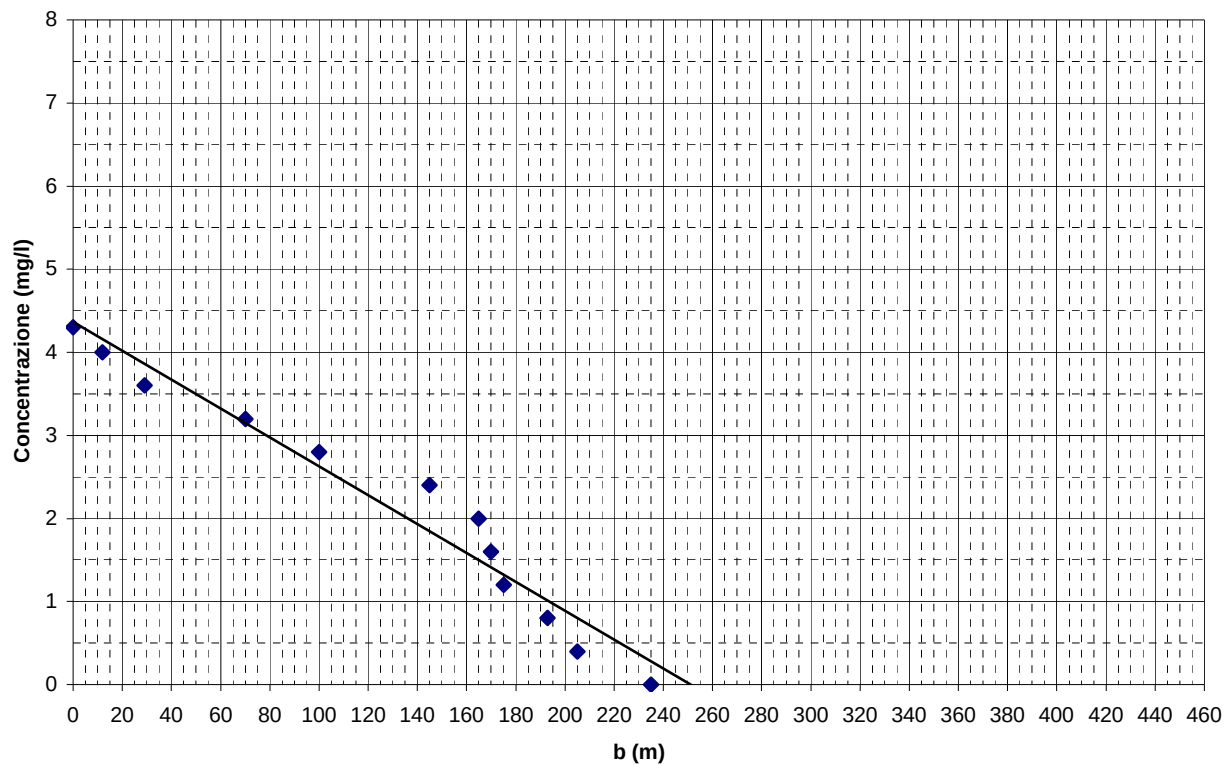


Figura 2.94 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.6 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 251 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 4.36 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 460.52 g/s

2.3.41 *Transetto 26-27 (V Campagna - 26 ottobre 2005- Percorso 4012)*

Distanza approssimativa dal centro della cella di scavo della draga al punto centrale del transetto:
980 m.

Velocità assiale media dell'acqua: 0.15 m/s.

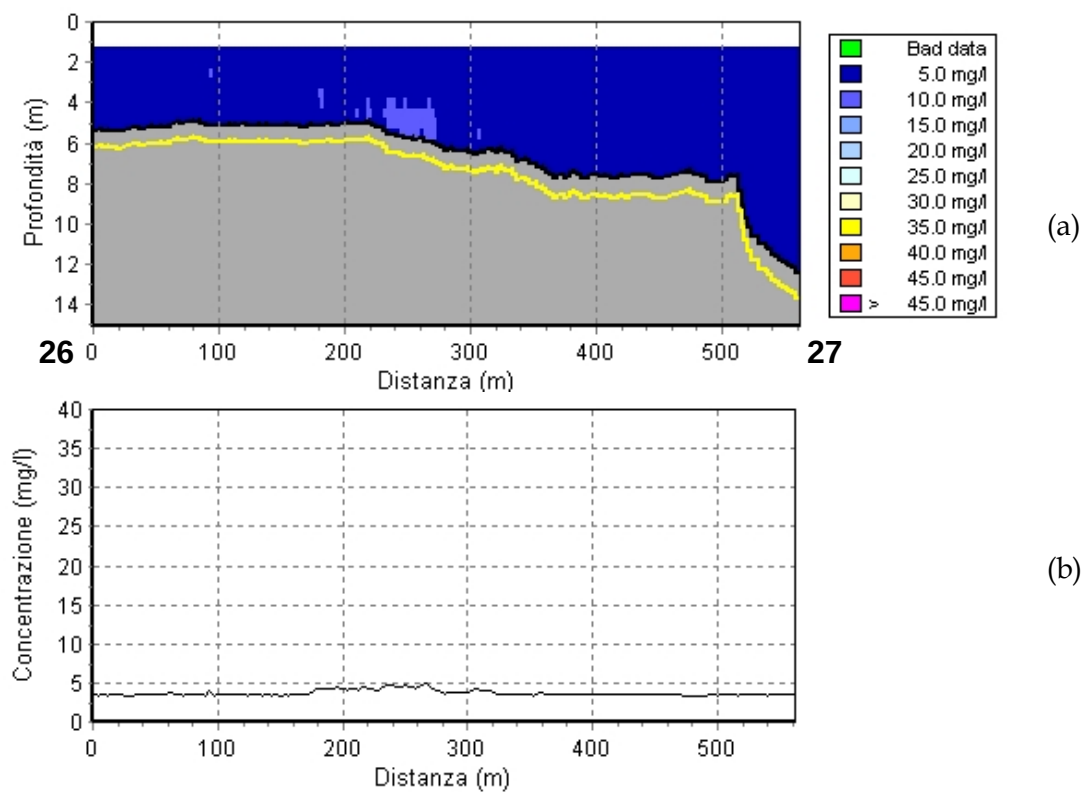


Figura 2.95 Distribuzione della concentrazione (a) ed andamento della concentrazione media sulla verticale (b) del particellato solido in sospensione.

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

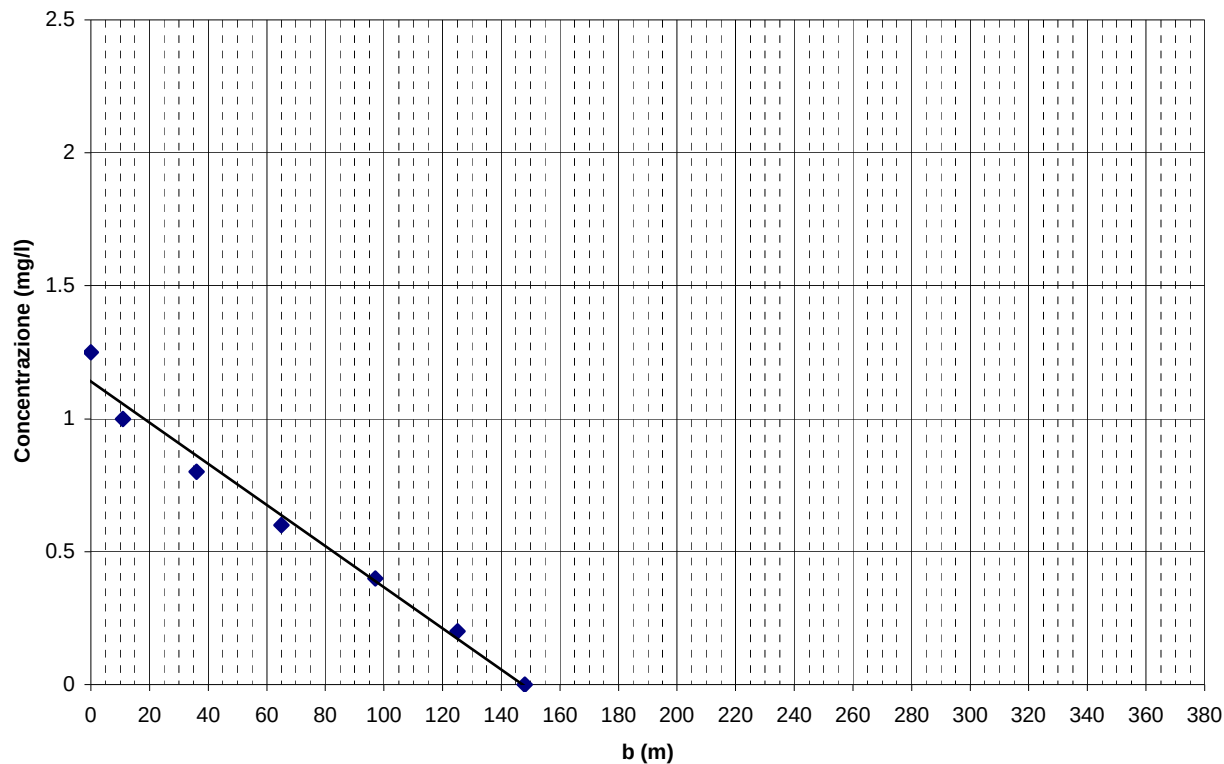


Figura 2.96 Relazione linearizzata tra la concentrazione media sulla verticale C e la larghezza del pennacchio b in cui tale concentrazione è superata. La concentrazione C è depurata del valore di background.

$$C_{\text{back}} = 3.6 \text{ mg/l}$$

$$b_{\text{max}} = 148 \text{ m} \quad C_{\text{max}} = 1.14 \text{ mg/l}$$

Flusso di sedimenti per l'intera larghezza del transetto (rispetto al background) = 72.54 g/s

2.4 Granulometria del materiale dragato e rilasciato

I dati a nostra disposizione per quanto riguarda la granulometria del materiale dragato sono relativi a due prelievi effettuati alla Bocca di Porto di Lido il 18 gennaio 2005 durante le operazioni di scavo effettuate dalla draga Gela (idrorefluente). Dall'analisi del materiale così prelevato risultano le seguenti curve granulometriche.

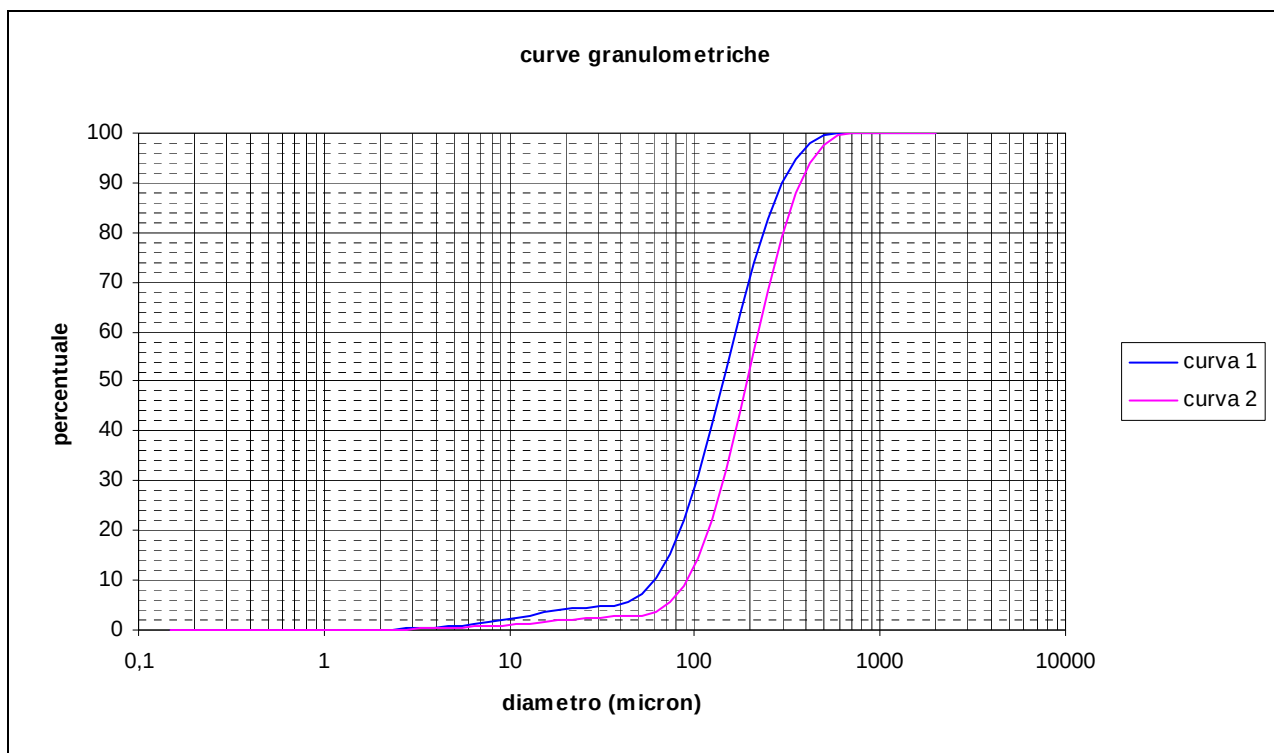


Figura 2.97 Curve granulometriche. Campione 1: Draga Gela ore 9.30 del 18/1/2005, campione raccolto alla bocca del tubo di scarico del materiale dragato nel bacino chiuso di riempimento. Campione 2: Draga Gela ore 9.30 del 18/1/2005; campione raccolto nel punto di caduta del getto del tubo entro il bacino chiuso di riempimento.

Da tali curve deriva la seguente composizione granulometrica del materiale.

Tabella 2.14 Composizione granulometrica del materiale dei due campioni. Campione 1: Draga Gela ore 9.30 del 18/1/2005, campione raccolto alla bocca del tubo di scarico del materiale dragato nel bacino chiuso di riempimento. Campione 2: Draga Gela ore 9.30 del 18/1/2005; campione raccolto nel punto di caduta del getto del tubo entro il bacino chiuso di riempimento.

CURVA 1		CURVA 2	
argilla (<3.9 μm)	1%	argilla (<3.9 μm)	0%
limo (3.9-62.5 μm)	8%	limo (3.9-62.5 μm)	3%
sabbia (>62.5 μm)	91%	sabbia (>62.5 μm)	97%

Abbiamo inoltre a disposizione i risultati degli studi "Indagini per la caratterizzazione dei materiali da dragare e prova di permeabilità alla bocca di Lido (B.6.76)" e "Indagini per la caratterizzazione dei materiali da dragare alla bocca di Lido (B.6.90)" nel quale sono state condotte delle indagini per caratterizzare il materiale nelle aree di dragaggio e nelle aree di versamento.

L'ubicazione delle aree interessate dalle indagini sono riportate nelle figura sottostante dove si riportano anche alcuni percorsi della campagna di misura di Settembre 2005 e le relative posizioni della draga. L' area tratteggiata in azzurro è relativa allo studio B.6.90.

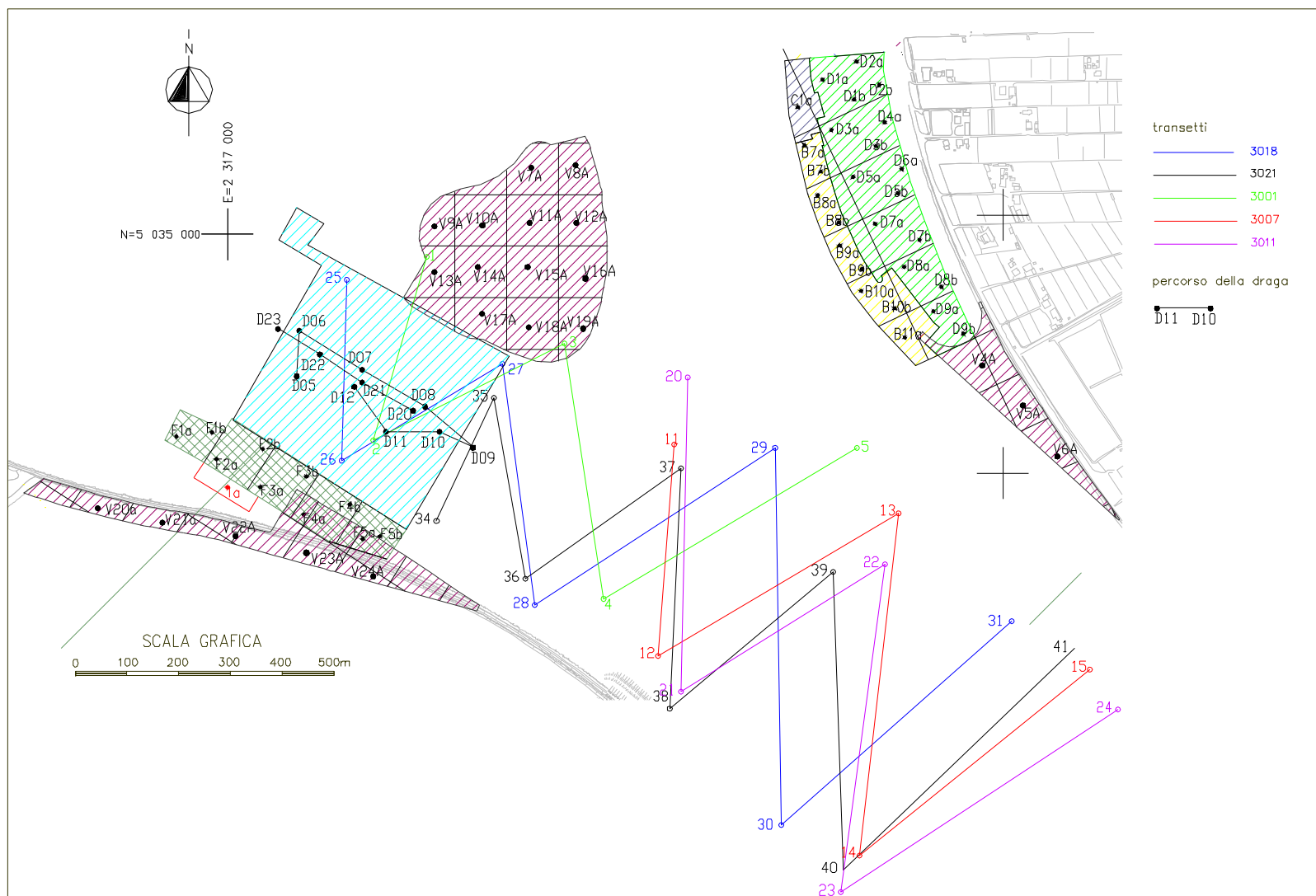


Figura 2.98 Ubicazione delle aree interessate dagli studi B.6.76 e B.6.90 e alcuni percorsi della campagna di misura di Settembre 2005.

Si vede che il percorso della draga rientra nelle aree indagate nello studio “Indagini per la caratterizzazione dei materiali da dragare alla bocca di Lido (B.6.90) “ di cui si riporta in seguito la planimetria.

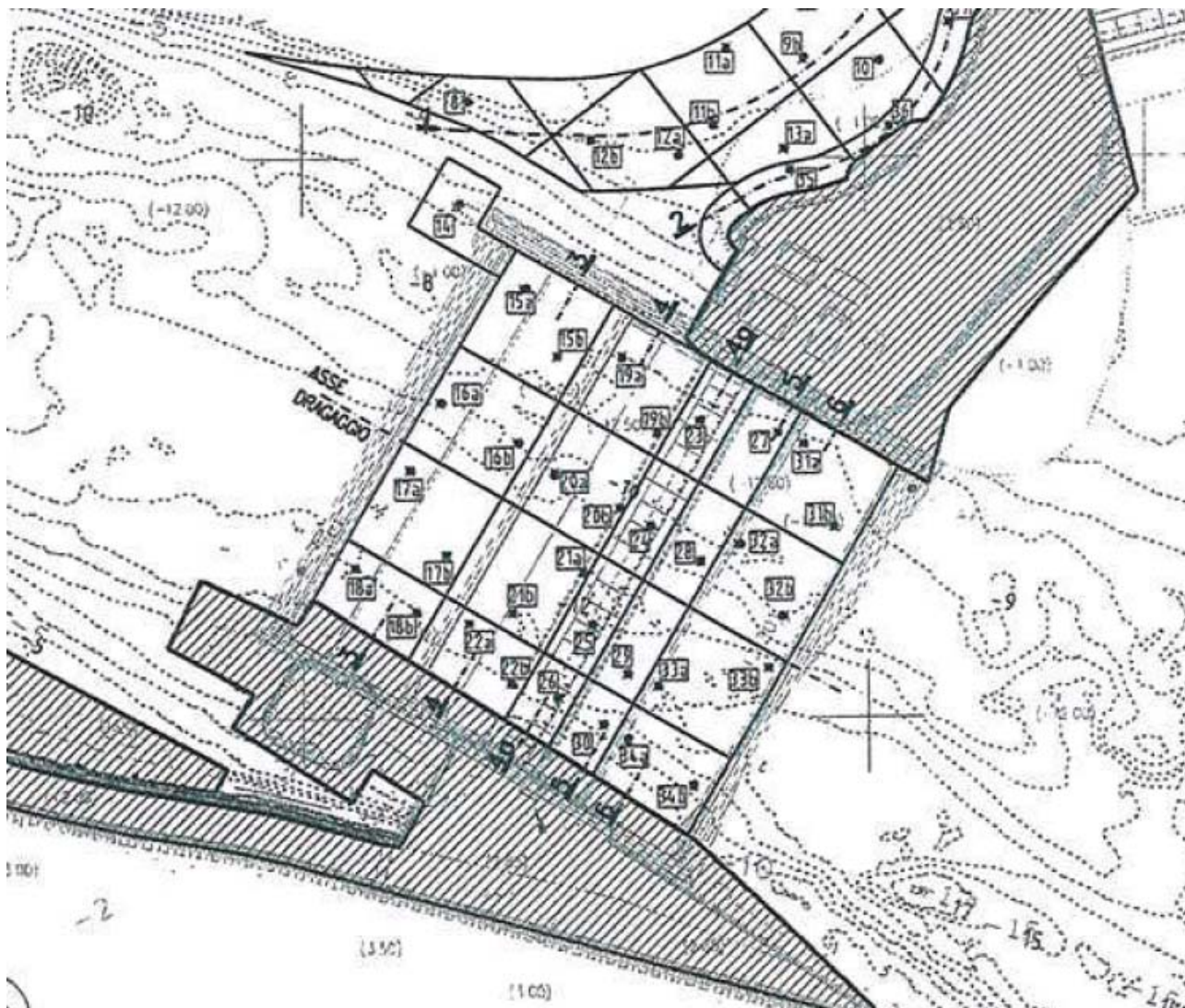


Figura 2.99 Planimetria dello studio B.6.90 con la localizzazione dei punti di prelievo delle carote di sedimento.

Quindi, le granulometrie da considerare saranno quelle relative alle celle che vanno dalla 15 alla 32. Si riportano di seguito le tabelle relative ai risultati delle indagini dove si vede che la percentuale di sabbia è superiore a quella del limo e argilla nella maggioranza dei casi.

Dal confronto tra i dati a nostra disposizione risulta, quindi, che la curve granulometriche relative ai prelievi del 18/1/05 concordano sostanzialmente con i dati relativi al materiale di fondo, sebbene in alcuni casi questi ultimi indichino composizioni leggermente più fini.

Tabella 2.15 Tabelle relative ai risultati delle indagini dello studio B.6.90 delle celle dalla 15 alla 32.

GEOTECNICA VENETA

COMMITTENTE: Imp. Ing. E.Mantovani S.p.A.			CANTIERE: Bocca di Lido (VE)							
PRATICA n°:		P/078/04	n° doc.: 078/04-Tab-I				rev. 0 del 21/04/05			
Sond. n°	Camp. n°	Profondità: m	Classificazione Granulometrica (AGI 1977)	SCALA WENTWORTH				Gs	W _n %	
				Ghiaia (%) > 2 mm	Sabbia (%) 62,5µm-2mm	Limo (%) 3,9-62,5µm	Argilla (%) < 3,9 µm			
14	E	5,40 - 5,50	Limo sabbioso debolmente argilloso grigio verde.		11	77	12	2,84	28,0	
15a-b	A	0,30 - 0,40	Sabbia media e fine nocciola con frequente tritume conchigliare.		96			2,80	23,9	
15a-b	B	1,00 - 1,10	Sabbia fine e media grigia con tritume conchigliare.		97			2,84	25,2	
15a-b	C	2,00 - 2,10	Sabbia fine con limo debolmente argilloso grigia nocciola con abbondante tritume conchigliare.		52	37	11	2,92	26,1	
15b	D	4,20 - 4,30	Sabbia fine con limo debolmente argilloso grigia nocciola.		57	35	8	2,87	27,0	
16a-b	A	0,30 - 0,40	Sabbia fine e media limosa nera con abbondante tritume conchigliare.		81	12	7	2,83	21,7	
16a-b	B	1,00 - 1,10	Sabbia medio fine limosa grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		86	12	2	2,80	21,7	
16a-b	C	2,00 - 2,10	Sabbia medio fine con limo debolmente argilloso grigia con abbondante tritume conchigliare.		57	33	10	2,81	23,3	
16a-b	D	3,50 - 3,60	Sabbia medio fine debolmente limosa grigia.		92			2,84	23,1	
17a-b	A	0,30 - 0,40	Sabbia medio fine limosa grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		74	20	6	2,77	21,0	
17a-b	B	1,00 - 1,10	Sabbia medio fine con limo grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		61	31	8	2,69	26,0	
17a-b	C	2,00 - 2,10	Sabbia medio fine limosa grigia con abbondante tritume conchigliare.		75	18	7	2,77	23,7	
18a-b	A	0,40 - 0,50	Sabbia medio fine limosa grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		82	13	3	2,79	23,5	
18a-b	B	1,00 - 1,10	Sabbia medio fine limosa grigia con abbondante tritume conchigliare.		74	19	7	2,84	21,7	
18a-b	C	2,00 - 2,10	Sabbia medio fine limosa grigia con tritume conchigliare.		85	12	3	2,67	24,9	
19a-b	A	0,30 - 0,40	Sabbia medio fine debolmente limosa grigia con abbondante tritume conchigliare.		93			2,88	23,4	
19a-b	B	1,00 - 1,10	Sabbia medio fine debolmente limosa grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		91	6	3	2,93	23,3	

GEOTECNICA VENETA

COMMITTENTE:		Imp. Ing. E.Mantovani S.p.A.		CANTIERE: Bocca di Lido (VE)							
PRATICA n°:		P/078/04		n° doc.: 078/04-Tab-1		SCALA WENTWORTH				rev. 0 del	21/04/05
Sord. n°	Camp. r°	Profondità: m	Classificazione Granulometrica (AOI 1977)	Ghiaia (%) > 2 mm	Sabbia (%) 62,5µm-2mm	Limo (%) 3,9-62,5µm	Argilla (%) < 3,9 µm	Gs	W _u %		
19a-b	C	2,00 - 2,10	Sabbia fine con limo grigia nocciola con abbondante tritume conchigliare.		71	24	5	2,85	25,3		
19a-b	D	3,60 - 3,70	Limo sabbioso debolmente argilloso grigio verde.		20	65	15	2,91	30,6		
20a	A	0,40 - 0,50	Sabbia fine e media limosa grigia scura nerastra con tritume conchigliare.		81	14	5	2,75	24,3		
20a-b	B-A	1,00 - 1,10	Sabbia medio fine con limo argillosa grigia con tritume conchigliare.		55	30	15	2,70	25,5		
20a-b	C-B	2,00 - 2,10	Sabbia medio fine con limo argillosa grigia con tracce di tritume conchigliare.		52	31	17	2,82	29,2		
20a-b	D-C	3,65 - 3,90	Sabbia medio fine limosa grigia.		68	22	10	2,75	22,1		
21a-b	A	0,40 - 0,50	Sabbia medio fine limosa debolmente argillosa grigia con tritume conchigliare.		78	13	9	2,80	22,0		
21a-b	B	1,00 - 1,10	Limo con sabbia debolmente argillosa grigio chiaro.		35	52	13	2,78	29,6		
21a-b	C	2,40 - 2,50	Limo con argilla grigio.		4	45	51	2,78	27,0		
22a-b	A	0,40 - 0,50	Sabbia medio fine limosa grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		88	10	2	2,82	22,7		
22a-b	B	1,00 - 1,10	Sabbia media debolmente limosa grigia con abbondante tritume conchigliare.		91	7	2	2,80	22,4		
22a-b	C	1,50 - 1,60	Limo con sabbia media argilloso grigio con scarso tritume conchigliare.		41	32	27	2,78	27,6		
22a-b	D	2,95 - 3,05	Limo argilloso e sabbioso grigio chiaro.		14	55	31	2,85	28,5		
23	A	0,30 - 0,40	Sabbia medio fine debolmente limosa grigia scura con tritume conchigliare.		95			2,84	24,0		
23	B	1,00 - 1,10	Sabbia fine e media debolmente limosa grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		85	8	3	2,80	22,6		
23	C	2,00 - 2,10	Limo argilloso e sabbioso grigio chiaro con scarso tritume conchigliare.		18	63	22	2,78	24,6		
23	D	14,80 - 14,90	Sabbia medio fine limosa grigia.		78	17	5	2,80	21,2		

Pag. 4 di 8

GEOTECNICA VENETA

COMMITTENTE:		Imp. Ing. E.Mantovani S.p.A.		CANTIERE: Bocca di Lido (VE)					
PRATICA n°:		P/078/04		n° doc.: 078/04-Tab-1				rev. 0 del 21/04/05	
Sond. n°	Camp. n°	Profondità: m	Classificazione Granulometrica (AGI 1977)	SCALA WENTWORTH				Gs	W _n %
				Ghiaia (%) > 2 mm	Sabbia (%) 62,5µm-2mm	Limo (%) 3,3-62,5µm	Argilla (%) < 3,9 µm		
24	A	0,40 - 0,50	Sabbia medio fine grigia scura con tritume conchigliare.		97			2,78	22,3
24	B	1,00 - 1,10	Sabbia fine con limo debolmente argillosa grigia.		66	23	11	2,81	30,8
24	C	2,00 - 2,10	Limo sabbioso e argilloso grigio.		18	63	19	2,83	29,7
24	D	14,00 - 14,10	Sabbia fine con limo grigio.		32	38	10	2,78	23,9
25	A	0,40 - 0,50	Sabbia medio fine grigia scura limosa con abbondante tritume conchigliare.		81	13	6	2,78	21,0
25	B	1,05 - 1,15	Limo con sabbia fine debolmente argillosa grigio.		37	45	18	2,74	28,4
25	C	2,00 - 2,10	Limo con sabbia fine grigio.		44	50	6	2,80	27,0
25	D	11,90 - 12,00	Limo con sabbia fine grigio.		45	52	3	2,77	30,4
26	A	0,40 - 0,50	Sabbia media e fine grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		93			2,78	23,1
26	B	1,00 - 1,10	Sabbia fine e media grigia.		96			2,74	28,2
26	C	2,00 - 2,10	Limo con argilla grigio.			51	49	2,77	28,7
26	D	12,90 - 13,00	Sabbia fine con limo debolmente argillosa grigia.		55	31	14	2,73	16,7
27	A	0,30 - 0,40	Sabbia medio fine debolmente limosa grigia con abbondante tritume conchigliare.		91			2,87	22,9
27	B	1,00 - 1,10	Sabbia medio fine limosa grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		87	11	2	2,90	20,1
27	C	2,00 - 2,10	Sabbia medio fine debolmente limosa grigia.		90			2,86	23,3
27	D	4,60 - 4,70	Sabbia medio fine debolmente limosa grigia scura.		95			2,88	15,1
28	A	0,30 - 0,40	Sabbia medio fine limosa grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		79	19	2	2,82	26,8

Pag. 5 di 8

GEO"TECNICA VENETA

COMMITTENTE:		Imp. Ing. E.Mantovani S.p.A.		CANTIERE: Bocca di Lido (VE)					
PRATICA n°:		P/078/04		n° doc.: 078/04-Tab-1				rev. 0 del	21/04/05
Sond. n°	Camp. n°	Profondità: m	Classificazione Granulometrica (AGI 1977)	SCALA WENTWORTH				Gs	W _n %
				Obiata (%) > 2 mm	Sabbia (%) 62,5µm-2mm	Limo (%) 3,9-62,5µm	Argilla (%) < 3,9 µm		
28	B	1,00 - 1,10	Limo con sabbia fine debolmente argilloso grigio con tritume conchigliare.		46	43	11	2,80	31,7
28	C	2,00 - 2,10	Limo con argilla sabbioso grigio nocciola con frequenti punti di sostanze vegetali.		10	32	58	2,70	48,8
28	D	3,85 - 3,95	Limo con sabbia fine argilloso grigio chiaro con raro tritume conchigliare.		25	42	33	2,80	32,2
29	A	0,30 - 0,40	Sabbia fine e media limosa grigia scura con abbondante tritume conchigliare.		81	13	6	2,78	22,4
29	B	1,00 - 1,10	Sabbia medio fine con limo debolmente argilloso grigio scuro con tritume conchigliare.	6	44	36	14	2,75	43,1
29	C	2,00 - 2,10	Limo con sabbia fine grigia.		42	49	9	2,77	27,6
30	A	0,30 - 0,40	Sabbia fine e media limosa nera con abbondante tritume conchigliare.		78	15	7	2,73	19,9
30	B	1,00 - 1,10	Sabbia fine con limo argillosa grigia con raro tritume conchigliare.		53	26	21	2,76	28,1
30	C	2,00 - 2,10	Sabbia medio fine limosa grigia con abbondante tritume conchigliare.		76	17	7	2,73	20,0
30	D	2,90 - 3,05	Sabbia medio fine limosa nera con abbondante tritume conchigliare.		84	11	5	2,79	19,4
31a-b	A	0,30 - 0,40	Sabbia medio fine debolmente limosa grigia con tritume conchigliare.		93			2,87	26,6
31a-b	B	1,00 - 1,10	Sabbia medio fine debolmente limosa grigia nocciola.	2	91			2,80	25,9
31a-b	C	2,00 - 2,10	Limo sabbioso debolmente argilloso grigio.		23	60	17	2,90	28,1
31a-b	D	3,20 - 3,30	Limo con sabbia medio fine argilloso grigio verde.		35	48	17	2,79	25,2
31b	E	3,80 - 4,00	Argilla con limo grigio verde con punti di sostanze organiche vegetali.		2	26	72	2,76	37,0
32a-b	A	0,30 - 0,40	Sabbia medio fine con limo grigia con tritume conchigliare.		71	21	8	2,86	24,3
32a-b	B	1,00 - 1,10	Limo con sabbia fine argilloso grigio con tracce di tritume conchigliare.		39	39	22	2,84	31,8

Pag. 6 di 8

Per la valutazione delle granulometrie del fondo saranno anche disponibili i dati provenienti dalle due campagne eseguite ad ottobre 2006 (bocca di Lido e Chioggia) in assenza della draga. Nel corso di queste campagne sono state eseguite anche analisi granulometriche del particolato solido in sospensione a diverse profondità.

2.5 Analisi empirica del decadimento del plume

Tra tutti i percorsi fatti in presenza di draga, sono stati selezionati 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 di seguito 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 2.16 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 transetto è stato calcolato il valore $C_{\text{max}} - C_{\text{background}}$ e riportato nella tabella successiva. Questi valori sono riportati anche in un unico grafico in funzione della distanza dall'area di scavo X (Fig. 2.100).

Si ricorda che nel corso del primo anno di monitoraggio è stato identificato il valore di soglia per la produzione di torbida, posto pari ad una concentrazione media su tutta la colonna d'acqua di 30 mg/l sulla frontiera della zona ad impatto totale (Torbidità-Misure Speditive.pdf).

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

Tabella 2.17 Per ogni transetto si riporta la distanza del suo punto medio dal baricentro dell'area di scavo (X, in metri), la concentrazione massima e concentrazione di background (mg/l), la differenza tra le due concentrazioni (mg/l). In rosso sono evidenziati i valori che superano il valore di soglia ($C_{\max}-C_{\text{back}} > 30$ mg/l).

Campagna	Percorso	Transetto X	C _{max}	C _{back}	C _{max} -C _{back}	note	
16/06/200	percorso 2	1	441	168.25	3	165.25	
		2	485	120.74	3	117.74	
		3	589	31.84	3	28.84	
		4	644	36.18	3	33.18	
		5	789	26.39	3	23.39	
		6	834	24.54	3	21.54	
		7	983	20.03	3	17.03	
		8	1000	21.07	3	18.07	
		9	1120	21.02	3	18.02	
		10	1200	20.69	3	17.69	
		11	1460	15.01	3	12.01	
13/09/2005	3001	01-02	120	16.84	1.8	15.04	picchi laterali non considerati picchi laterali non considerati
		02-03	300	9.54	1.8	7.74	
		03-04	550	7.2	1.8	5.4	
		04-05	860	6.2	1.8	4.4	
	3002	06-07	330	7.2	1.9	5.3	picchi laterali non considerati campana non definita picchi laterali non considerati campana non definita campana non definita
		07-08	550	6.33	1.9	4.43	
		08-09	830	5.2	1.9	3.3	
		09-10	1230	11.96	1.9	10.06	
		10-80	1540	7.05	1.9	5.15	
	3007	11-12	770	4.65	2.4	2.25	campana interrotta
		12-13	1030	4.23	2.4	1.83	
		13-14	1260	5.44	2.4	3.04	
		14-15	1500	6	2.4	3.6	
	3009	16-17	480	10.5	2.26	8.24	campana non definita campana non definita
		17-18	270	7.94	2.26	5.68	
		18-19	110	7.03	2.26	4.77	
	3011	20-21	810	7.35	2	5.35	forma a picco
21-22		1050	8.01	2	6.01		
22-23		1270	5.02	2	3.02		
23-24		1560	4.2	2	2.2		
14/09/2005	3018	25-26	105	35.44	2.8	32.64	picchi laterali non considerati
		26-27	215	24.21	2.8	21.41	
		27-28	290	12.71	2.8	9.91	
		28-29	505	8.38	2.8	5.58	
		29-30	705	7.5	2.8	4.7	
		30-31	1180	7.77	2.8	4.97	
	3021	34-35	220	67.43	3.5	63.93	
		35-36	390	37.82	3.5	34.32	
		36-37	660	18.53	3.5	15.03	
		37-38	920	11.04	3.5	7.54	

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

		38-39	1010	10.13	3.5	6.63	
		39-40	1220	8.18	3.5	4.68	
		40-41	1500	7.57	3.5	4.07	
		41-80	1670	6.87	3.5	3.37	
		80-fn	2200	7.17	3.5	3.67	
		fn-fs	2390	6	3.5	2.5	picchi laterali non considerati campana non definita
15/09/2005	3029	42-43	270	31.29	4.2	27.09	
		43-44	440	14.82	4.2	10.62	
		44-45	565	11.17	4.2	6.97	campana non definita
		45-46	550	11.8	4.2	7.6	campana non definita
	4001	01-02	600	25.09	3	22.09	
		02-03	720	24.44	3	21.44	
		03-04	850	15.03	3	12.03	
		04-05	1000	10.01	3	7.01	
		05-06	1200	4.3	3	1.3	campana non definita
25/10/2005		07-08	570	55.24	3.5	51.74	forma a picco
		08-09	680	15.7	3.5	12.2	
		09-10	770	18.16	3.5	14.66	
		10-11	880	14.63	3.5	11.13	
		11-12	970	11.03	3.5	7.53	
		12-13	1090	9.08	3.5	5.58	picchi laterali non considerati
		13-14	1170	9.14	3.5	5.64	picchi laterali non considerati
		14-15	1260	8.2	3.5	4.7	picchi laterali non considerati
	4005	80-82	1800	6.4	3.4	3	
	4006	82-80	1800	7.3	3.18	4.12	campana non definita
26/10/2005	4012	21-22	430	32.17	3.6	28.57	
		22-23	500	13.04	3.6	9.44	
		23-24	640	11.17	3.6	7.57	
		24-25	720	8.55	3.6	4.95	
		25-26	870	7.88	3.6	4.28	
		26-27	980	4.85	3.6	1.25	
	5004	05-06	190	69.84	14	55.84	
		06-07	290	57.32	14	43.32	saltato il 3° transetto per bolle
		08-09	520	43	14	29	
28/11/2005	5006	80-82	1800	28	10	18	picchi laterali non considerati
		10-11	135	37.91	9	28.91	saltato il 3° transetto per bolle
		11-12	285	27.7	9	18.7	
	5008	13-14	570	21.68	9	12.68	campana non definita
		14-15	650	23.11	9	14.11	campana non definita
	5010	16-17	0	26.74	9.55	17.19	campana non definita
29/11/2005	5012	19-20	445	72.76	17	55.76	saltato il 1° transetto per scia
		20-21	570	48.67	17	31.67	campana non definita
		21-22	770	38	17	21	picchi laterali non considerati
	5013	23-24	170	66.8	20	46.8	
		24-25	170	73.68	20	53.68	
		25-26	170	67.34	20	47.34	

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

		26-27	170	68.46	20	48.46	
		29-30	260	44.69	16	28.69	saltato il 1° transetto per bolle
		30-31	460	37.19	16	21.19	
		31-32	670	37.35	16	21.35	
		32-33	825	37.49	16	21.49	
		33-34	1020	33.81	16	17.81	
	5017	80-82	1800	39.04	18.3	20.74	campana non definita
	5018	35-36	120	124.62	20	104.62	
		36-37	225	52.64	20	32.64	
		37-38	325	31.74	20	11.74	
		38-39	455	30.94	20	10.94	
	5020	40-41	430	141.47	20	121.47	
		41-42	430	177.19	20	157.19	
		42-43	430	89.48	20	69.48	
30/11/2005	5026	44-45	370	172.19	32	140.19	
		45-46	570	93.69	32	61.69	
		46-47	810	86.3	32	54.3	
		47-48	1020	99.98	32	67.98	
		48-49	1305	105.86	32	73.86	
	5027	50-51	210	101.6	39.37	62.23	
	5030	52-53	220	118.96	27	91.96	saltato il 6° transetto per bolle
		53-54	310	102.52	27	75.52	
		54-55	400	102.52	27	75.52	
		55-56	520	70.16	27	43.16	
		56-57	640	72.73	27	45.73	
		58-59	980	83.43	27	56.43	
		59-60	1210	70.38	27	43.38	
	5032	61-62	475	123.9	23	100.9	
		62-63	540	79.94	23	56.94	
		63-64	635	49.92	23	26.92	
		64-65	765	44.34	23	21.34	
1/12/2005	5036	66-67	550	73.96	25	48.96	
		67-68	550	77.87	25	52.87	
		68-69	550	115.88	25	90.88	
		69-70	550	97.84	25	72.84	
		70-71	550	49.35	25	24.35	
		72-73	565	68.91	18	50.91	
	5038	73-74	720	58	18	40	
		74-75	1020	34.01	18	16.01	
	5039	76-77	280	64.26	14	50.26	
		77-78	375	45.06	14	31.06	
		78-79	460	39.6	14	25.6	
		79-80a	555	36.09	14	22.09	
		80a-81	665	36.95	14	22.95	
		81-82a	780	33.64	14	19.64	
15/12/2005	1 unico percorso	sp1_sp2	450	127.12	19	108.12	picchi laterali non considerati
		sp2_sp3	680	60	19	41	

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

		sp3_sp4	900	73.39	19	54.39	
		sp4_sp5	1220	57.89	19	38.89	
		sp5_sp6	1440	44	19	25	picchi laterali non considerati
		sp6_82	1660	56.7	19	37.7	campana non definita
16/05/2006	1 unico percorso	1-2	269	22.9	3	19.9	
		2-3	561	12.3	3	9.3	
		3-4	952	10.32	3	7.32	
		4-5	1400	9.15	3	6.15	
		5-ls	1609	6.8	3	3.8	
13/06/2006	6014	01-02	185	66.9	9.8	57.1	
	6015	03-04	25	94.64	8	86.64	
		04-05	160	83.66	8	75.66	
		05-06	260	66.67	8	58.67	campana non definita
	6017	07-08	55	99.04	8	91.04	
		08-09	185	75.65	8	67.65	
		09-10	385	39.78	8	31.78	
	6018	11-12	170	101.87	8.2	93.67	
		12-13	245	86.42	8.2	78.22	
		13-14	425	54.39	8.2	46.19	
		14-15	620	40.97	8.2	32.77	
		15-16	1000	46.08	8.2	37.88	
		16-17	1315	24	8.2	15.8	picchi laterali non considerati
14/06/2006	6032	18-19	100	100.73	23	77.73	
		19-20	250	64.18	23	41.18	
		20-21	450	57.67	23	34.67	campana non definita
		21-22	540	40.45	23	17.45	campana non definita
		22-23	800	32.34	23	9.34	campana non definita
	6034	24-25	100	104.44	24	80.44	
		25-26	180	94.58	24	70.58	
		26-27	290	77.45	24	53.45	
		27-28	460	70.36	24	46.36	
		28-29	600	51.1	24	27.1	

	X	C _{max}	C _{back}	C _{max} -C _{back}
Valori massimi:	2390	177.19	39.37	165.25

Percorsi totali: 166

Percorsi con C_{max}-C_{back}>30: 67

Spiegazioni note:

- campana non definita: l'andamento della Concentrazione media sulla verticale non è regolare e non è possibile individuare la tipica forma "a campana".
 - campana interrotta: il massimo della concentrazione si ha ad uno degli estremi del transetto.
 - picchi laterali non considerati: la concentrazione massima è stata scelta in corrispondenza all'apice della campana trascurando eventuali picchi laterali anche se la Concentrazione era superiore.
- Alcuni transetti non sono stati considerati per presenza di bolle o scie di imbarcazioni.

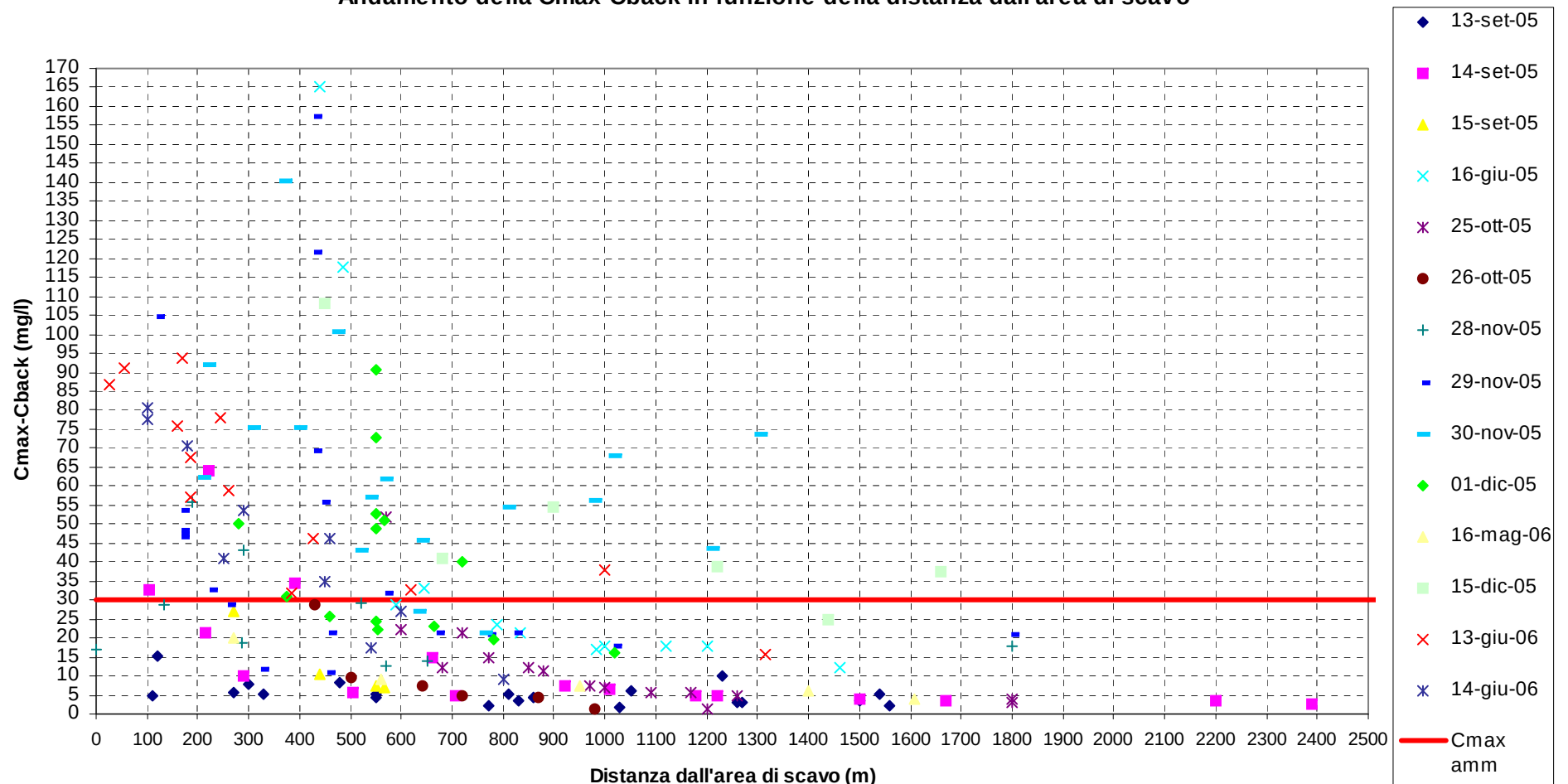
Andamento della $C_{\max}$ - C_{back} in funzione della distanza dall'area di scavo

Figura 2.100 Andamento della $C_{\max}$ - $C_{\text{background}}$ 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 soglia di 30 mg/l.

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

I percorsi sono stati anche suddivisi in funzione della velocità di corrente presente in ciascun transetto. Le classi di velocità 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 2.18 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 differenza tra le due concentrazioni massima e di background (mg/l). In rosso sono evidenziati i valori che superano il valore di soglia ($C_{\max} - C_{\text{back}} > 30 \text{ mg/l}$). Per ogni classe di velocità è riportato il numero di transetti che supera il limite.

Classe di velocità	Campagna	Percorso	Transetto	X	Velocità	$C_{\max} - C_{\text{back}}$	Num. > 30 mg/l
$v_1 = 0 - 0.2 \text{ m/s}$	13/09/2005	3011	21-22	1050	0.13	6.01	3
	13/09/2005	3011	22-23	1270	0.13	3.02	
	28/11/2005	5008	10-11	135	0.13	28.91	
	25/10/2005	4012	25-26	870	0.13	4.28	
	13/09/2005	3011	23-24	1560	0.14	2.2	
	26/10/2005	4012	24-25	720	0.14	4.95	
	26/10/2005	4012	21-22	430	0.14	28.57	
	13/09/2005	3009	18-19	110	0.15	4.77	
	25/10/2005	4001	01-02	600	0.15	22.09	
	25/10/2005	4001	05-06	1200	0.15	1.3	
	13/06/2006	6014	01-02	185	0.15	57.1	
	26/10/2005	4012	23-24	640	0.15	7.57	
	26/10/2005	4012	26-27	980	0.15	1.25	
	13/09/2005	3009	17-18	270	0.16	5.68	
	25/10/2005	4001	02-03	720	0.16	21.44	
	25/10/2005	4001	03-04	850	0.16	12.03	
	25/10/2005	4001	04-05	1000	0.16	7.01	
	28/11/2005	5008	11-12	285	0.16	18.7	
	13/09/2005	3011	20-21	810	0.17	5.35	
	13/06/2006	6015	05-06	260	0.17	58.67	
	26/10/2005	4012	22-23	500	0.18	9.44	
	13/09/2005	3001	01-02	120	0.18	15.04	
	13/09/2005	3001	02-03	300	0.18	7.74	
	13/09/2005	3009	16-17	480	0.18	8.24	
	25/10/2005	4003	07-08	570	0.18	51.74	
	25/10/2005	4003	08-09	680	0.18	12.2	
	25/10/2005	4003	09-10	770	0.18	14.66	
	28/11/2005	5004	08-09	520	0.18	29	
	13/09/2005	3001	04-05	860	0.19	4.4	
	15/09/2005	3029	43-44	440	0.19	10.62	

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

Classe di velocità	Campagna	Percorso	Transetto	X	Velocità	C _{max} -C _{back}	Num. > 30 mg/l
	25/10/2005	4003	10-11	880	0.19	11.13	
	25/10/2005	4003	11-12	970	0.19	7.53	
	28/11/2005	5006	80-82	1800	0.19	18	
	28/11/2005	5008	13-14	570	0.19	12.68	
	15/09/2005	3029	44-45	565	0.2	6.97	
v ₂ = 0.2 - 0.4 m/s	13/09/2005	3001	03-04	550	0.21	5.4	
	15/09/2005	3029	45-46	550	0.21	7.6	
	25/10/2005	4003	12-13	1090	0.21	5.58	
	28/11/2005	5008	14-15	650	0.21	14.11	
	13/06/2006	6015	03-04	25	0.21	86.64	
	15/09/2005	3029	42-43	270	0.22	27.09	
	25/10/2005	4003	13-14	1170	0.22	5.64	
	25/10/2005	4003	14-15	1260	0.23	4.7	
	25/10/2005	4005	80-82	1800	0.23	3	
	25/10/2005	4006	82-80	1800	0.23	4.12	
	13/06/2006	6015	04-05	160	0.24	75.66	
	13/06/2006	6017	09-10	385	0.24	31.78	
	13/09/2005	3002	07-08	550	0.25	4.43	
	13/06/2006	6017	07-08	55	0.26	91.04	
	13/06/2006	6017	08-09	185	0.26	67.65	
	16/06/2005	percorso 2	2	485	0.27	117.74	
	13/09/2005	3002	06-07	330	0.27	5.3	
	13/09/2005	3007	14-15	1500	0.27	3.6	
	29/11/2005	5020	42-43	430	0.28	69.48	
	16/06/2005	percorso 2	1	441	0.29	165.25	
	16/06/2005	percorso 2	4	644	0.29	33.18	
	13/09/2005	3002	08-09	830	0.29	3.3	18
	28/11/2005	5004	06-07	290	0.29	43.32	
	16/06/2005	percorso 2	5	789	0.3	23.39	
	13/09/2005	3002	09-10	1230	0.3	10.06	
	13/09/2005	3002	10-80	1540	0.3	5.15	
	13/09/2005	3007	11-12	770	0.3	2.25	
	13/09/2005	3007	12-13	1030	0.3	1.83	
	13/09/2005	3007	13-14	1260	0.3	3.04	
	16/05/2006	1 unico percorso	4-5	1400	0.3	6.15	
	13/06/2006	6018	11-12	170	0.3	93.67	
	28/11/2005	5010	16-17	0	0.31	17.19	
	16/06/2005	percorso 2	3	589	0.31	28.84	
	13/06/2006	6018	12-13	245	0.31	78.22	
	28/11/2005	5004	05-06	190	0.32	55.84	
	16/05/2006	1 unico percorso	5-1s	1609	0.32	3.8	
	13/06/2006	6018	14-15	620	0.32	32.77	
	13/06/2006	6018	13-14	425	0.33	46.19	
	16/06/2005	percorso 2	6	834	0.34	21.54	
	16/05/2006	1 unico percorso	3-4	952	0.34	7.32	
	13/06/2006	6018	16-17	1315	0.34	15.8	
	16/05/2006	1 unico percorso	2-3	561	0.38	9.3	
	29/11/2005	5020	41-42	430	0.39	157.19	

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

Classe di velocità	Campagna	Percorso	Transetto	X	Velocità	C _{max} -C _{back}	Num. > 30 mg/l
	16/05/2006	1 unico percorso	1-2	269	0.39	19.9	
	13/06/2006	6018	15-16	1000	0.39	37.88	
	14/06/2006	6032	21-22	540	0.39	17.45	
	14/06/2006	6032	20-21	450	0.4	34.67	
	14/06/2006	6032	22-23	800	0.4	9.34	
v ₃ = 0.4 - 0.6 m/s	16/06/2005	percorso 2	7	983	0.41	17.03	19
	14/09/2005	3018	25-26	105	0.43	32.64	
	14/09/2005	3021	fn-fs	2390	0.43	2.5	
	29/11/2005	5020	40-41	430	0.43	121.47	
	14/09/2005	3021	80-fn	2200	0.44	3.67	
	16/06/2005	percorso 2	8	1000	0.45	18.07	
	14/06/2006	6032	18-19	100	0.45	77.73	
	30/11/2005	5032	61-62	475	0.457	100.9	
	14/09/2005	3018	26-27	215	0.47	21.41	
	15/12/2005	1 unico percorso	sp1_sp2	450	0.47	108.12	
	15/12/2005	1 unico percorso	sp2_sp3	680	0.47	41	
	30/11/2005	5032	62-63	540	0.473	56.94	
	16/06/2005	percorso 2	11	1460	0.48	12.01	
	14/09/2005	3021	41-80	1670	0.48	3.37	
	29/11/2005	5018	35-36	120	0.48	104.62	
	1/12/2005	5039	80a-81	665	0.48	22.95	
	1/12/2005	5039	81-82a	780	0.48	19.64	
	14/06/2006	6032	19-20	250	0.49	41.18	
	16/06/2005	percorso 2	9	1120	0.5	18.02	
	1/12/2005	5039	79-80a	555	0.5	22.09	
	15/12/2005	1 unico percorso	sp4_sp5	1220	0.5	38.89	
	16/06/2005	percorso 2	10	1200	0.51	17.69	
	14/09/2005	3018	28-29	505	0.51	5.58	
	14/09/2005	3018	30-31	1180	0.52	4.97	
	14/09/2005	3021	40-41	1500	0.52	4.07	
	14/09/2005	3018	29-30	705	0.53	4.7	
	29/11/2005	5018	36-37	225	0.53	32.64	
	15/12/2005	1 unico percorso	sp3_sp4	900	0.53	54.39	
	14/09/2005	3021	36-37	660	0.54	15.03	
	1/12/2005	5039	78-79	460	0.54	25.6	
	30/11/2005	5032	63-64	635	0.547	26.92	
	14/09/2005	3018	27-28	290	0.55	9.91	
	29/11/2005	5018	38-39	455	0.55	10.94	
	30/11/2005	5030	56-57	640	0.55	45.73	
	1/12/2005	5036	67-68	550	0.55	52.87	
	1/12/2005	5039	77-78	375	0.56	31.06	
	14/09/2005	3021	37-38	920	0.57	7.54	
	14/09/2005	3021	38-39	1010	0.58	6.63	
	29/11/2005	5017	80-82	1800	0.58	20.74	
	30/11/2005	5030	55-56	520	0.58	43.16	
	1/12/2005	5038	74-75	1020	0.58	16.01	
	14/09/2005	3021	35-36	390	0.59	34.32	
	29/11/2005	5018	37-38	325	0.59	11.74	

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

Classe di velocità	Campagna	Percorso	Transetto	X	Velocità	C _{max} -C _{back}	Num. > 30 mg/l
	1/12/2005	5039	76-77	280	0.59	50.26	
	1/12/2005	5038	73-74	720	0.6	40	
	15/12/2005	1 unico percorso	sp5_sp6	1440	0.6	25	
v ₄ = 0.6 - 0.8 m/s	14/09/2005	3021	34-35	220	0.61	63.93	9
	14/09/2005	3021	39-40	1220	0.61	4.68	
	30/11/2005	5030	52-53	220	0.62	91.96	
	15/12/2005	1 unico percorso	sp6_82	1660	0.62	37.7	
	1/12/2005	5038	72-73	565	0.63	50.91	
	29/11/2005	5015	32-33	825	0.67	21.49	
	29/11/2005	5015	31-32	670	0.68	21.35	
	1/12/2005	5036	66-67	550	0.69	48.96	
	30/11/2005	5030	53-54	310	0.72	75.52	
	30/11/2005	5032	64-65	765	0.72	21.34	
	29/11/2005	5015	33-34	1020	0.73	17.81	
	1/12/2005	5036	68-69	550	0.73	90.88	
	1/12/2005	5036	70-71	550	0.74	24.35	
	30/11/2005	5030	54-55	400	0.77	75.52	
	29/11/2005	5012	21-22	770	0.79	21	
	29/11/2005	5013	26-27	170	0.8	48.46	
v ₅ = 0.8 - 1.0 m/s	29/11/2005	5013	25-26	170	0.82	47.34	11
	1/12/2005	5036	69-70	550	0.82	72.84	
	29/11/2005	5015	29-30	260	0.84	28.69	
	29/11/2005	5015	30-31	460	0.84	21.19	
	29/11/2005	5012	19-20	445	0.85	55.76	
	29/11/2005	5012	20-21	570	0.85	31.67	
	30/11/2005	5026	44-45	370	0.86	140.19	
	30/11/2005	5027	50-51	210	0.86	62.23	
	29/11/2005	5013	23-24	170	0.87	46.8	
	29/11/2005	5013	24-25	170	0.87	53.68	
	30/11/2005	5030	58-59	980	0.93	56.43	
	30/11/2005	5030	59-60	1210	0.97	43.38	
	30/11/2005	5026	45-46	570	0.99	61.69	
v ₆ = 1.0 - 2.29 m/s	30/11/2005	5026	46-47	810	1.04	54.3	7
	30/11/2005	5026	47-48	1020	1.12	67.98	
	30/11/2005	5026	48-49	1305	1.15	73.86	
	14/06/2006	6034	26-27	290	1.56	53.45	
	14/06/2006	6034	27-28	460	1.59	46.36	
	14/06/2006	6034	25-26	180	1.65	70.58	
	14/06/2006	6034	28-29	600	1.72	27.1	
	14/06/2006	6034	24-25	100	2.29	80.44	

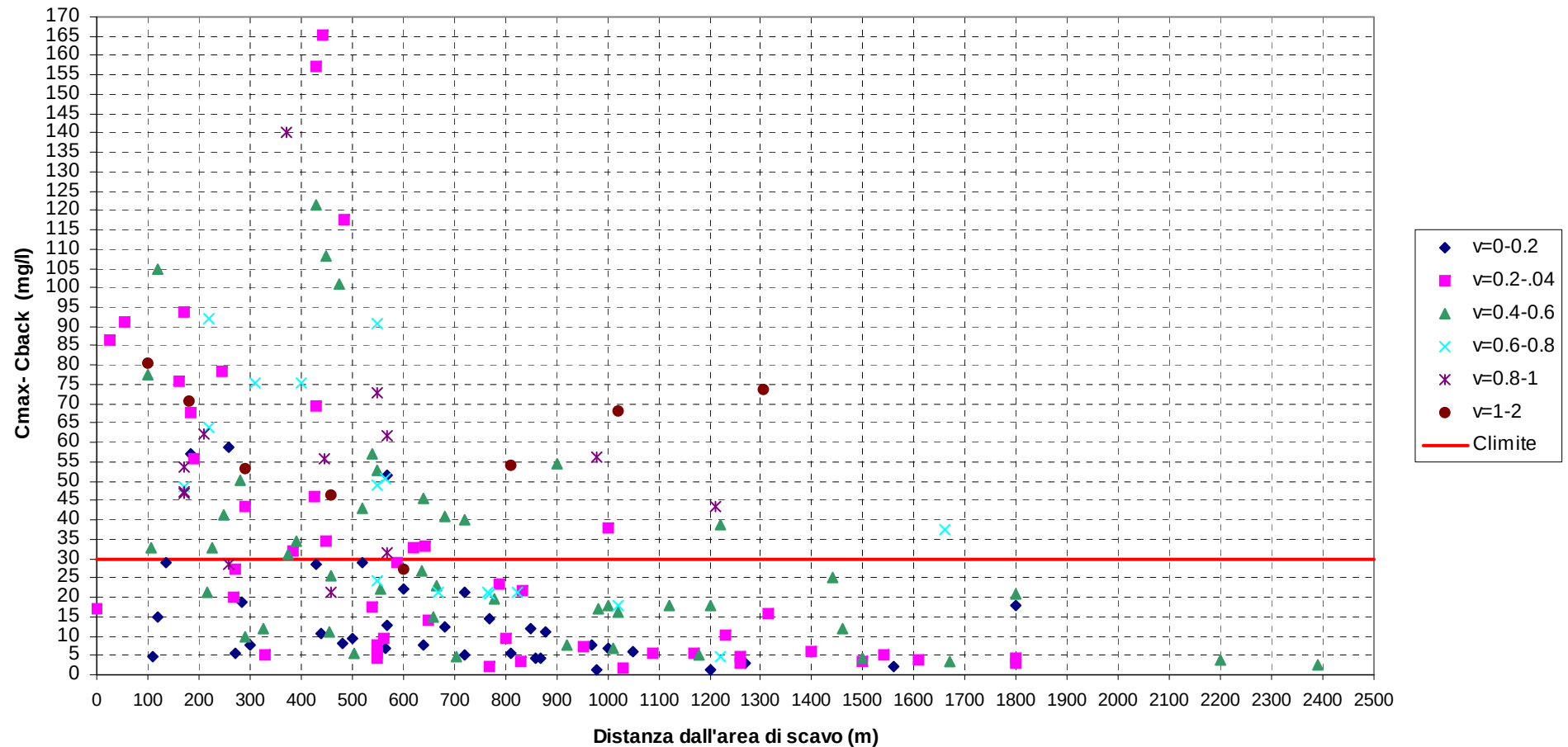
Andamento della $C_{\max}$ - C_{back} in funzione della distanza dall'area di scavo per classi di velocità

Figura 2.101 Andamento della $C_{\max}$ - $C_{\text{background}}$ in funzione della distanza dall'area di scavo, per classi di velocità. Ogni giornata è individuabile da un colore e da un simbolo diverso. La linea rossa è il valore soglia di 30 mg/l

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

Osservando i grafici (Fig. 2.100 e 2.101) ed i dati di origine (Tab. 2.17 e 2.18) ne deriva che su 166 transetti considerati 67 hanno una $C_{\max}-C_{\text{back}} > 30 \text{ mg/l}$ (riportati nella tabella seguente), pari al 40% del totale.

Tabella 2.19 Percorsi nei quali è stato superato il limite ($C_{\max}-C_{\text{back}} > 30 \text{ mg/l}$) e numero di transetti che superano tale valore.

Campagna	Percorso	Num. > 30 mg/l
16/06/2005	percorso 2	3 transetti su 11
14/09/2005	3018	1 transetto su 6
	3021	2 transetti su 10
25/10/2005	4003	1 transetto su 8
28/11/2005	5004	2 transetti su 3
29/11/2005	5012	2 transetti su 3
	5013	4 transetti su 4
	5018	2 transetti su 4
	5020	3 transetti su 3
30/11/2005	5026	5 transetti su 5
	5027	1 transetto su 1
	5030	7 transetti su 7
	5032	2 transetti su 4
1/12/2005	5036	4 transetti su 5
	5038	2 transetti su 3
	5039	2 transetti su 6
15/12/2005	1 unico percorso	5 transetti su 6
13/06/2006	6014	1 transetto su 1
	6015	3 transetti su 3
	6017	3 transetti su 3
	6018	5 transetti su 6
14/06/2006	6032	3 transetti su 5
	6034	4 transetti su 5

Le distanze del punto medio di un transetto dal baricentro dell'area di scavo (X) sono state suddivise in 4 classi (in metri):

$X < 600$

$600 < X \leq 1000$

$1000 < X \leq 1300$

$X > 1300$

Ogni classe è stata, quindi, suddivisa nelle 6 classi di velocità considerate in precedenza. I valori così raggruppati sono riportati nella tabella seguente.

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

Tabella 2.20 Valori suddivisi per classe di distanza e classe di velocità, numero di transetti totale appartenenti a ciascuna classe e numero di transetti che hanno una concentrazione maggiore di quella limite

Distanza X (m)	X< 600			600<X≤1000			1000<X≤1300			X>1300			TOTALI	
Velocità corrente (m/s)	tot	c>c _{lim}	%	tot	c>c _{lim}	%	tot	c>c _{lim}	%	tot	c>c _{lim}	%	tot	c>c _{limite}
v ₁ =0-0.2	17	3	17	13	0	0	3	0	0	2	0	0	35	3
v ₂ =0.2-0.4	25	15	60	10	3	30	6	0	0	7	0	0	48	18
v ₃ =0.4-0.6	21	14	66	12	4	33	6	1	17	7	0	0	46	19
v ₄ =0.6-0.8	9	8	89	4	0	0	2	0	0	1	1	100	16	9
v ₅ =0.8-1.0	11	9	82	1	1	100	1	1	100	0	0	0	13	11
v ₆ =1.0- 2.3	5	4	80	1	1	100	1	1	100	1	1	100	8	7
TOTALI	88	53	60	41	9	22	19	3	16	18	2	11	166	67

La tabella mette in evidenza che per distanze di scavo inferiori a 1000 m la concentrazione limite viene superata anche per basse velocità sebbene con frequenza maggiore per velocità superiori a 0.8 m/s. Per distanze superiori a 1000 m, invece, la concentrazione limite viene superata praticamente solo per velocità superiori a 0.6 m/s.

La dipendenza della concentrazione dalla distanza e dalla velocità della corrente è complicata dalla presenza di altri fattori (che possono essere tenuti in conto dal modello matematico) quali la quantità di materiale istantaneamente rilasciato, la durata del rilascio e la granulometria del materiale dragato.

Le forti velocità delle correnti di marea e soprattutto la presenza di moto ondoso in laguna e/o in mare possono influenzare, anche sostanzialmente, il valore della concentrazione di background.

3 MODELLO SEMPLIFICATO PER LA VALUTAZIONE DEL PENNACCHIO DI TORBIDITA'

3.1 Descrizione del modello

Il modello ora esposto si propone esaminare la struttura del pennacchio di torbidità prodotto dalle attività di dragaggio presso le bocche di porto della laguna di Venezia.

- ✱ Prima di procedere con la descrizione dettagliata, è bene elencare le ipotesi che stanno alla base della formulazione del modello e che ci permettono di semplificarlo:
- ✱ Profondità dell'acqua costante
- ✱ Velocità dell'acqua uniforme e stazionaria
- ✱ L'attività di scavo deve immettere nella colonna d'acqua della zona di dragaggio una quantità di sabbia costante nel tempo .

- * La zona di dragaggio deve avere dimensioni limitate e conosciute
- * Fenomeno di ri-sospensione da parte delle correnti e delle onde trascurabile rispetto alla concentrazione prodotta dal dragaggio.

Di seguito viene riportato un elenco di tutti i parametri che entrano in gioco nella descrizione del modello:

1. Parametri relativi all'attività di dragaggio, che dovrebbero essere preliminarmente conosciuti
 - * Quantità di sedimenti immessi nella colonna d'acqua, g_0 (kg/s)
 - * Estensione della zona di dragaggio equivalente, circolare di raggio R_0 (m)
 - * Durata dell'attività di scavo prima della misurazione strumentale sul campo, t_f (s)
 - * Granulometria delle particelle immesse e relativa velocità caratteristica di sedimentazione w_s (m/s)
2. Parametri approssimati perché non uniformi.
 - * Velocità dell'acqua U (m/s)
 - * Profondità dell'acqua h (m)
3. Parametri che regolano il processo di dispersione e deposizione:
 - * K_r è il coefficiente di dispersione laterale (dipende chiaramente dalla scala di turbolenza e potrebbe crescere con la distanza e con la velocità dell'acqua). Si esprime in m^2/s .

$\gamma = \frac{w_s}{h} + \frac{6K_r}{R_0^2}$, il coefficiente che esprime il decadimento nel tempo della concentrazione di solidi sospesi nell'acqua, espresso in s^{-1} . Come si nota, questo coefficiente di decadimento riunisce due componenti che influiscono sul decadimento della concentrazione: una è la componente di sedimentazione dovuta al peso delle particelle (w_s/h), mentre l'altra caratterizza la dispersione dei sedimenti e quindi l'allargamento della nuvola, processo regolato dal coefficiente K_r e dalla estensione R_0 .

3.1.1 Immissione istantanea di sedimenti

Consideriamo una nuvola circolare di materiale in sospensione immesso in acqua ferma e studiamone l'evoluzione, nel rispetto delle ipotesi fatte.

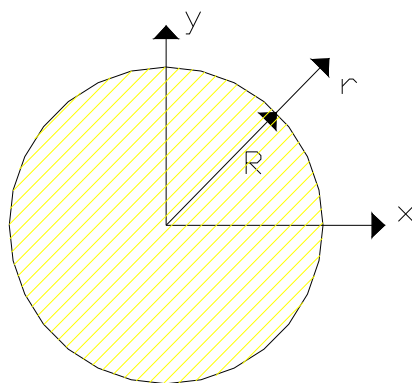


Figura 3.1 Nuvola circolare di materiale in sospensione di raggio R

Per semplicità viene considerata la concentrazione media sulla profondità e viene assunta una distribuzione triangolare esprimibile attraverso la:

$$(1) \quad c(r,t) = C(t) * \left(1 - \frac{r}{R(t)}\right)$$

dove:

$C(t)$ = concentrazione media verticale nel centro della nuvola al tempo t

$c(r,t)$ = concentrazione in un qualsiasi punto a distanza r , in un generico istante t .

$R(t)$ = raggio totale della nuvola in un qualsiasi istante.

Se considero $r = 0$, la concentrazione $c(r,t)$ coinciderà con $C(t)$.

La concentrazione media verticale al centro della nuvola tende col passare del tempo ad abbassarsi, in virtù del fenomeno dispersivo e di sedimentazione. Contemporaneamente, infatti, si osserva un allargamento del raggio R della nuvola, che tende così ad espandersi. La esemplificazione del fenomeno è riportata in Figura 3.2:

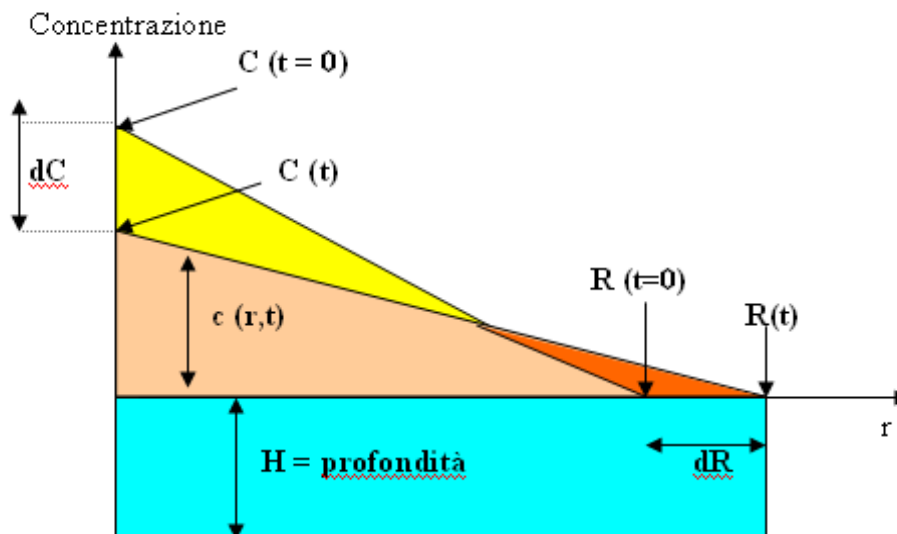


Figura 3.2 Evoluzione della nuvola di torbidità nel tempo. Distribuzione verticale uniforme in acque calme attraverso la profondità H

Calcoliamo la massa di sedimenti sollevati e presenti come solidi sospesi:

$$(2) \quad M(t) = \int_0^R c h 2\pi r dr = \frac{C(t) * h * \pi * R^2(t)}{3}$$

Il risultato della (2) si ottiene sostituendo l'equazione (1) alla variabile $c(t, r)$ presente all'interno dell'integrale. Si riconosce l'espressione del volume di un cono, dovuto all'assunzione di una distribuzione triangolare della concentrazione.

Dalla (2) si può facilmente risalire alla massa iniziale di sedimenti presente in una area circolare di raggio R_0 :

$$(3) \quad M_0 = \frac{1}{3} * C_0 * h * \pi * R_0^2, \text{ dove } C_0 \text{ è la concentrazione iniziale al centro della zona.}$$

Il passaggio successivo è quello di esaminare l'evoluzione della massa di sedimenti nel tempo per riuscire a capire con quale velocità il processo si evolve impostando delle equazioni di bilancio.

Si considerano due tipi di volumi, il volume "materiale" e quello di "controllo".

Il volume materiale cambia forma e dimensione nel tempo, "seguendo" la massa nel suo espandersi. Per un materiale conservativo la massa resterà sempre contenuta all'interno del volume e pertanto è valido il "principio di conservazione della massa" scritto come segue

$$(4) \quad \frac{dM}{dt} = 0$$

Tuttavia, poichè siamo in presenza di uno spostamento di sedimenti per dispersione che si svolge contemporaneamente ad una sedimentazione degli stessi (rispettando comunque l'ipotesi iniziale di una risospensione trascurabile), la (4) va corretta esprimendo la variazione di massa nel tempo come:

$$(5) \quad \frac{dM}{dt} = \int_{\text{fondo}} w_s * c(r, t) * dS_{\text{fondo}}$$

Il secondo termine dell'uguaglianza esprime proprio la quantità di particelle che sedimenteranno sul fondale nell'unità di tempo. Chiaramente w_s rappresenta la velocità caratteristica di sedimentazione.

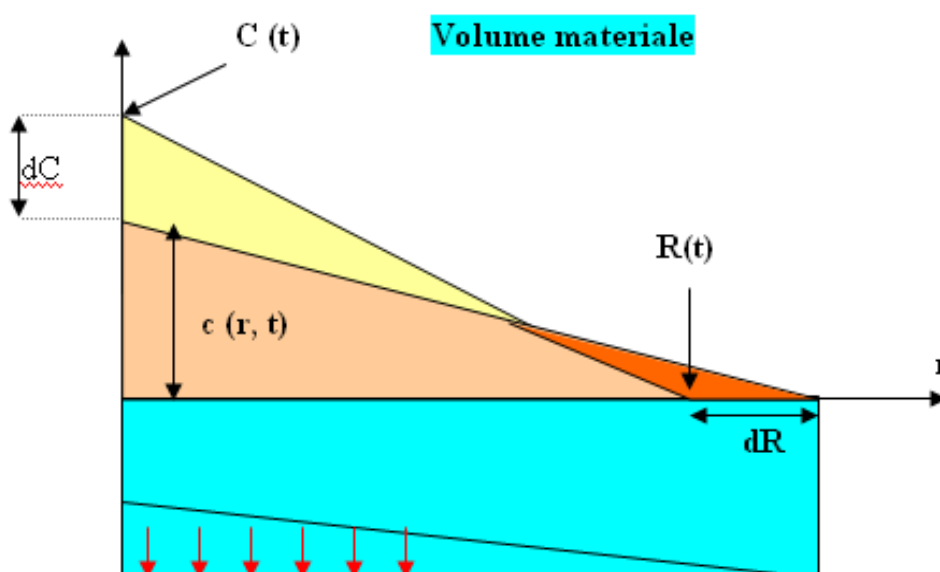


Figura 3.3 il volume materiale è evidenziato in azzurro. In evidenza le frecce verticali che indicano la sedimentazione.

Sostituendo la (1) nell'integrale e cambiando gli estremi d'integrazione si può riscrivere la (5) come:

$$(6) \quad \frac{dM}{dt} = \int_0^{R(t)} w_s * C(t) * \frac{R(t) - r}{R(t)} * 2\pi r * dr$$

La relazione finale che ne deriva esprime la variazione di massa all'interno di un volume materiale:

$$(7) \quad \frac{dM}{dt} = -\frac{1}{3} w_s * C(t) * \pi * R^2(t) = \frac{\pi h}{3} R^2(t) \frac{dC}{dt} + 2C(t) \frac{dR}{dt} R(t)$$

Il primo termine si riferisce al risultato dei precedenti calcoli sull'influenza della sedimentazione, mentre il secondo termine non è altro che la derivata della massa rispetto al tempo ottenuta dalla (2). La variazione di massa, infatti, è influenzata sia dalla variazione di concentrazione all'interno del volume materiale (che diminuisce nel tempo), sia dall'allargarsi della macchia di sedimenti (che porta ad un aumento della presenza di solidi sospesi). Il fatto di poter esprimere la massa come derivazione della (2) è reso possibile dal considerare il bilancio all'interno del volume materiale che prende la stessa forma della nuvola di sedimenti.

Il volume di "controllo" invece, pur seguendo la corrente nella sua direzione di spostamento, resta fisso per forma e dimensione nel tempo. Chiaramente, per definizione, i due tipi di volume si troveranno a coincidere solamente al tempo iniziale $t = 0$. Ora, per il volume di controllo, non vale più il principio di conservazione della massa espresso dalla (4), ma bisognerà ricorrere ad un altro tipo di relazione.

In generale, la massa può essere espressa come integrale della concentrazione su tutto il volume, ovvero:

$$(8) \quad M = \int_V \rho * dV, \text{ dove } \rho \text{ è la densità di sedimenti espressa in g/m}^3.$$

Per esprimere il bilancio di massa per il volume di controllo fissato, si utilizza il teorema di Reynolds o "teorema del trasporto": la variazione di massa in un volume di controllo è pari alla variazione della concentrazione al suo interno meno il flusso di sedimenti uscente dovuto al trasporto (in questo caso, solo di tipo dispersivo).

$$(9) \quad \frac{dM}{dt} = \int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} * dV - \Phi,$$

dove:

Φ = flusso uscente

$\partial \rho$ = variazione (parziale) della concentrazione di sedimenti presente all'interno del volume.

La variazione di massa nel tempo dovuta alla sedimentazione non è altro che la variazione puntuale di concentrazione integrata in tutto il volume, che si può esprimere integrando rispetto al raggio generico r , dato che la profondità risulta costante. Il flusso uscente, invece, può essere scritto come il gradiente di concentrazione rispetto alla distanza r , moltiplicato per il coefficiente di dispersione laterale ed integrato in tutta la superficie laterale.

Ne segue che:

$$(10) \quad \frac{dM}{dt} = \int_0^R \frac{\partial c}{\partial t} 2\pi r h * dr - \int_0^R K_r \frac{\partial c}{\partial r} 2\pi h * dr,$$

dove:

K_r = coefficiente di dispersione laterale (m^2/s)

R = raggio della nuvola iniziale, fisso nel tempo (dato che si tratta di un volume di controllo)

Tenendo conto dell'assunzione riguardante la distribuzione triangolare della concentrazione data dalla (1) e considerando che il gradiente di $c(r, t)$ rispetto a r si esprime come $-C/R$, svolgendo l'integrale si arriva alla relazione finale che esprime la variazione di massa all'interno di un volume di controllo fisso nel tempo

$$(11) \quad \frac{dM}{dt} = \frac{\pi h}{3} R^2 \frac{dC}{dt} + 2\pi r h k_R \frac{C}{R} R$$

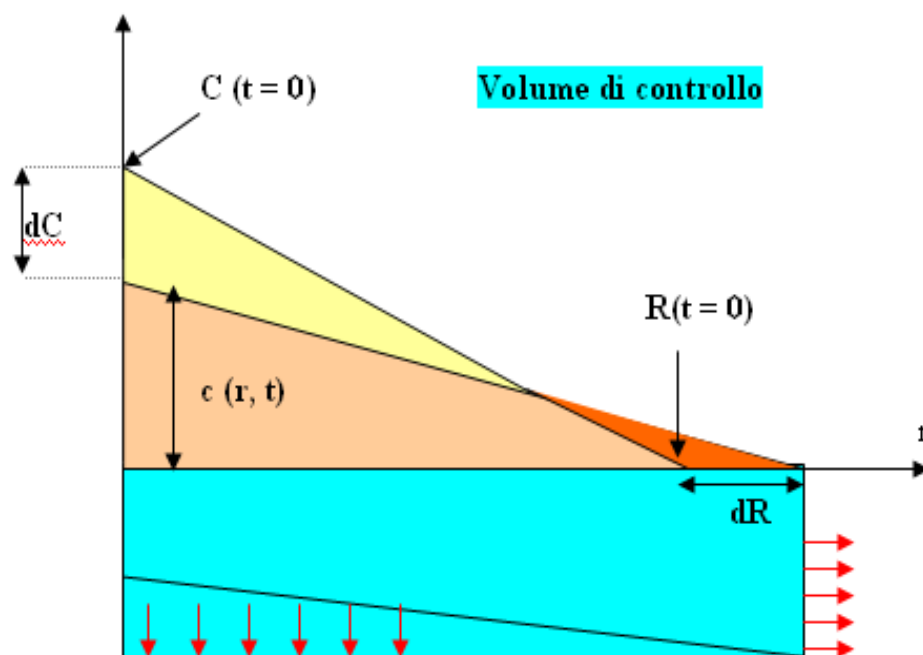


Figura 3.4 Il volume di controllo è evidenziato in azzurro. Le frecce rosse indicano i flussi di massa. Quelle verso il basso indicano l'attività di sedimentazione delle particelle, mentre quelle orizzontali indicano il flusso di sedimenti che esce dai confini, trasportato dalla corrente.

Poiché entrambe le formule (7) e (11) esprimono una variazione della massa nel tempo, anche se relativa a diverse tipologie di volumi, è ora possibile confrontare i due risultati mettendole a sistema:

$$(12) \quad \frac{\pi h}{3} R^2 \frac{dC}{dt} + 2\pi r h K_R \frac{C}{R} R = \frac{\pi h}{3} R^2 \frac{dC}{dt} + 2C \frac{dR}{dt} R = -\frac{1}{3} w_s * C(t) * \pi * R^2(t)$$

Dall'uguaglianza dei primi due termini allora possibile ricavare un'importante informazione sull'evoluzione del raggio R col passare del tempo:

$$(13) \quad \frac{dR}{dt} = 3 \frac{K_R}{R}$$

La (13) dimostra la stretta relazione che intercorre tra l'espansione della nuvola di sedimenti e il coefficiente di diffusione K_r e mette in evidenza come la crescita sia in qualche modo rallentata nel tempo per la presenza del parametro $R(t)$ al denominatore.

Sostituendo la (13) nella (7) ed esplicitando la variazione di concentrazione nel tempo, otteniamo:

$$(14) \quad \frac{dC}{dt} = -6k_R \frac{C}{R^2} - \frac{ws}{h} C$$

La (14) esprime la variazione della concentrazione nel tempo. In evidenza sono i due termini negativi: il primo è un termine che interpreta il fenomeno dispersivo, mentre il secondo rappresenta il fenomeno di deposizione sul fondo, entrambi fattori di diminuzione della concentrazione col passare del tempo.

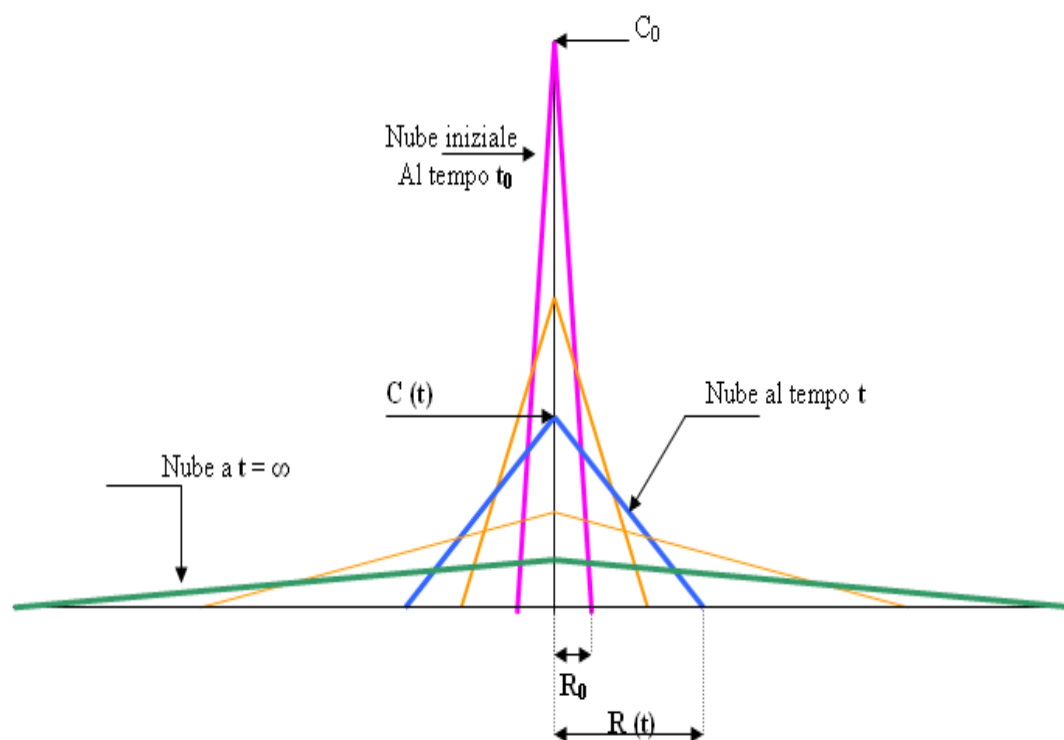


Figura 3.5 Esemplificazione e spiegazione del processo d'evoluzione della nuvola iniziale in acque calme.

La Figura 3.5 descrive il cambiamento nel tempo delle dimensioni e della concentrazione della nuvola di torbida presente nell'acqua. Al tempo iniziale t_0 troviamo la concentrazione C_0 e la nube appare stretta e compatta con un raggio pari a R_0 .

Al tempo generico t invece la nuvola si è allargata e la concentrazione è scesa.

Infine quando t tenderà ad infinito la concentrazione sarà tornata al livello normale e i confini della nuvola non saranno più visibili.

È bene ricordare che l'indicazione della concentrazione tramite il simbolo C indica quella concentrazione massima di sedimenti presente al centro della nuvola, dipendente dal tempo, mentre il simbolo c si riferisce alla concentrazione puntuale, funzione del tempo e dello spazio.

Integrando la (13) si ottiene l'andamento delle dimensioni della nuvola nel tempo:

$$(15) \quad R(t) = \sqrt{R_0^2 + 6k_r t},$$

dove:

t = tempo trascorso dall'inizio del fenomeno di diffusione (s)

R_0 = raggio iniziale della nuvola (m).

Integrando la (14) si ottiene l'andamento della concentrazione nel tempo

$$(16) \quad C(t) = C_0 \exp(-\gamma t)$$

dove:

t = tempo trascorso dall'inizio del fenomeno di diffusione (s)

C_0 = concentrazione iniziale (mg/l).

L'andamento della concentrazione di solidi sospesi in acqua è legato quindi al coefficiente di decadimento γ .

Effettuando una sostituzione di variabili è possibile trasformare le due relazioni mettendo in evidenza la dipendenza dallo spazio, cioè dalla distanza dalla draga (infatti $x=U \cdot t$), a patto che la velocità della corrente U sia assunta costante.

3.1.2 Immissione continua e costante

Immaginiamo non una nuvola isolata di sostanze sospese, ma un'attività di dragaggio continua, in un'area definita, che immetta in acqua degli impulsi istantanei di costante carico di sedimenti g_0 (kg/s).

Possiamo rappresentare il pennacchio di torbida creato dall'attività nell'area di dragaggio come la somma di "nuvole" create con successive immissioni istantanee di massa infinitesima.

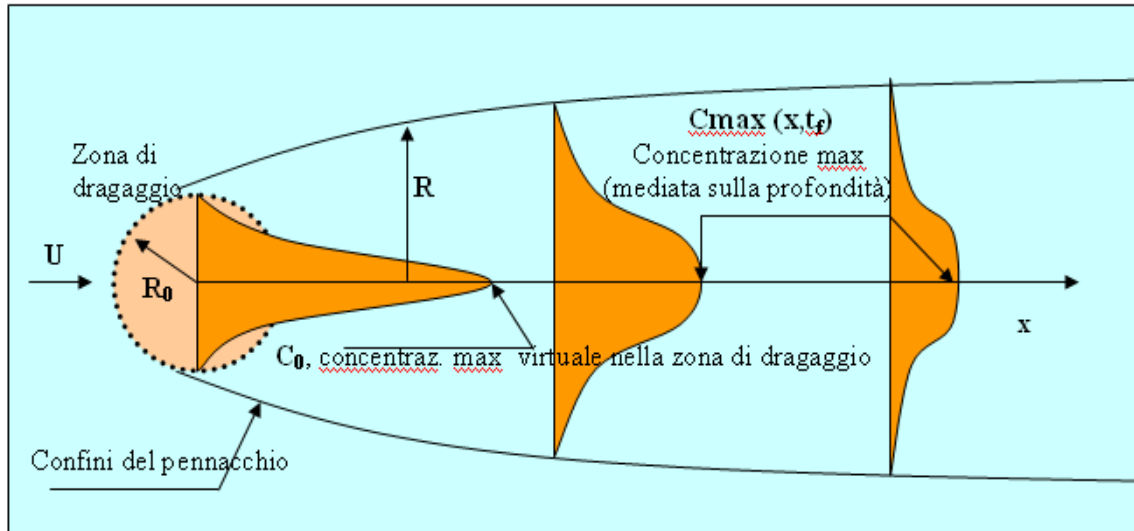


Figura 3.6 Pennacchio di torbidità prodotto da uno scavo che immette, in continuo, una quantità costante di sedimenti g_0 .

Determiniamo dalla (16) la concentrazione elementare, ΔC , all'interno della nuvola, corrispondente alla concentrazione elementare iniziale, ΔC_0 , creata da una immissione istantanea elementare

$$(17) \quad \Delta C = \Delta C_0 \exp(-\gamma t)$$

ricordando sempre che il tempo è correlato allo spazio tramite la velocità U .

Allo stesso modo determiniamo dalla (3) l'immissione elementare della massa iniziale di sedimenti ΔM_0 :

$$(18) \quad \Delta M_0 = \frac{1}{3} \Delta C_0 * R_0^2 * \pi * h$$

Dalla (18) si può ricavare un'altra espressione di ΔC_0 che sostituita nella (17), fornisce:

$$(19) \quad \Delta C = \frac{3\Delta M_0}{\pi R_0^2 h} \exp(-\gamma t)$$

La quantità di sedimenti g_0 , immessa nel corpo idrico in maniera costante e continua nel tempo, (partendo dall'istante iniziale t_0) può essere scritta come rapporto fra la massa elementare e il tempo elementare Δt , cioè:

$$(20) \quad g_0 = \frac{\Delta M_0}{\Delta t}$$

Sostituendo nella (19), troviamo:

$$(21) \quad \Delta C = \frac{3g_0 \Delta t}{\pi R_0^2 h} \exp(-\gamma t)$$

Immaginando che lo scavo abbia avuto inizio in un istante generico $t_0=0$ lontano nel tempo, e che continui all'infinito la concentrazione massima C si otterrà integrando la (21):

$$(22) \quad C(t) = \frac{3g_0}{\pi R_0^2 h} \int_{t=-\infty}^t \exp(-\gamma t) dt$$

Gli estremi di integrazione, come si nota, sono gli istanti iniziali e finali dello scavo, che, in condizioni stazionarie, sono meno infinito e t per le ipotesi fatte.

Se adesso consideriamo, come è più probabile, che lo scavo non avvenga da tempo infinito, ma che invece ci sia una temporanea iniezione di sedimenti, basterà semplicemente cambiare gli estremi di integrazione e riscrivere la (22):

$$(23) \quad C(t) = \frac{3g_0}{\pi R_0^2 h} \int_{-(t_f+t)}^t \exp(-\gamma t) dt ,$$

dove t_f = durata dello scavo.

Tuttavia, come ricordato, il tempo t è strettamente legato alla distanza dal punto di scavo tramite la grandezza U (velocità della corrente). Qualora la velocità fosse costante allora si potrebbe operare una sostituzione di variabili tra " t " e " x " tramite la relazione " $t = x/U$ ".

Per riscrivere le relazioni (22) e (23) in modo da evidenziare la dipendenza dalla distanza x dalla draga, bisognerà semplicemente operare la sostituzione sopra riportata, con qualche piccolo accorgimento:

Per le condizioni stazionarie vale:

$$(24) \quad C(x) = \frac{3g_0}{\pi R_0^2 h} \int_{t=-\infty}^{t=x/u} \exp(-\gamma t) dt$$

Lo stesso discorso è valido anche per la condizione di iniezione temporanea di sedimenti di durata t_f :

$$(25) \quad C(x) = \frac{3g_0}{\pi R_0^2 h} \int_{-(t_f+x/u)}^{t=x/u} \exp(-\gamma t) dt$$

Lo scopo del modello è di descrivere il fenomeno del pennacchio di torbidità provocato da azioni di dragaggio, pertanto maggior interesse è dato dalle condizioni di iniezione temporanea. Integrando la (25) otteniamo e la relazione finale:

$$(26) \quad C(x,t) = \frac{3g_0}{\pi \cdot R_0^2 \cdot h \cdot \gamma} \left\{ \exp\left(\gamma \frac{x}{u}\right) - \exp\left(\gamma \cdot \left(tf + \frac{x}{u}\right)\right) \right\}$$

Questa relazione, consente di calcolare la concentrazione massima, mediata sulla profondità, ad una qualsivoglia distanza dal punto di scavo e in un qualsiasi istante. Si riesce in questa maniera a descrivere compiutamente l'evoluzione del pennacchio di torbidità, prevedendone l'espansione, una volta conosciuti i parametri caratteristici del modello.

Integrando la (24), valida per le condizioni stazionarie, risulta:

$$(27) \quad C(x) = \frac{3g_0}{\pi R_0^2 h \gamma} \exp\left(-\gamma \frac{x}{U}\right)$$

Se mettiamo a confronto tale equazione con la (16) riusciamo a definire la concentrazione iniziale massima sul punto di scavo per condizioni stazionarie, come:

$$(28) \quad C_0 = \frac{3g_0}{\pi R_0^2 h \gamma}$$

Essa si esprime come la massa di sedimenti immessa divisa per il volume d'acqua compreso nella zona di scavo, divisa per il coefficiente di decadimento gamma.

La relazione (26) rappresenta l'espressione finale che descrive esattamente l'evoluzione della nube di sedimenti nel tempo, nel rispetto delle ipotesi di partenza.

La formula dimostra che la torbidità (e quindi la concentrazione) decade con l'aumentare della distanza. Nel punto $x = 0$, solo per condizioni stazionarie, la concentrazione sarà pari alla C_0 data dalla (28). Se il dragaggio è iniziato da poco, invece, si ricade nella zona transitoria e la concentrazione nel centro della zona di scavo sarà solo una frazione della concentrazione iniziale massima in condizioni stazionarie. In ogni caso, qualunque sia il punto di partenza la concentrazione tenderà sempre a diminuire con l'aumentare della distanza dalla zona di scavo. Vedi Figura 3.7

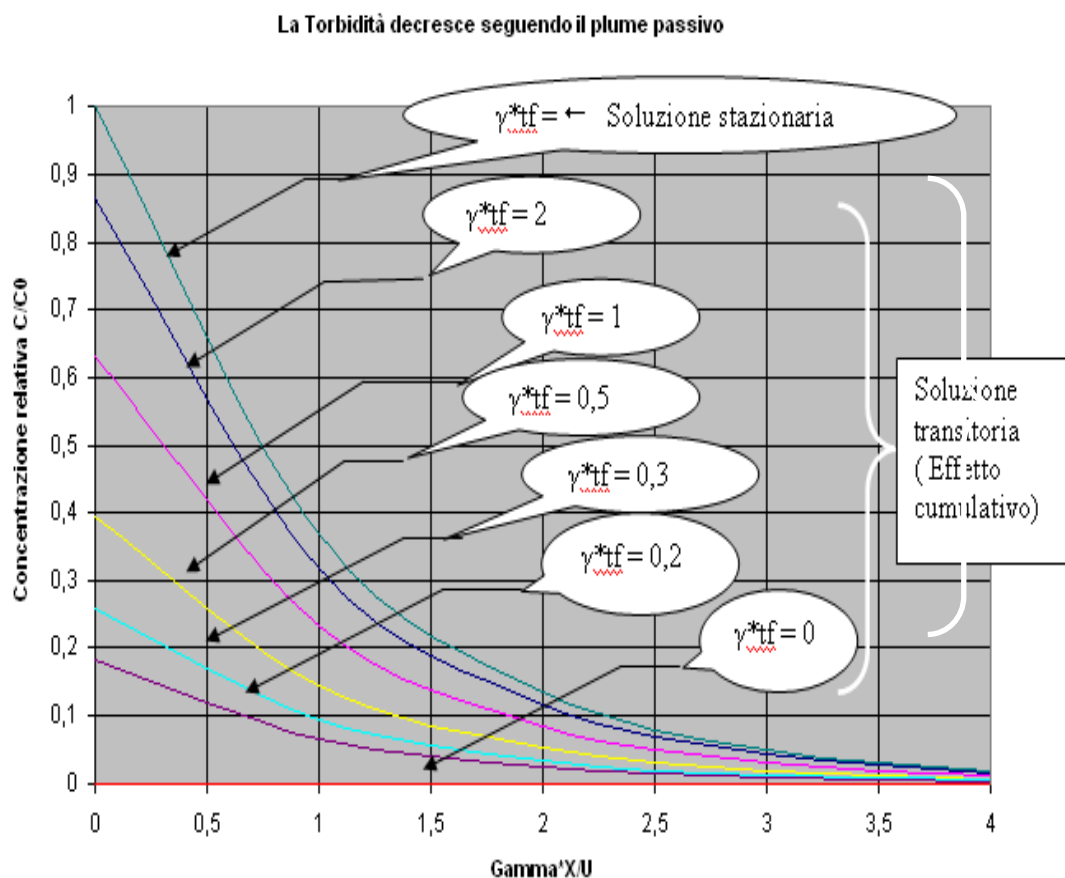


Figura 3.7 Sono raffigurate 7 funzioni diverse in relazione al tempo di scavo della draga t_f e della distanza dal punto di scavo X , adimensionalizzate

Per concludere, ricordiamo le formule finali cui si è giunti seguendo le ipotesi del modello, al fine di poter evidenziare quali dati e quali parametri siano indispensabili per un suo corretto uso:

- a) Concentrazione di particelle sospese in funzione della distanza e del tempo:

$$C(x,t) = \frac{3g_0}{\pi \cdot R_0^2 \cdot h \cdot \gamma} \left\{ \exp\left(\gamma \frac{x}{u}\right) - \exp\left(\gamma \cdot \left(t_f + \frac{x}{u}\right)\right) \right\}$$

- b) Concentrazione iniziale massima in condizioni stazionarie:

$$C_0 = \frac{3g_0}{\pi R_0^2 h \gamma}$$

- c) Coefficiente di decadimento:

$$\gamma = \frac{w_s}{h} + \frac{6k_r}{R_0^2}$$

Ricapitoliamo ora i principali parametri del modello

g^0 = quantità di sedimenti immessi dalla draga

R_0 = grandezza della zona di scavo

h = profondità dell'acqua.

U = velocità dell'acqua.

w_s = velocità di sedimentazione (funzione della granulometria delle particelle).

k_r = coefficiente di dispersione laterale

γ = coefficiente di decadimento totale

Gli ordini di grandezza riportati sono stati ricavati tramite un processo di calibrazione preliminare.

3.1.3 Effetti della distribuzione granulometrica

Per il calcolo della concentrazione C , usando la (26), si considerano n frazioni granulometriche ognuna delle quali è caratterizzata da un diametro medio di (μm), e dal coefficiente di decadimento γ_i . Ad ogni diametro caratteristico si associa la percentuale β_i ricavata dalla curva granulometrica relativa al materiale del fondo e la velocità di sedimentazione w_i ,

Per ognuna di queste frazioni determiniamo C_i :

$$(29) \quad C_i = \frac{3g^0}{\pi R_0^2 h} \frac{\beta_i e^{(-\gamma_i \frac{x}{u})} - \beta_i e^{(-\gamma_i (tf + \frac{x}{u}))}}{\gamma_i}$$

avendo sostituito : $g_{0i} = g^0 \beta_i$ (30)

La concentrazione totale si ottiene come somma delle singole concentrazioni relative alle frazioni granulometriche.

$$(31) \quad C = \sum_{i=1}^n C_i = \frac{3g^0}{\pi R_0^2 h} \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i e^{(-\gamma_i \frac{x}{u})} - \beta_i e^{(-\gamma_i (tf + \frac{x}{u}))}}{\gamma_i}$$

$$\alpha_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}$$

Il parametro (32) mi indica la percentuale relativa a ciascuna frazione.

3.1.4 Parametri che controllano la configurazione del pennacchio

I parametri che controllano la configurazione del pennacchio (distribuzione spaziale e temporale della concentrazione di sedimenti) sono di due tipi: quelli che dipendono dalle caratteristiche fisiche del sistema (velocità della corrente u , profondità dell'acqua h , granulometria dei sedimenti di fondo e quindi velocità di sedimentazione w_s , coefficiente di dispersione trasversale k_r) e quelli che dipendono dalle caratteristiche delle operazioni di dragaggio (dimensione della zona di dragaggio, R_0 e quantità di sedimenti immessi nella colonna d'acqua, distinti per granulometria, g_{oi}).

In particolare la dimensione (assunta costante) R_0 congloba tutti gli effetti della rotta percorsa dalla draga, in realtà ampiamente variabile nello spazio e nel tempo.

Ancora di più la grandezza g_{oi} (pure assunta costante), 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).

Per quanto riguarda la draga "Astra" la grandezza g_o può essere misurata (a bordo della draga) come prodotto della portata liquida della pompa e della concentrazione dei sedimenti rifluiti (differenza tra "consistenza" del materiale e "consistenza" dell'acqua pulita).

Dalle misure condotte a bordo dell'"Astra" risulta che la quantità di sedimenti rifluiti in mare, g_o , non è costante nel tempo ma tende a crescere quasi linearmente nel corso delle operazioni di dragaggio.

Inoltre la composizione del materiale rifluito g_{oi} , non è uguale a quella del materiale di fondo (cioè del materiale dragato e caricato a bordo) ma è notevolmente più sottile. Sebbene la composizione

$\frac{g_{oi}}{\sum g_{oi}}$ del materiale rifluito non sia stata misurata direttamente essa può essere stimata come intermedia fra le curve granulometriche del materiale del fondo (Curve 1 e 2 della figura 1.4.1) e quella del materiale in sospensione raccolto poco a valle della draga (Curva 3 della stessa figura).

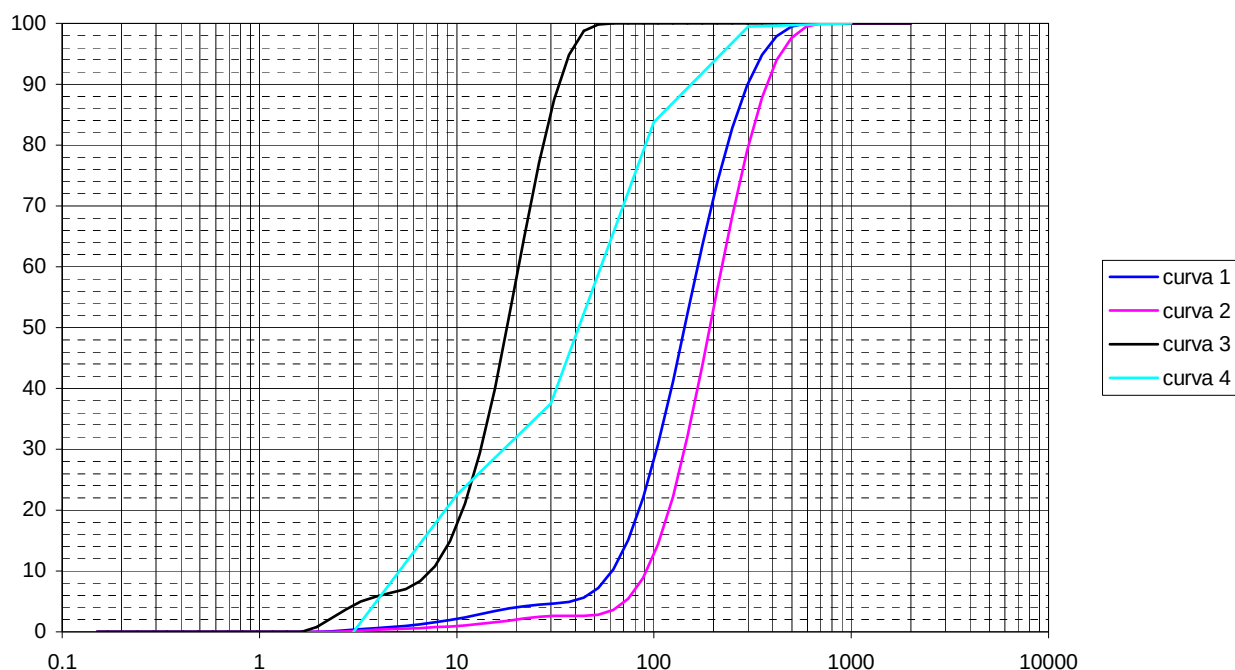


Figura 3.8 Curve 1 e 2: curve granulometriche del materiale del fondo

Curva 3: curva granulometrica del materiale in sospensione raccolto poco a valle della draga

Curva 4: valutazione semiempirica della curva granulometrica del materiale rilasciato dalla draga

Una valutazione semiempirica della curva granulometrica del materiale rilasciato dalla draga (Curva 4 in figura 3.8) è stata fatta con un semplice modello di mescolamento a parametri concentrati.

Se si ammette, come sembra assodato, che la portata del materiale refluito aumenti linearmente nel tempo t con legge:

$$g_0(t) = \alpha_g t \quad (33) \quad \text{con } \alpha_g = 0.003-0.004 \text{ m}^3/\text{s}^2$$

la relazione (29) viene modificata corrispondentemente.

Si deve osservare che se il rilascio del materiale aumenta nel tempo, la concentrazione lungo il pennacchio e soprattutto il corrispondente flusso di sedimenti attraverso la sezione della bocca (grandezze entrambe misurate nel corso delle campagne, vedi Cap.2) possono presentare valori sia crescenti, sia decrescenti a misura che ci si allontana dalla draga. La crescita o decrescita di queste grandezze dipende infatti dall'effetto (contrapposto) della portata di materiale refluito (crescente col tempo) e della dispersione e sedimentazione di sedimenti (pure crescente col tempo, via via che la nuvola si allontana).

Per una corretta riproduzione di queste grandezze, dunque, è necessario conoscere con precisione le modalità di rilascio durante le prove.

3.2 Taratura del modello

Il modello è stato tarato e verificato utilizzando i dati raccolti nel corso dell'attività di dragaggio svolta dalla draga "Astra".

Sulla base di questi dati si trova, a seconda delle campagne di misura, valori della zona di dragaggio e della portata di sedimenti immessa variabili come segue:

$$R_0 = 50 - 100 \text{ m}$$

go costante, pari al valore intermedio fra l'inizio delle operazioni di dragaggio e il tempo di misura.

Si è, inoltre, assunto un valore costante per il coefficiente di dispersione laterale $K_r = 1 \text{ m}^2/\text{s}$

Il confronto fra i valori calcolati e misurati è indicato nella Figura 3.9 e nella Figura 3.10 rispettivamente per la lunghezza 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 go nelle diverse campagne di misura.

È appena il caso di dire che valori molto più attendibili di R_0 e di $go(t)$ si sarebbero potuti ottenere se si fossero conosciute (come più volte richiesto) le effettive modalità di dragaggio. E cioè, in particolare:

- 1) la posizione della draga nel tempo durante le operazioni di dragaggio,
- 2) la "consistenza" del materiale dragato ("terreno") e refluito ("scarico"),
- 3) le rispettive granulometrie.

Va inoltre notato che tutte, o la maggior parte, delle campagne condotte finora si riferiscono presumibilmente a "terreni" superficiali (e quindi sabbiosi), come quelli indicati dai precedenti diagrammi. Solo da qualche tempo, sembra si sia cominciato ad operare su terreni più profondi e sottili. È evidente che per simulare correttamente i corrispondenti pennacchi è necessario conoscere le nuove grandezze relative ai precedenti punti 2) e 3).

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

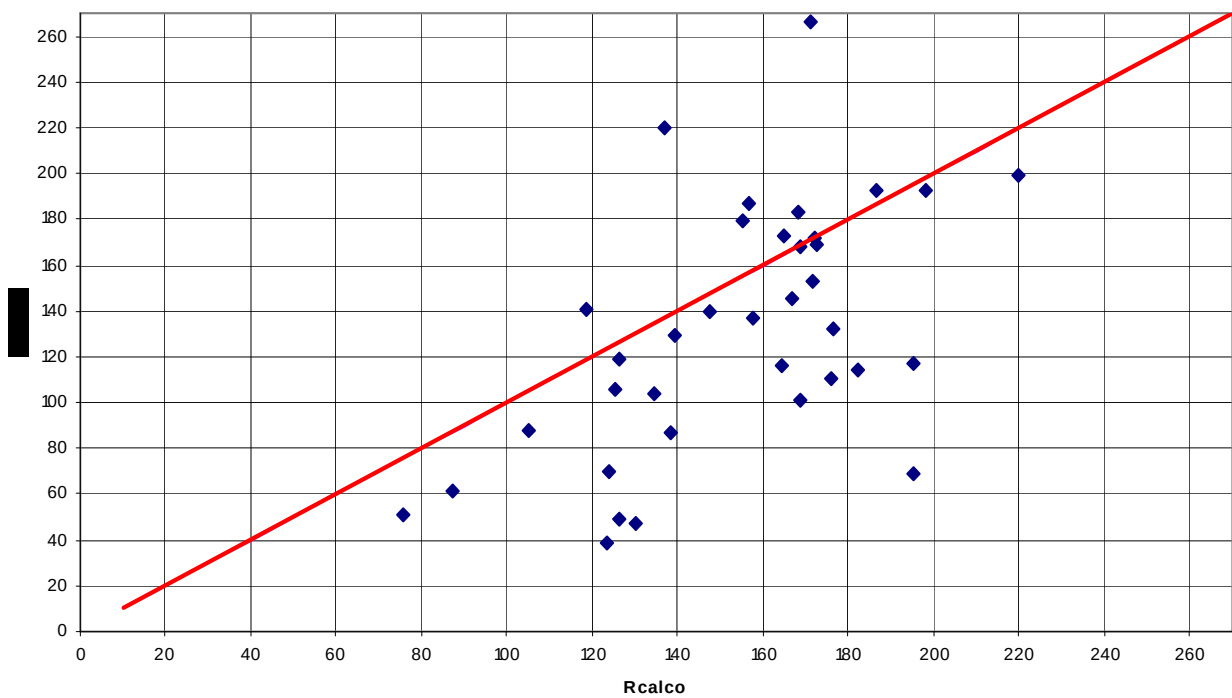


Figura 3.9 Confronto tra R calcolato e R misurato.

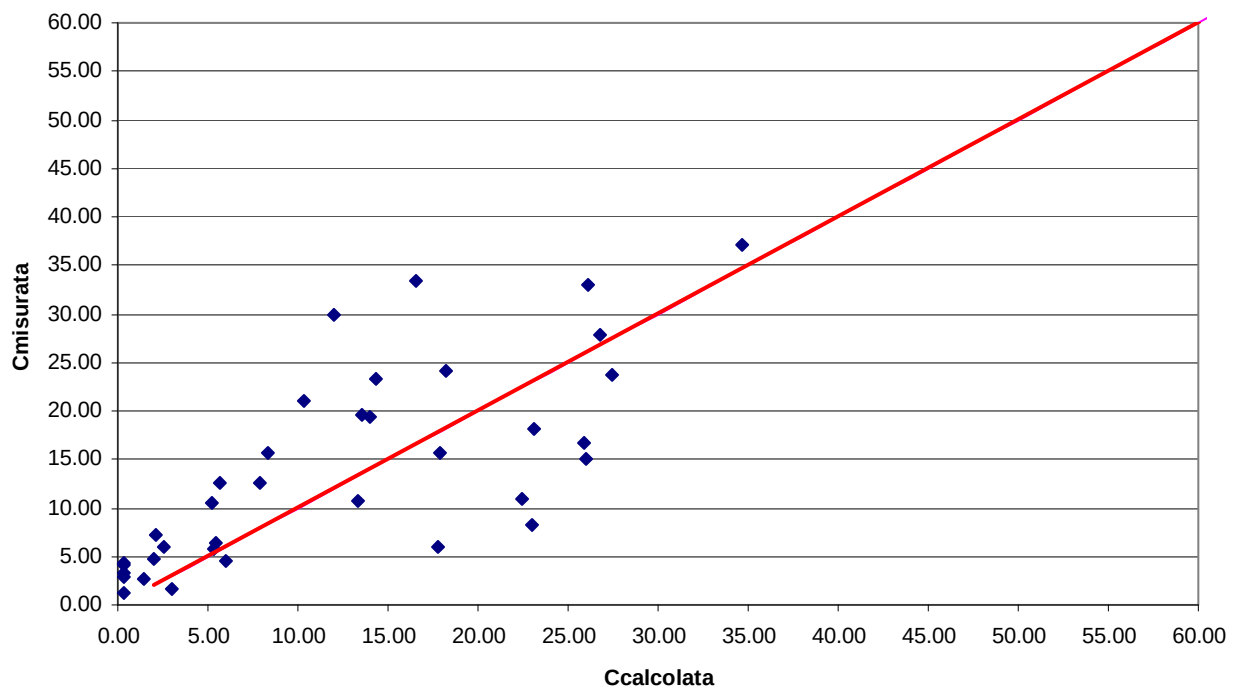


Figura 3.10 Confronto tra C calcolata e C misurata.

Non è possibile per ora neppure stimare gli analoghi valori di R_0 ed α_g corrispondenti ad altre tecniche di dragaggio, in quanto non sono stati effettuati rilievi significativi in presenza di draghe diverse dalla "Astra".

3.3 Utilizzazione del modello

Si ribadisce che, una volta definiti i valori di R_0 e g_0 per le condizioni di funzionamento delle diverse tipologie di draga, il modello è utilizzabile sia per guidare le scelte operative delle draghe stesse sia per organizzare le operazioni di monitoraggio, minimizzando i punti di prelievo necessari.

4 RILEVAZIONE DELLA TORBIDITÀ IN CONTINUO

La determinazione del particolato solido in sospensione (Suspended Particulate Matter - SPM) e della torbidità in acqua è abitualmente prevista nei programmi di monitoraggio ambientale a seguito di operazioni di scavo e dragaggio di fondali.

L'SPM, che include sia la frazione organica che inorganica, è, di fatto, una misura del peso secco del materiale sospeso per unità di volume d'acqua e viene espresso in milligrammi di solidi per litro d'acqua (mg/l).

La misura della torbidità, invece, sfrutta la proprietà ottica dell'acqua di attenuare o disperdere un fascio di luce che attraversa un determinato volume (fenomeno di *scattering*). In questo caso la concentrazione del particolato solido sospeso, espressa in NTU (Nephelometric Turbidity Units) o FTU (Formazine Turbidity Units), viene determinata misurando l'attenuazione di un raggio di luce proiettato nell'acqua in direzione di una fotocellula (*lightscattering*) o la luce dispersa rispetto un angolo formato dal raggio incidente (*backscattering*).

Anche se non c'è una relazione generale tra torbidità e SPM, la misura di torbidità ha ormai sostituito quella di SPM nelle determinazioni puntuali, in tutti i casi in cui sia necessario disporre di valori in tempo reale, o nei monitoraggi, poiché la frequenza di campionamento richiederebbe il prelievo e l'analisi di un numero eccessivo di campioni d'acqua [3]. La misura della torbidità è, infatti, molto più agevole rispetto alla misura di SPM, che richiede la disponibilità di un laboratorio e tempi di esecuzione non compatibili con la necessità, spesso richiesta, di rilevare variazioni a breve scala temporale (dell'ordine dell'ora o inferiori), come nel caso del monitoraggio di attività di cantiere in corpi idrici soggetti all'escursione di marea.

Trattandosi di un argomento che esula dalle finalità di questo Rapporto, non viene qui approfondito il tema della correlazione fra torbidità ed SPM. Si ricorda, comunque, che i due parametri, pur essendo in relazione con gli stessi fenomeni, sono funzione di variabili differenti. La misura di SPM dipende, infatti, dal peso totale delle particelle in sospensione con diametro maggiore di 0.4 μm ed è, quindi, funzione diretta del numero, della dimensione e del peso specifico delle particelle. La torbidità, invece, è una funzione diretta del numero, della superficie e dell'indice di rifrazione delle particelle in sospensione, ma, nel contempo, è una funzione inversa delle dimensioni delle stesse.

È evidente, quindi, che la calibrazione di uno strumento ottico per la misura della torbidità sulla base dei valori di SPM presenta una serie di problemi legati, oltre che a fattori strumentali dovuti alla diversa risposta dei sensori, alla variabilità intrinseca delle diverse componenti della frazione sospesa nell'ambiente naturale. Per quanto riguarda l'ambiente lagunare, esistono, quindi, variazioni stagionali, che sono principalmente legate alla quantità e qualità della frazione organica, variazioni della dimensione e della quantità della componente inorganica, che riflettono la diversa provenienza dei materiali durante eventi particolari (piene dei corsi d'acqua, fenomeni di risospensione indotta da correnti, moto ondoso sui litorali e bassi fondali). A causa di queste variabilità una singola correlazione fra torbidità e SPM non può essere applicata a qualsiasi ambito. È preferibile considerare relazioni sito-specifiche, che descrivano il comportamento delle due variabili in una singola stazione, come nel caso delle stazioni fisse di misura in continuo del presente progetto. Inoltre, è indispensabile tenere conto sia delle variazioni nelle caratteristiche granulometriche dei materiali, sia delle variazioni stagionali della componente organica, anche se il suo effetto condiziona in maniera evidente solo i valori più bassi delle variabili e diminuisce

all'aumentare della componente inorganica al verificarsi di fenomeni di trasporto legati alla corrente, alle piene fluviali ed agli eventi meteomarinari.

Le modalità di calibrazione per la conversione dei valori di torbidità (in FTU) misurati dalla strumentazione impiegata nel monitoraggio in valori della concentrazione di SPM (in mg/l) sono descritte in maniera più dettagliata in una specifica sezione riportata nel seguito.

4.1 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 previste ed installate 8 stazioni di misura opportunamente posizionate nei canali di bocca.

Nella scelta della localizzazione delle stazioni si è tenuto conto del fatto che le aree di scavo in ciascuna bocca sono di diversa estensione e sono soggette a differenti regimi idrodinamici; inoltre, le aree potenzialmente interessate ad un aumento della torbidità comprendono ecosistemi "sensibili" (praterie a fanerogame, ecc.) presenti ad una certa distanza dalla zona delle operazioni. Infine, sono stati valutati anche i seguenti criteri:

- ricorso all'utilizzo di postazioni impiegate in precedenti studi [4, 5], i cui risultati costituiscono un riferimento per la valutazione delle condizioni *ante operam* e situate in posizioni considerate adatte anche per questa attività, con lo scopo di soddisfare l'esigenza di estendere le serie temporali di torbidità già esistenti. Le postazioni non dovevano essere di ostacolo alla navigazione;
- utilizzo di supporti fissi già esistenti per l'installazione della strumentazione di misura, al fine di contenere i costi di allestimento della rete.

La Figura 3.1 mostra la localizzazione delle stazioni di misura della torbidità per il monitoraggio in corso nelle aree dei cantieri alle bocche di porto. Nella Tabella 3.1 sono, invece, riassunte le caratteristiche delle 8 stazioni, e per ciascuna di queste, sono riportate le coordinate geografiche espresse nel sistema UTM WGS 84 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 metri dal fondo.

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



Figura 3.1. 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 3.1. Caratteristiche delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.

Località	Tipo postazione	Sigla Identificativa	Ente	Fondale (m)	Coordinate UTM WGS 84
CHIOGGIA Porto	Post. mareografica	CHP	Comune VE CVN-MAV	2.1	286559 E 5012376 N
MALAMOCCO Porto	Post. mareografica	MAP	Comune VE CVN-MAV	2.7	288410 E 5024129 N
LIDO Canale Treporti	Post. mareografica	LTP	MAV	2.0	299083 E 5036390 N
LIDO Canale S. Nicolò	Post. mareografica	LSN	MAV	7.0	295624 E 5034542 N
LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga S	LMR	APAT	9.5	297740 E 5033614 N
CHIOGGIA Mare	Meda segnalazione	CHM (*)	CVN-MAV	13.5	289952 E 5011996 N
MALAMOCCO Mare	Post. mareografica	MAM	CVN-MAV	11.0	292432 E 5024099 N
LIDO Mare	Post. mareografica	LIM	CVN-MAV	9.0	300744 E 5033387 N

(*) Stazione operante fino al 26/01/2006 e successivamente spostata nella posizione CHM2

CHIOGGIA Mare	Meda segnalazione	CHM 2	CVN-MAV	13.5	0289792 E 5012068 N
---------------	-------------------	-------	---------	------	------------------------

Come risulta dai dati in tabella, la rete è, quindi, costituita da due gruppi di stazioni: il primo gruppo costituito da 5 stazioni posizionate in aree vicine alle bocche di porto verso la laguna, ed il secondo da 3 stazioni posizionate, invece, a mare.

Le stazioni del primo gruppo sono state allestite utilizzando prevalentemente le strutture delle postazioni mareografiche operanti in laguna (Figura 3.2). Le stazioni LTP, LSN, MAP e CHP coincidono con le postazioni utilizzate nel precedente Studio B.6.78/I. Per la stazione LMR 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 3.3).

Per le stazioni del secondo gruppo, quelle collocate a mare in aree prossime alle bocche, sono state utilizzate strutture già esistenti impiegate anch'esse come mareografi, ma con caratteristiche tecniche completamente diverse da quelle delle postazioni mareografiche in laguna (Figura 3.4). Le stazioni LIM e MAM coincidono con le stazioni usate nei precedenti studi [4]. Per la stazione CHM si è ricorsi, invece, ad una delle mede di segnalazione della testata nord della "lunata" realizzata alla bocca di Chioggia (Figura 3.5).



Figura 3.2. Stazione LTP.



Figura 3.3. Stazione LMR.



Figura 3.4. Stazione LIM.



Figura 3.5. Stazione CHM.

Il periodo di rilevazione del primo anno di monitoraggio va da maggio 2005 ad aprile 2006. Gli strumenti sono stati posizionati in loco tra aprile e maggio 2005 e sono rimasti in acqua fino a metà maggio 2006, prima di essere disinstallati e successivamente ri-posizionati, come previsto dal Disciplinare Tecnico del secondo anno, in punti diversi da quelli del primo. Quindi, per continuità e omogeneità si è deciso di presentare e valutare i dati di maggio 2006 assieme a quelli del primo anno di monitoraggio.

4.2 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 [6], equipaggiata con un sensore OBS (Optical Backscatter Sensor) del tipo Seapoint Turbidity Meter [7], 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 4.1 sono riassunte le caratteristiche tecniche dei sensori utilizzati in 7 delle stazioni fisse.

Tabella 4.1. 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
Torbidimetro 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 [8], 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 4.2.

Tabella 4.2. 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		

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

I torbidimetri posizionati nelle stazioni sopra descritte hanno funzionato a partire dall'1 Maggio 2005, 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. In alcuni casi (CHP, LMR, LSN, LTP, MAP) le acquisizioni iniziano con un periodo di test di alcuni giorni verso la fine del mese di Aprile 2005. Successivamente allo scaricamento dell'11 Gennaio 2006 lo strumento posizionato nella stazione CHM è stato perso per cause non accertate ed è stato sostituito con uno equivalente l'1 Aprile 2006. In questa stazione le variabili acquisite presentano quindi una lacuna temporale di circa 2 mesi e 20 giorni.

In occasione dello scarico dei dati, è stata effettuata una serie accurata di operazioni in campo, che prevedono il recupero, a bordo di una imbarcazione, della sonda, lo scarico dei dati dalla memoria dello strumento, la pulizia dei sensori (con particolare riguardo ai sensori di conducibilità e torbidità), il controllo e l'avvio di una nuova acquisizione dei dati, il prelievo di campioni d'acqua alla quota di posizionamento del sensore OBS, in sincronia con il periodo di acquisizione della sonda stessa.

Dato l'elevato fondale che caratterizza le 3 postazioni a mare (10-14 m) si è dovuto progettare un sistema di posizionamento [9] della strumentazione di misura, che consentisse 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 4.1.1 è mostrato uno schema di posizionamento e ancoraggio riferito alla stazione a mare CHM.

Tutte le operazioni in campo sono state registrate dagli operatori, su apposite schede, in occasione di ciascuna operazione di scarico dei dati (Figura 4.1.2).

Nei mesi estivi, in cui il problema del *fouling* è più accentuato, in particolare nelle postazioni con minor battente d'acqua, si è proceduto all'esecuzione di uscite mirate, oltre a quelle previste per lo scarico dei dati, al fine di assicurare ai sensori una pulizia con cadenza settimanale.

Poiché 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 dello scarico dei dati o nel corso del periodo di acquisizione dei dati, secondo le modalità descritte nella sezione 6.

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

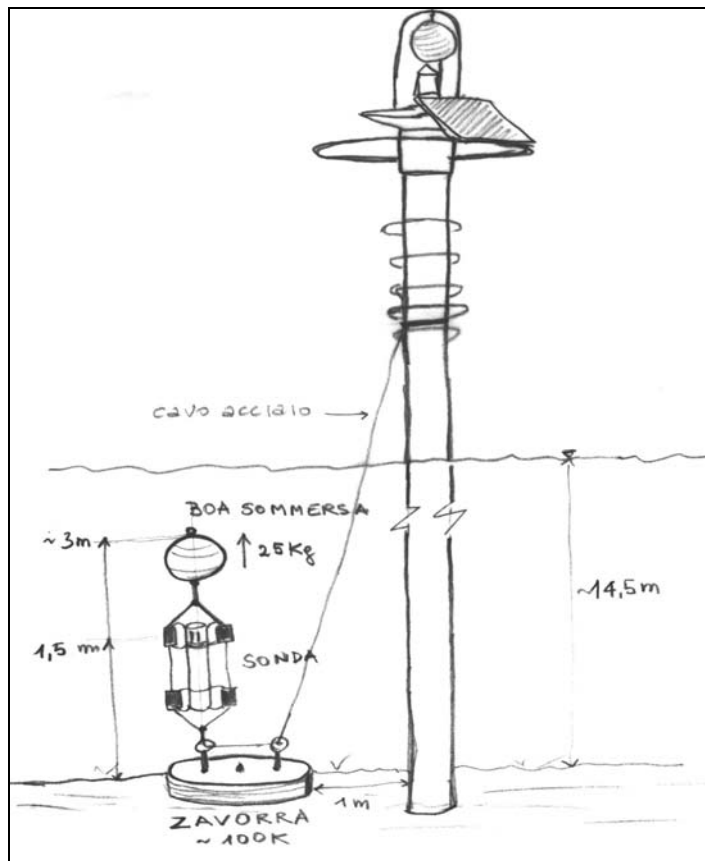


Figura 4.1.1. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare. Stazione CHM.

RETE PER LA RILEVAZIONE DELLA TORBIDITA' IN CONTINUO							
FOTO		POSTAZIONE DI MISURA : CHP		BOCCA DI CHIOGGIA - Porto			
		Postazione	Nome (ID)	Coordinate UTM WG84	Fondale (m.)		
		Mareografo	CHP		2.1		
		Sensore	N. di Serie	Data di installazione	Sensore dal fondo (m)		
		OS304 CTD-T	50	29/04/2005	1		
SCARICAMENTO DATI / CAMPIONAMENTO / MANUTENZIONE							
DATA gg/mm/aa	ORA solare hh:mm	Batteria VDC	CAST di memoria CTD-T	Nome FILE scaricato (es: CHP_ggmmaa)	Manutenzione Sensori	Campione acqua (es: CHP_gg/mm + hh:mm)	
09-06-05	12:58	8.40	Cast 005 del 27-05-05	Cast5CHP_09.06	COND [X]	1) CHP 09/06 12:58 50	
					TORB [X]	2) CHP 09/06 13:30 50	
OPERATORI: Curiel, Checchin, Simionato, Ruggeri NOTE Start nuova acquisizione ora solare 13:30:00 del 09-06-05.							

Figura 4.1.2. Esempio di scheda di campo riferita alla postazione di misura CHP.

Il prelievo dei campioni d'acqua 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 policarbonato (Millipore HTP04700) con porosità di 0.4 μm 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°C. Dopo la filtrazione, le membrane vengono essiccate a +105°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.

4.4 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 5.1). 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 nel presente progetto è stata prevista una serie di interventi di manutenzione e pulizia, spesso in concomitanza allo scarico delle registrazioni contenute nella memoria interna delle sonde. Nella programmazione di questi interventi si è tenuto conto di diversi fattori, fra cui la stagionalità e, in generale, le operazioni di pulizia sono state intensificate nel periodo estivo fino ad arrivare, per alcuni strumenti e in alcuni periodi, ad uscite settimanali.

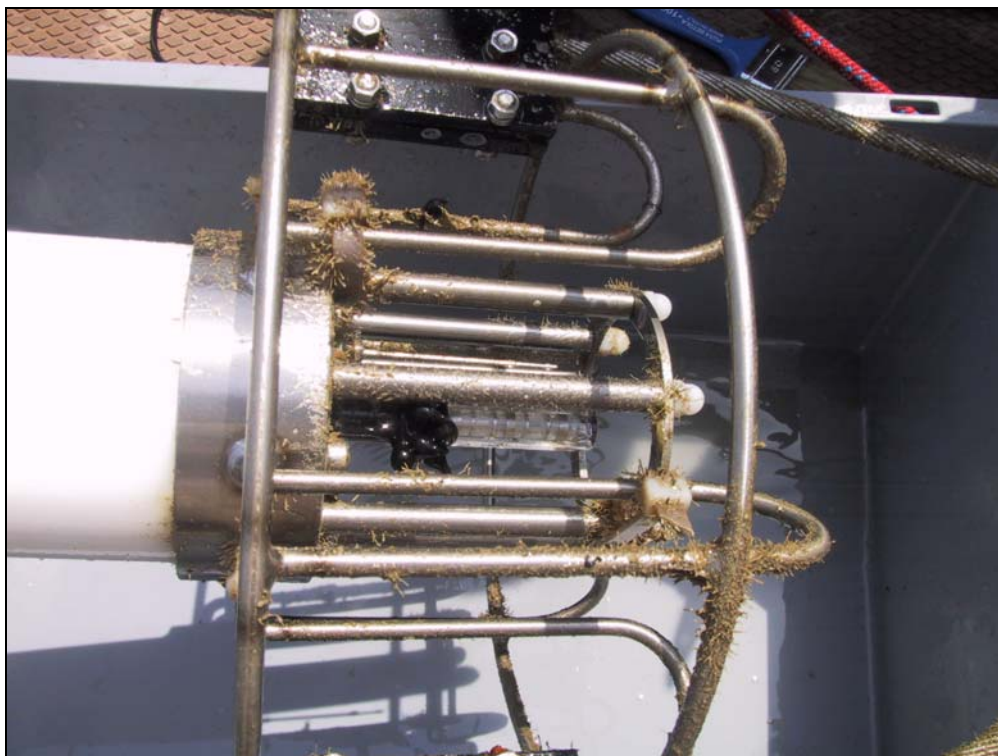


Figura 5.1. Particolare della testa di una sonda OceanSeven 304 CTD-T durante le operazioni di manutenzione in campo. Si notano diversi tipi di incrostazioni e la presenza di uova sul sensore al centro.

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* riprendeva dopo 1-2 giorni dall'intervento di pulizia, rendendo praticamente inutilizzabile l'intera serie di valori compresa fra due interventi di manutenzione.

La percentuale di informazioni utili dopo la procedura di filtrazione delle serie temporali dai dati spuri è, comunque, generalmente superiore al 60%, ad eccezione delle stazioni CHM e LSN, ed è addirittura superiore al 70% per le stazioni LMR e LIM. La maggior copertura si riscontra per la stazione LMR (93%), mentre la stazione con la minore percentuale di dati utili è la stazione CHM (46%), per la quale peraltro lo strumento era stato perso per un periodo e poi sostituito.

Per facilitare la comprensione del grado di copertura delle registrazioni, viene visualizzata nel diagramma di Figura 5.2 l'estensione temporale delle acquisizioni effettuate dai singoli strumenti.

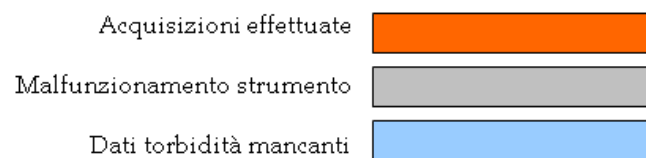
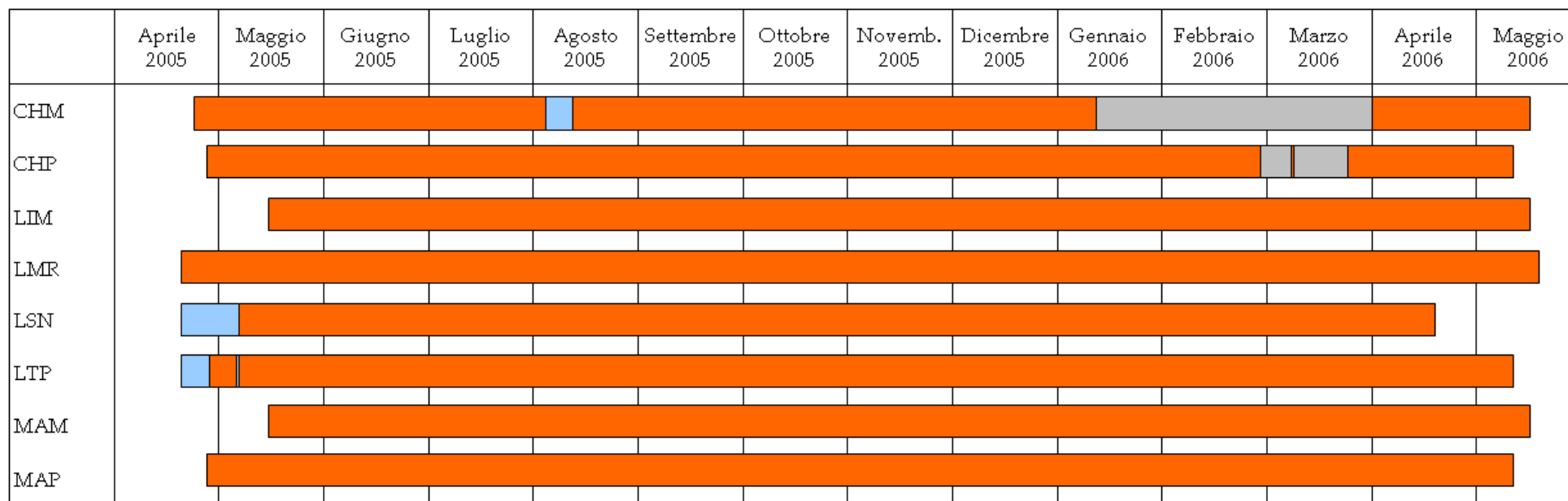


Figura 5.2. Visualizzazione schematica dei periodi di acquisizione degli strumenti impiegati nelle otto stazioni oggetto del monitoraggio.

4.4.1 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 5.1.1. Non sempre il controllo risulta efficace, come nel caso di perturbazioni prolungate. Ad esempio in corrispondenza del picco del 7 Maggio 2005 in Figura 5.1.1a, si è reso necessario un intervento manuale per l'eliminazione dei picchi residui.

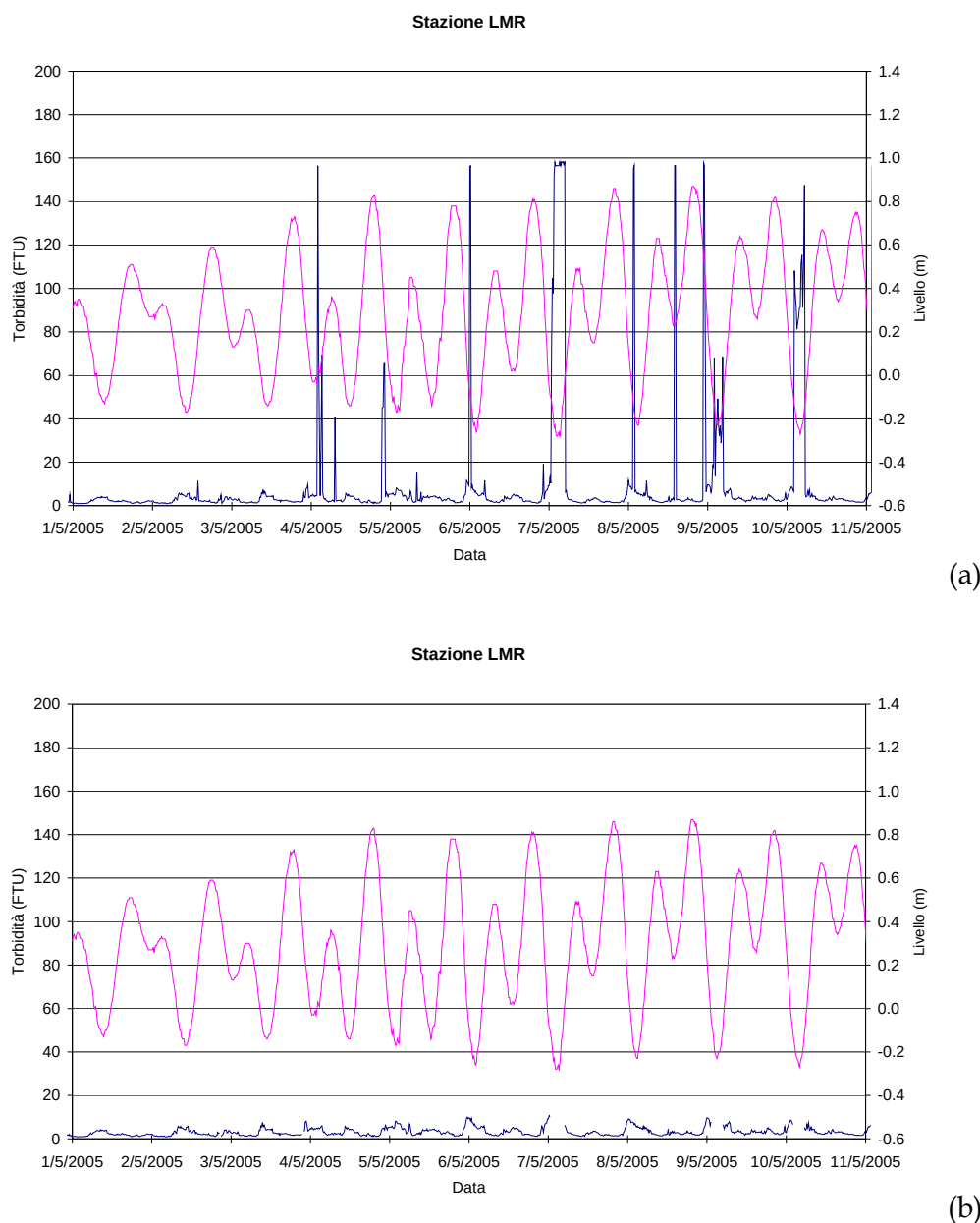


Figura 5.1.1. Particolare della serie temporale della torbidità alla stazione LMR prima (a) e dopo (b) l'applicazione del filtro per la rimozione dei picchi spuri.

Per rendere più stabile l'andamento della variabile, comunque soggetta a delle 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 5.1.2. è visualizzato l'aspetto della stessa serie rappresentata in Figura 5.1.1b dopo l'applicazione del filtro.

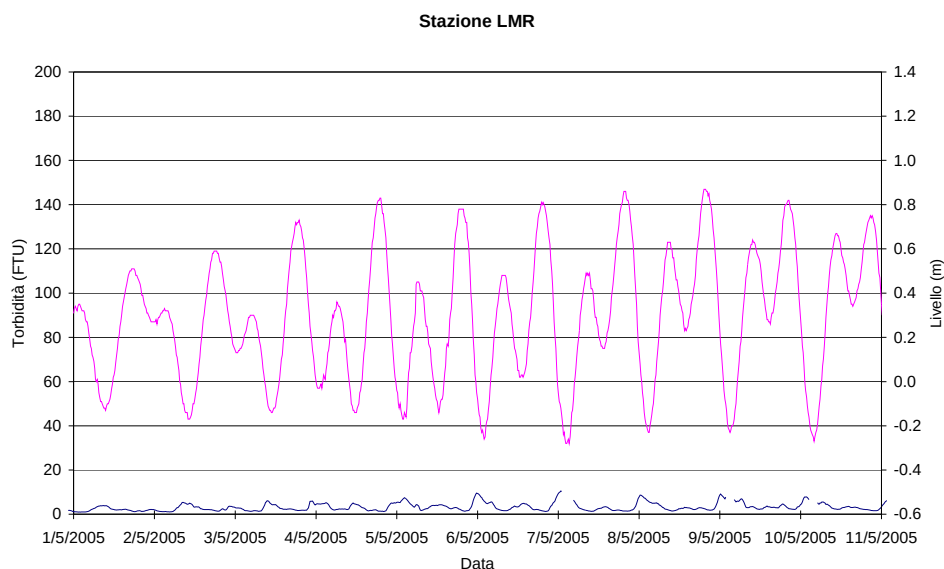


Figura 5.1.2. Particolare della serie temporale della torbidità alla stazione LMR dopo l'applicazione del filtro per la rimozione delle oscillazioni di breve periodo.

4.4.2 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 5.2.1 e 5.2.2. 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 5.2.1a) 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 5.2.1b.

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

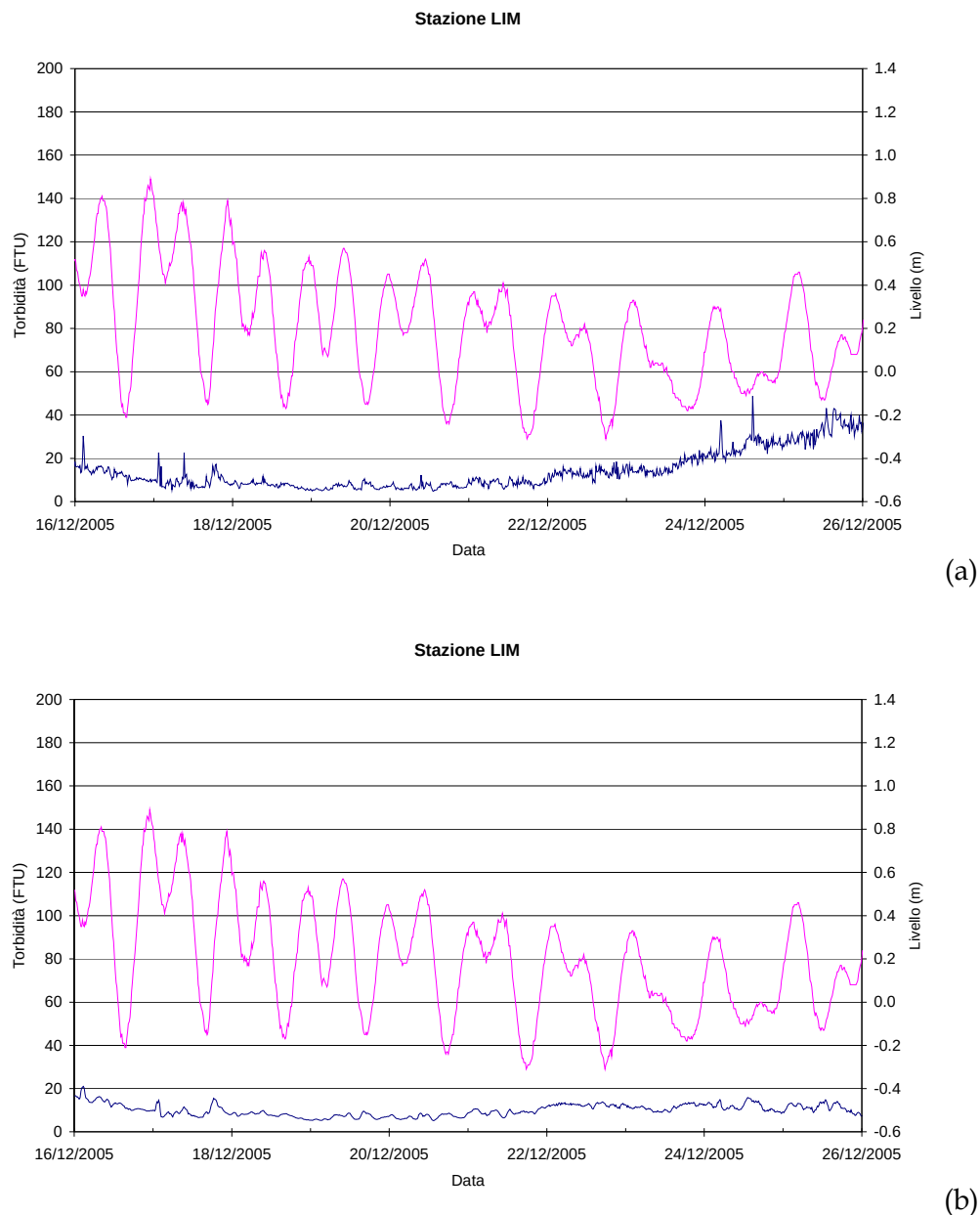


Figura 5.2.1. Particolare della serie temporale della Stazione LIM, prima (a) e dopo (b) l'applicazione della correzione per la deriva dovuta al fouling e del filtro precedentemente descritto.

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 5.2.2a (15-19 Ottobre 2005). 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

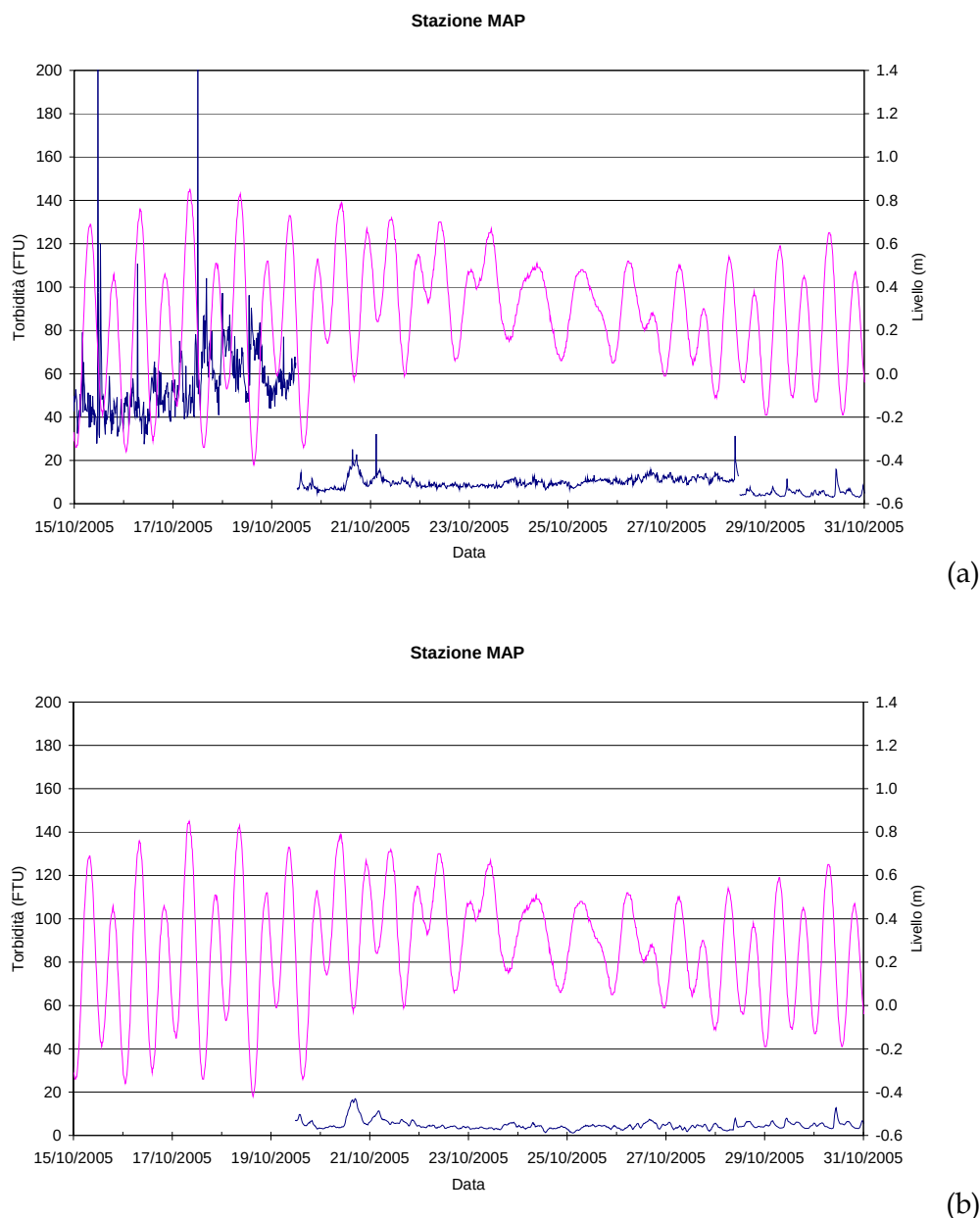


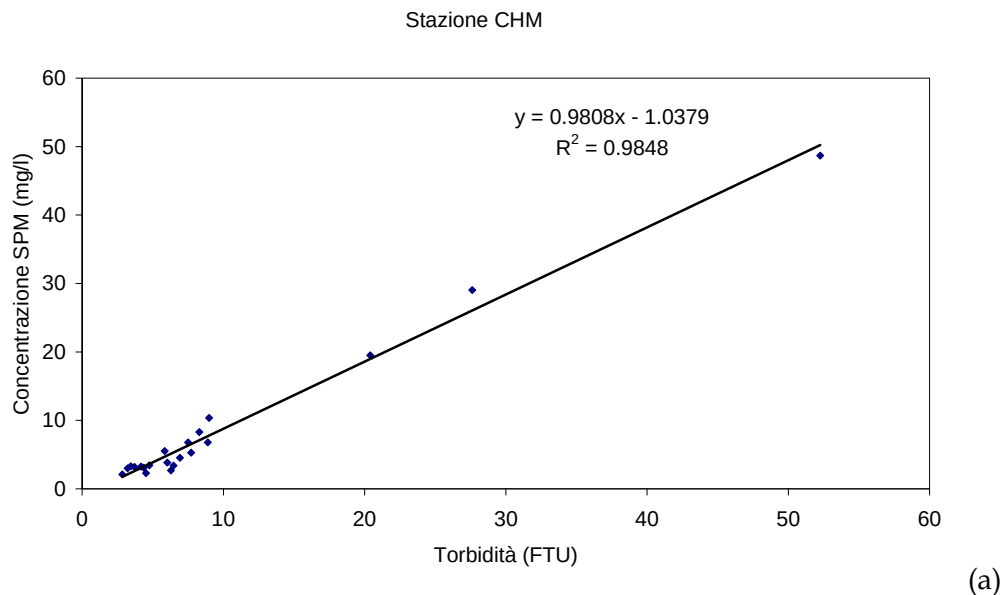
Figura 5.2.2. Particolare della serie temporale della stazione MAP, prima (a) e dopo (b) l'applicazione della correzione per la deriva dovuta al fouling.

Nella Figura 5.2.2a è anche visibile un'altra caratteristica meno frequente delle acquisizioni (19-29 Ottobre 2005). Si tratta di una serie di dati affetti da una deriva lineare piuttosto lenta, per la quale molto probabilmente l'intervento di pulizia effettuato il 19 Ottobre non ha comportato la completa eliminazione delle incrostazioni dal sensore. La curva risultante, quindi, oltre alla deriva, è anche caratterizzata da una traslazione verticale causata dalla parziale occlusione dell'ottica da parte dei residui delle incrostazioni. Anche in questo caso la correzione può essere eseguita grazie al controllo rappresentato dai valori della concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in corrispondenza dei due interventi di manutenzione effettuati all'inizio e al termine del periodo. Il risultato dell'applicazione delle correzioni è mostrato nella Figura 5.2.2b.

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

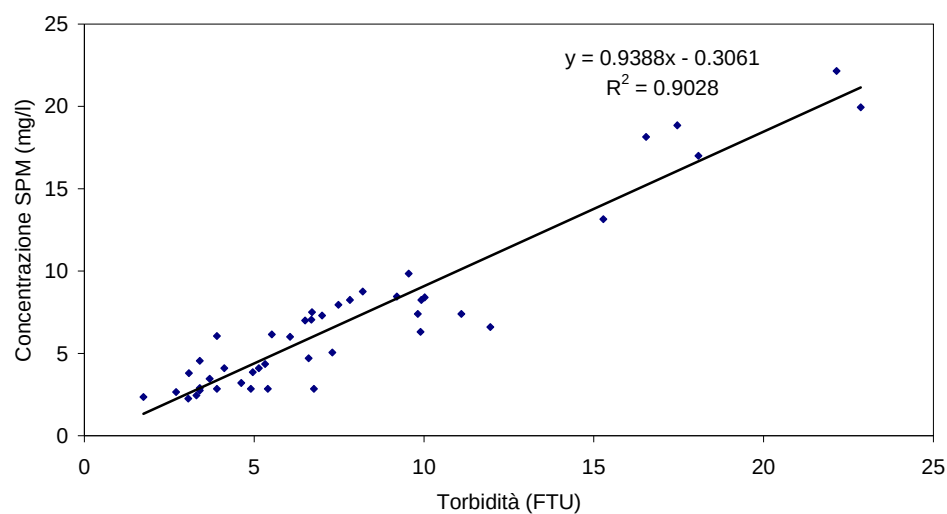
La calibrazione dei sensori per la misura della torbidità ai fini della stima delle concentrazioni istantanee di SPM è stata effettuata sulla base delle concentrazioni del particolato in sospensione misurate nei campioni d'acqua, prelevati in corrispondenza ai numerosi interventi di manutenzione, effettuati 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 considerevole 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 6.1a-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 MAP, per il quale il valore del coefficiente angolare della retta di regressione è di poco inferiore 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.



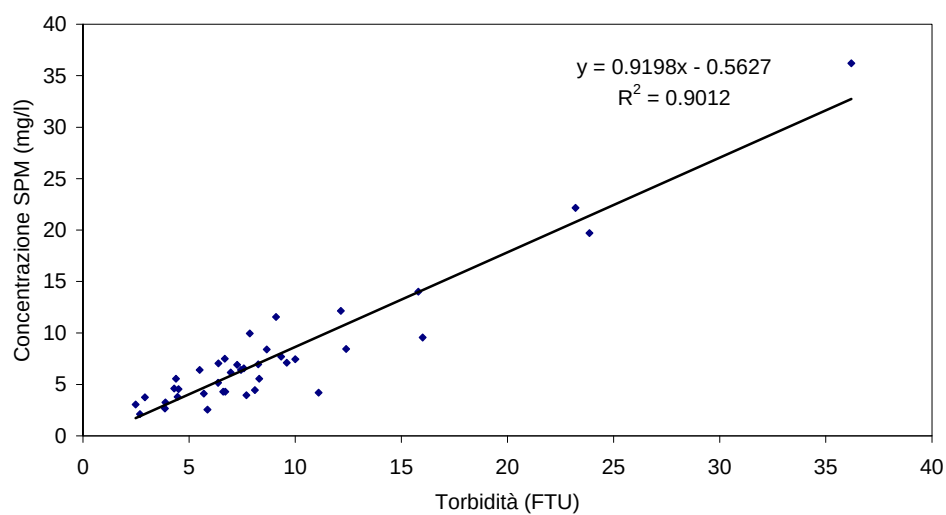
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Stazione CHP



(b)

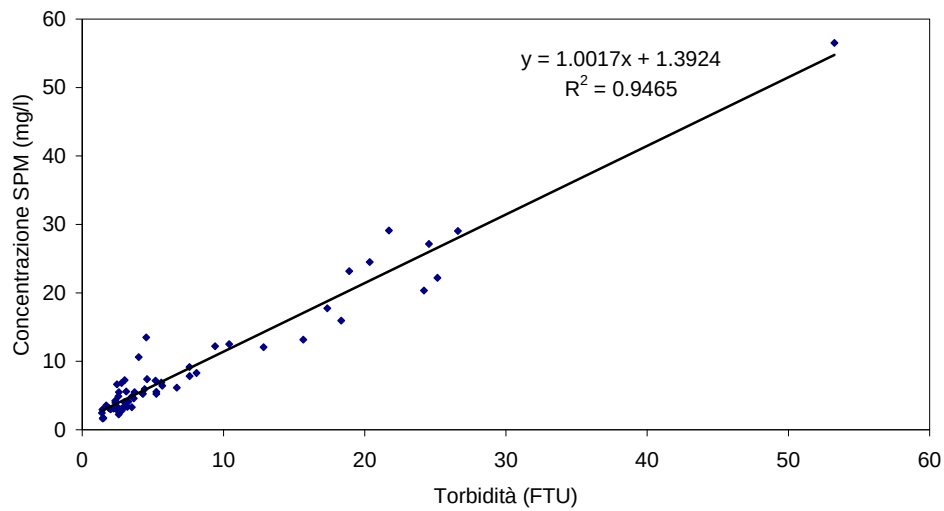
Stazione LIM



(c)

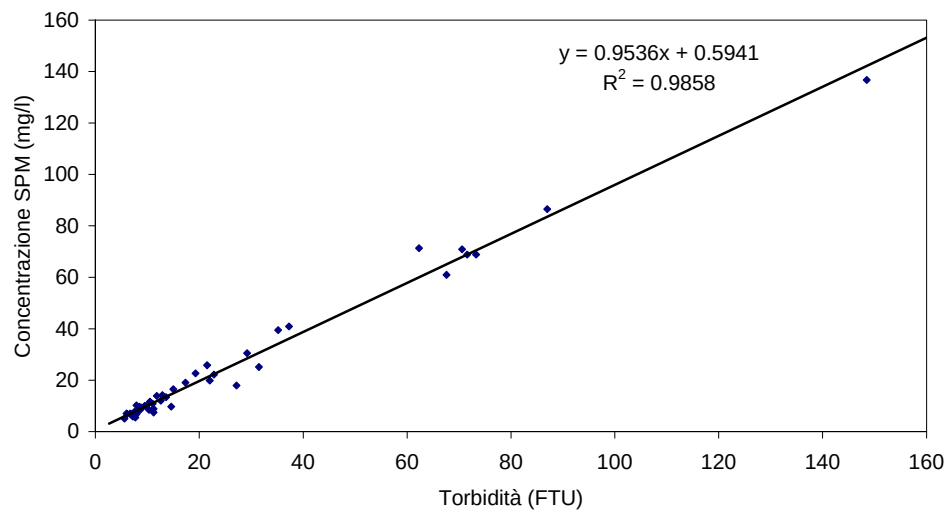
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Stazione LMR



(d)

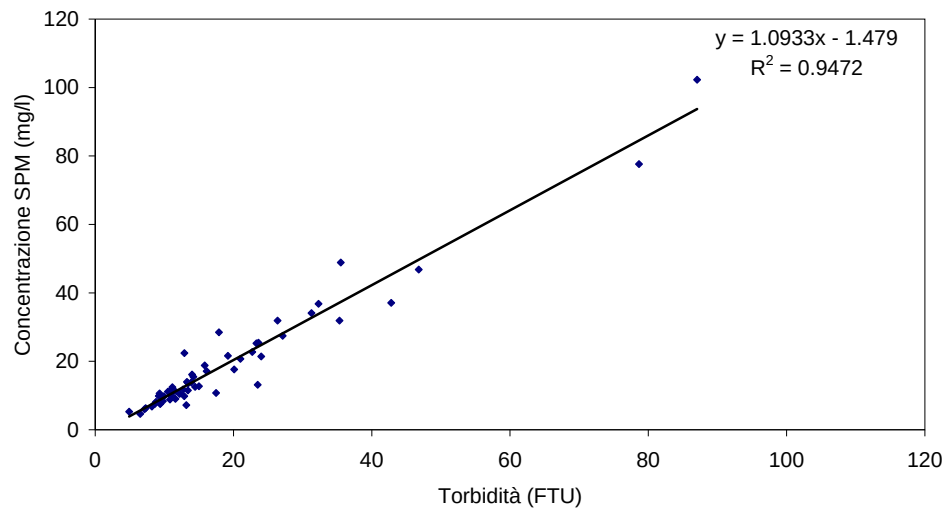
Stazione LSN



(e)

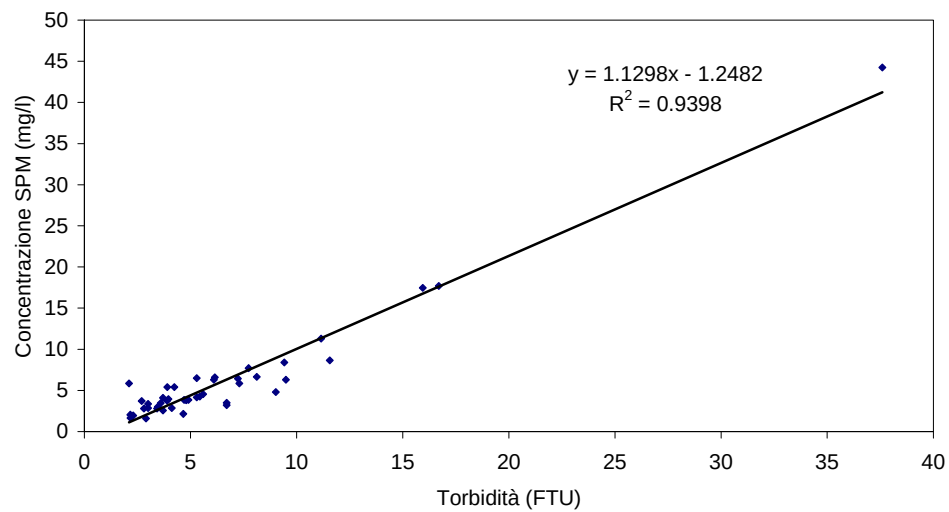
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Stazione LTP



(f)

Stazione MAM



(g)

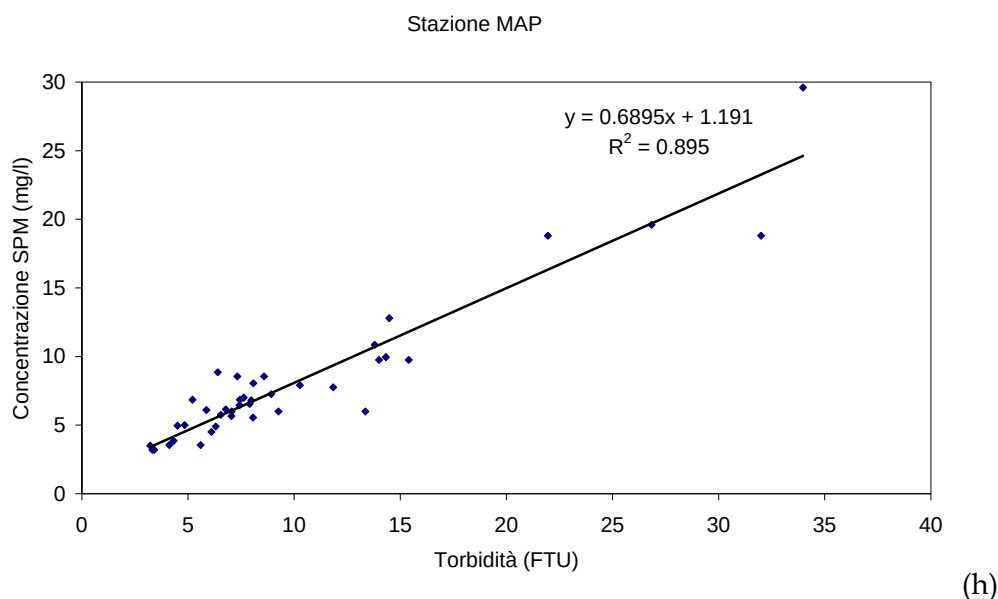


Figura 6.1. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde nelle diverse stazioni considerate ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione.

4.6 Serie temporali della torbidità/SPM

Le serie temporali del periodo Aprile 2006 – Maggio 2007 e i relativi grafici bimestrali della concentrazione del particolato in sospensione, in funzione del livello di marea e del vento, sono incluse nei file 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 7.1-7.8, insieme all'andamento del livello di marea. L'evoluzione della concentrazione in funzione dell'intensità del vento è, invece, rappresentata nelle Figure 7.9-7.16. Per facilitare il confronto fra i valori delle diverse stazioni la scala della concentrazione è stata mantenuta uguale in tutte le figure ad eccezione di quella relativa alla stazione CHM, dove si raggiungono massimi dell'ordine di 700 mg/l per l'evento del 23-24 Novembre 2005. Questo picco della stazione CHM è marcatamente più elevato dei corrispondenti valori delle altre stazioni a mare o in laguna ed è molto probabilmente dovuto ad accumulo di depositi sull'ottica dello strumento di misura. Questo accumulo è iniziato alcuni giorni prima del verificarsi dell'evento (intorno al 16 Novembre) ed i suoi effetti si sono sovrapposti all'aumento dei valori della concentrazione dovuti al fenomeno naturale. Successivamente, i depositi sono stati rimossi ad opera delle correnti o del moto ondoso (piuttosto intenso in questo periodo) e i valori sono diminuiti spontaneamente nella fase finale dell'evento, fino a raggiungere i livelli tipicamente riscontrati, peraltro confermati dai campioni d'acqua prelevati nel periodo successivo. Non è pertanto possibile separare la componente accidentale da quella naturale, legata al fenomeno della risospensione indotta dal moto ondoso, ed i valori estremi registrati dallo strumento in questo periodo sono da considerarsi come non affidabili. Risultano, invece, più realistiche le registrazioni dell'evento del 12-15 Dicembre 2005,

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

che dimostrerebbero come questa stazione, per la sua posizione, sia comunque caratterizzata da concentrazioni piuttosto elevate in corrispondenza ai fenomeni di moto ondoso.

I risultati dell'elaborazione statistica delle informazioni disponibili per le otto stazioni sono riportati nella Tabella 7.1.

Stazione CHM

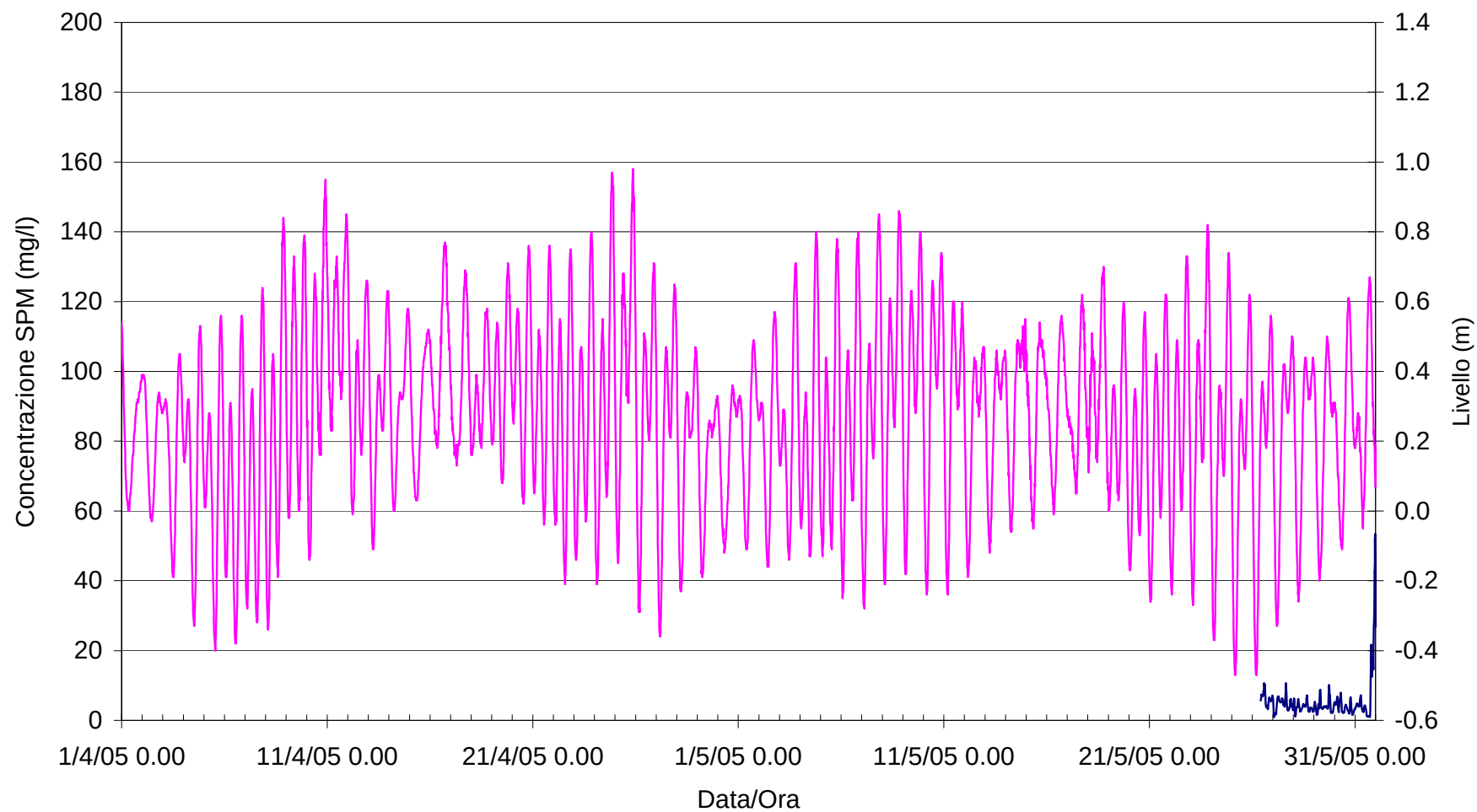


Figura 7.1 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHM nel periodo Aprile-Maggio 2005.

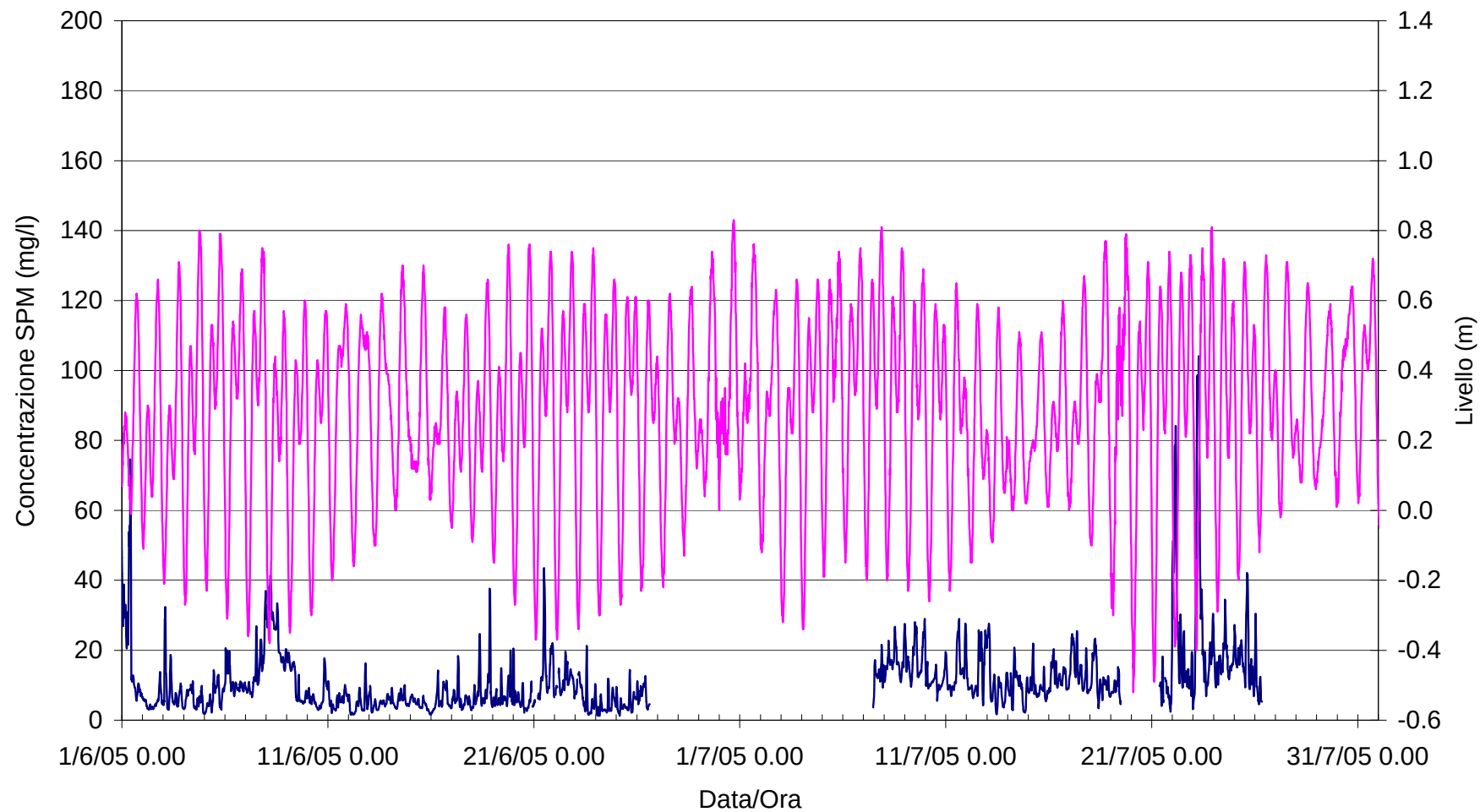
Stazione CHM

Figura 7.1 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHM nel periodo Giugno-Luglio 2005.

Stazione CHM

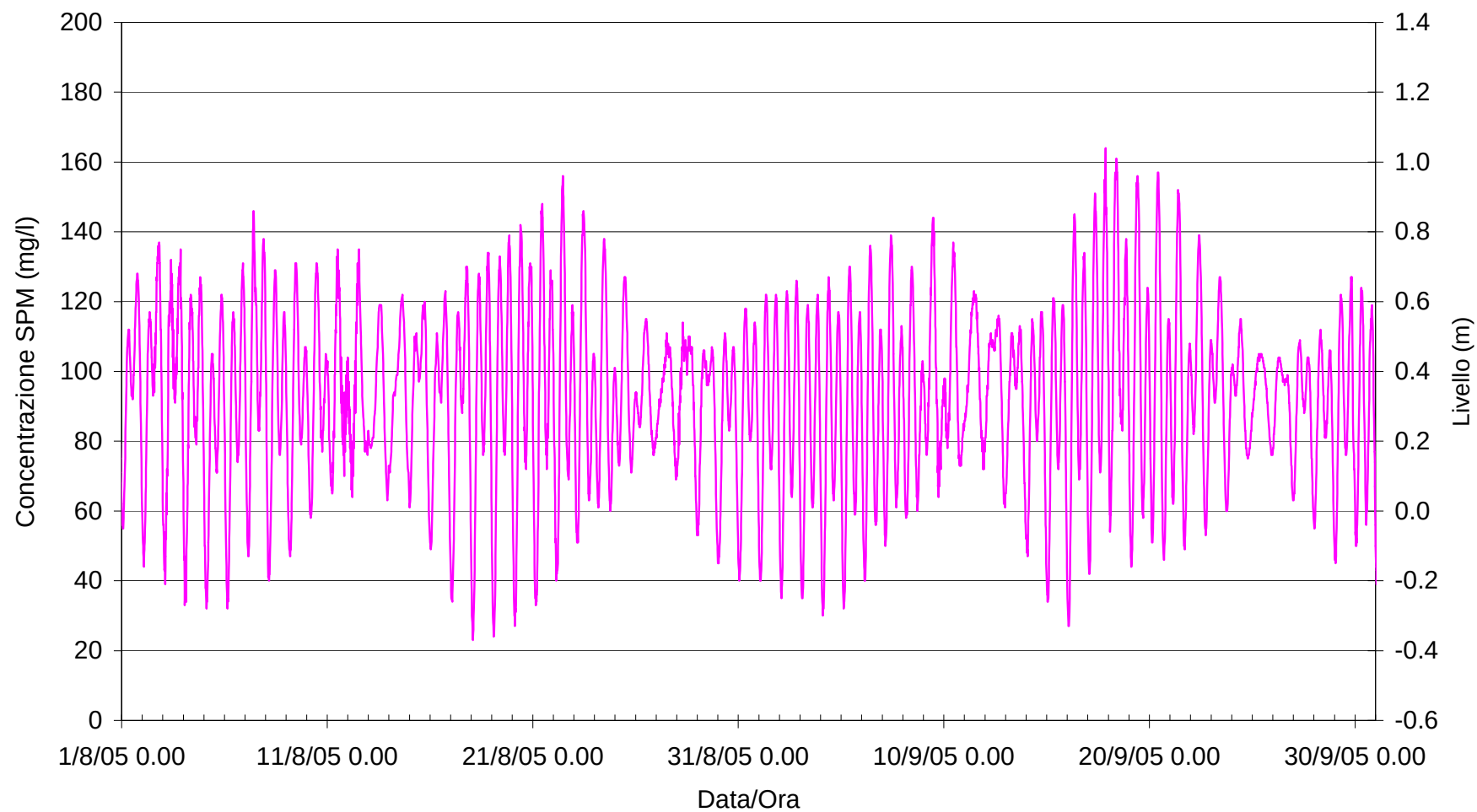


Figura 7.1 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHM nel periodo Agosto-Settembre 2005.

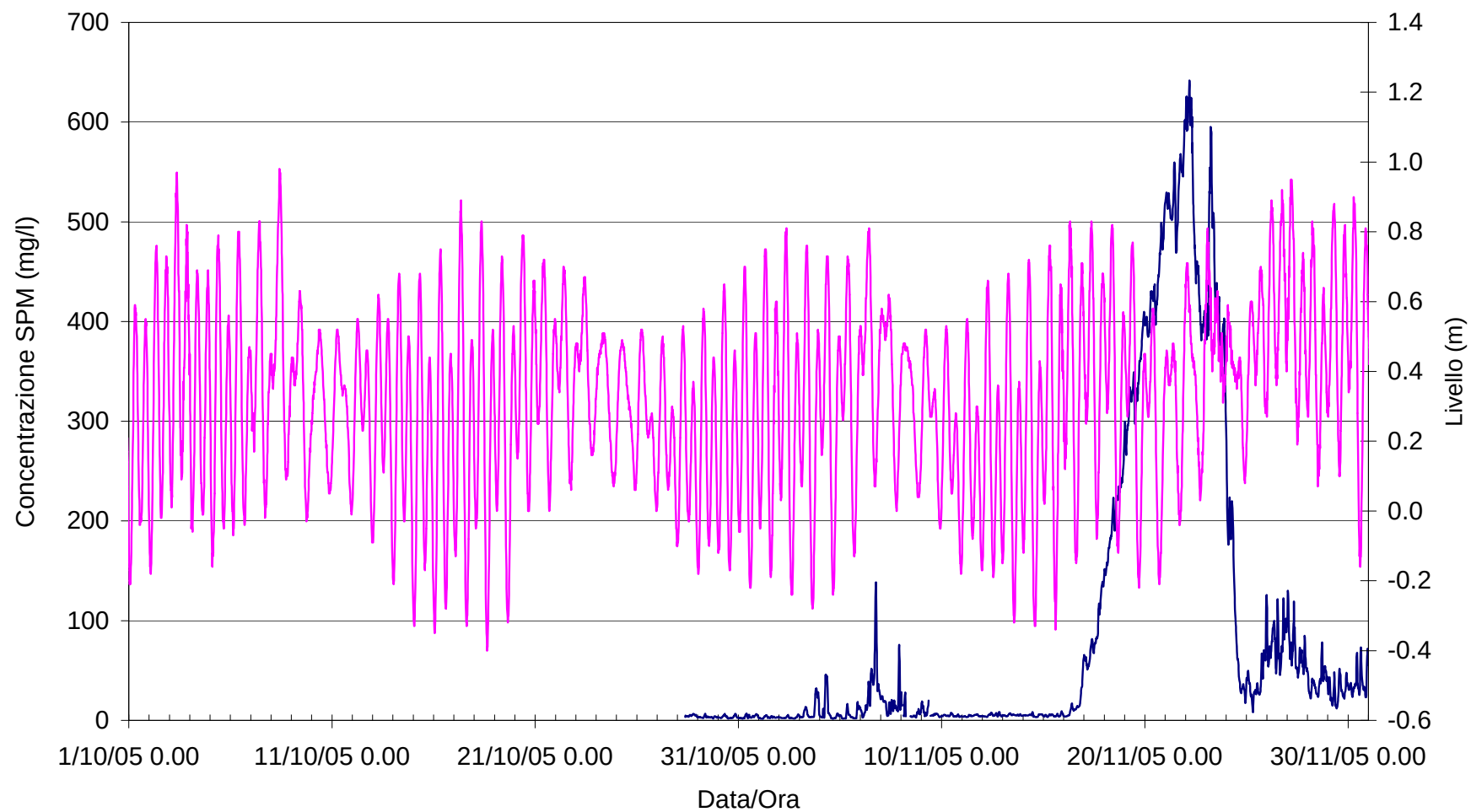
Stazione CHM

Figura 7.1 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHM nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

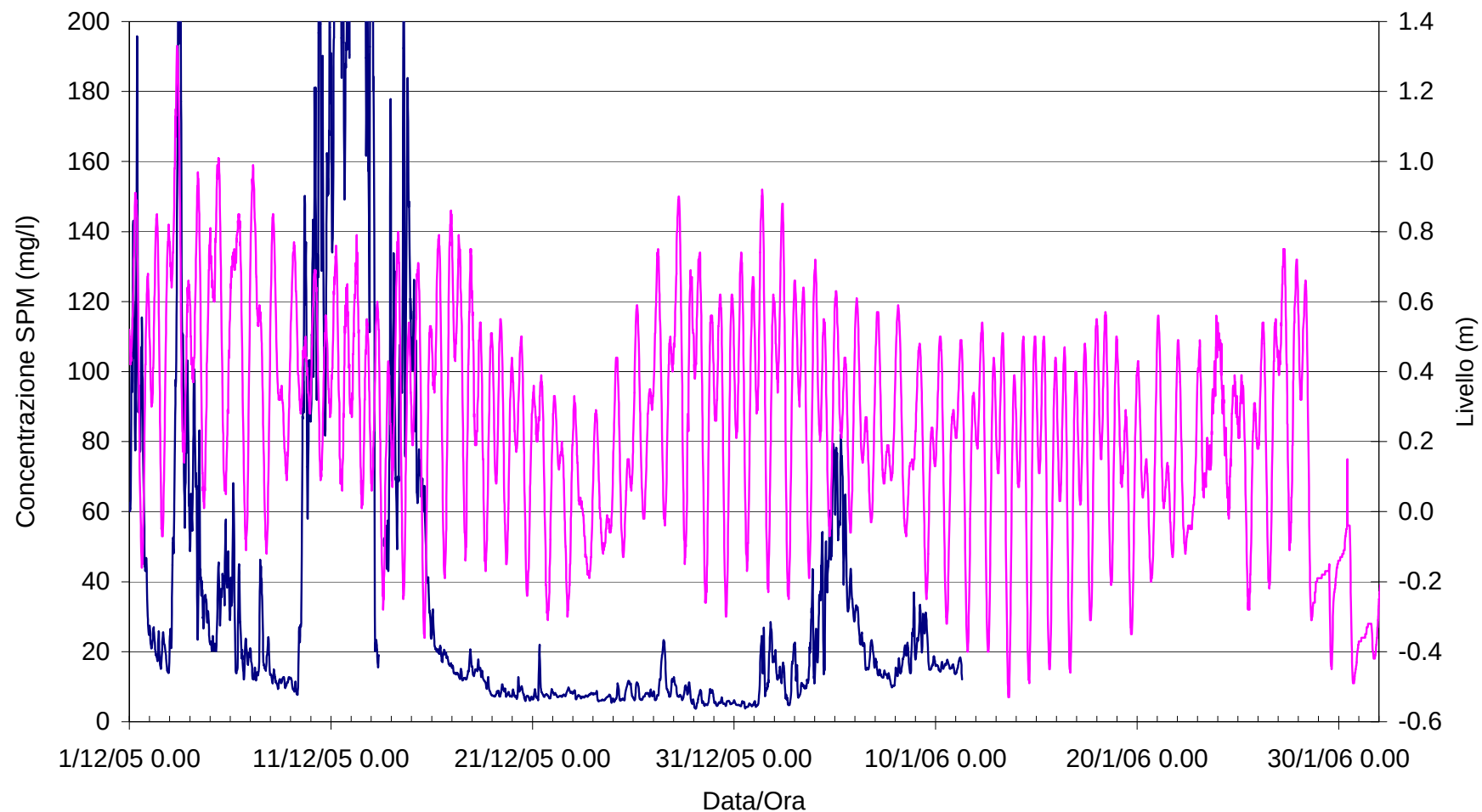
Stazione CHM

Figura 7.1 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHM nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

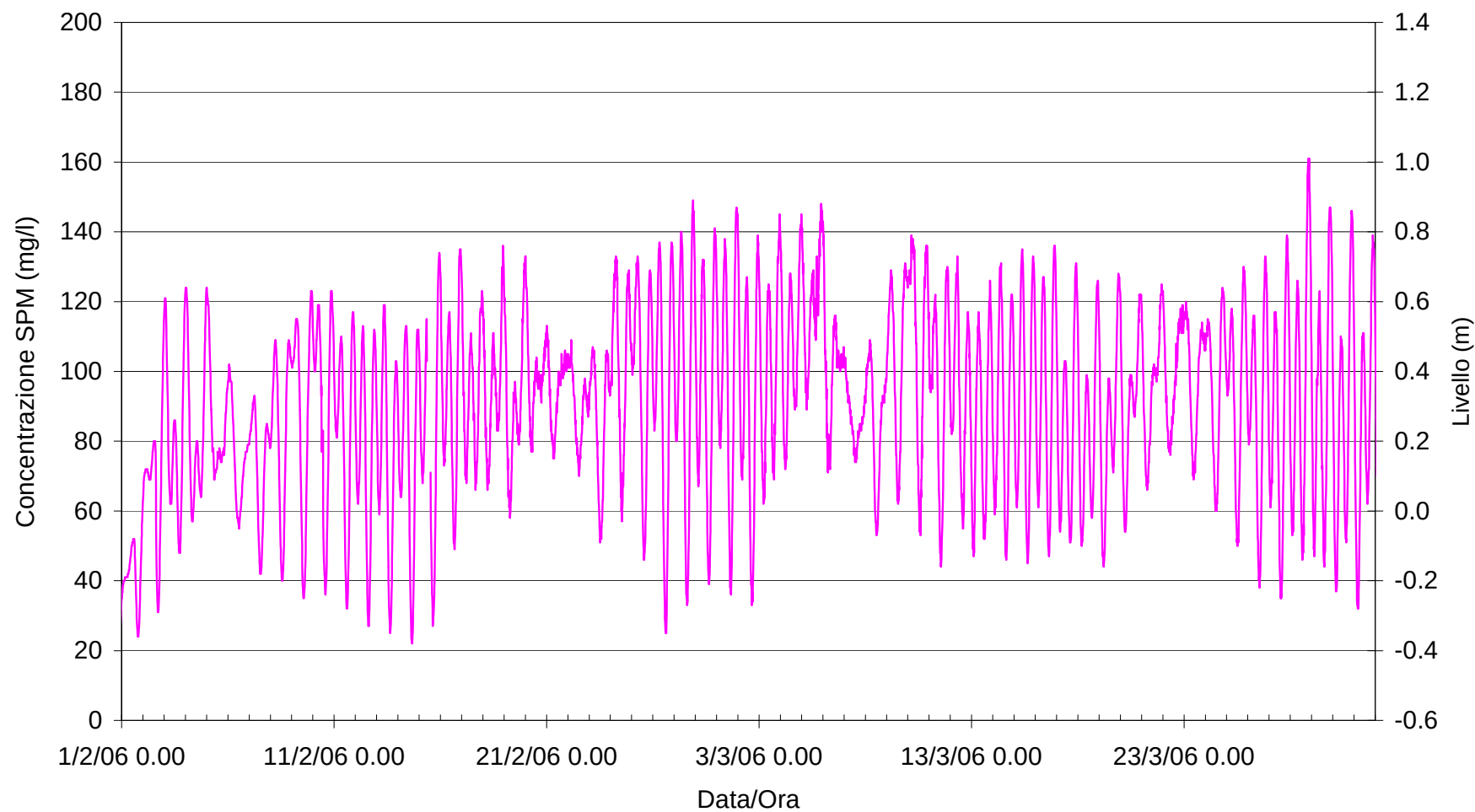
Stazione CHM

Figura 7.1 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHM nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

Stazione CHM

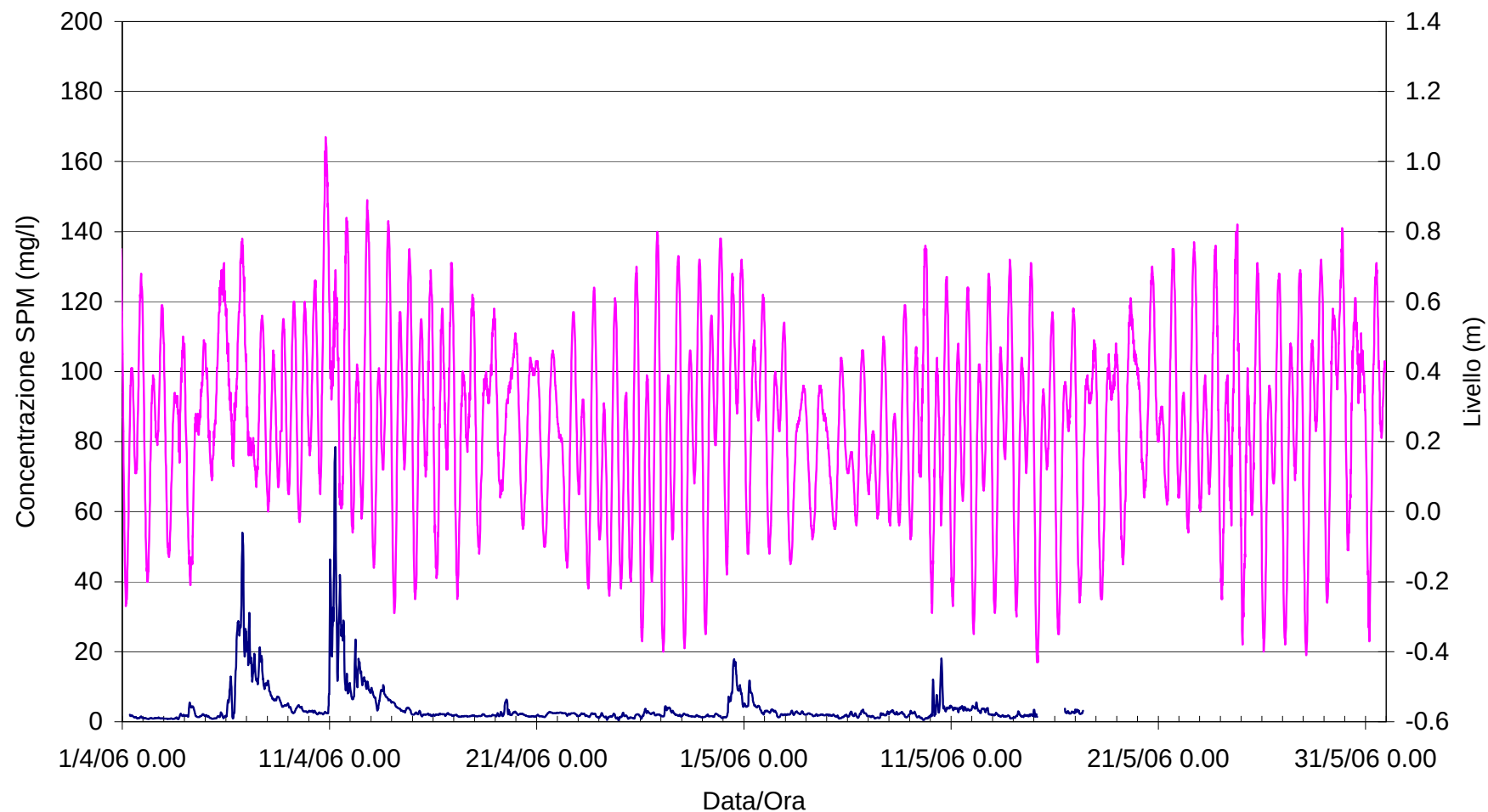


Figura 7.1 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHM nel periodo Aprile-Maggio 2006.

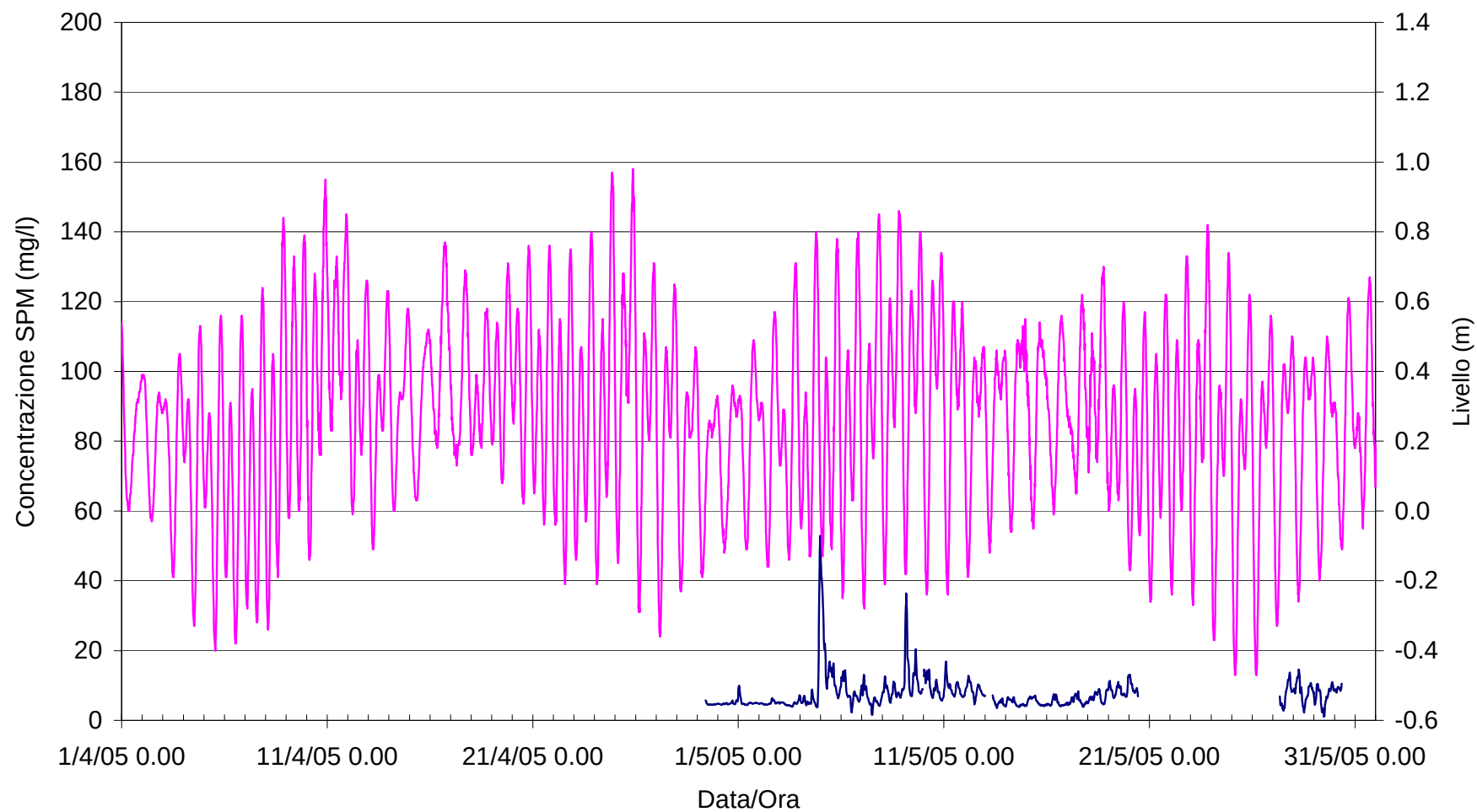
Stazione CHP

Figura 7.2 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Aprile-Maggio 2005.

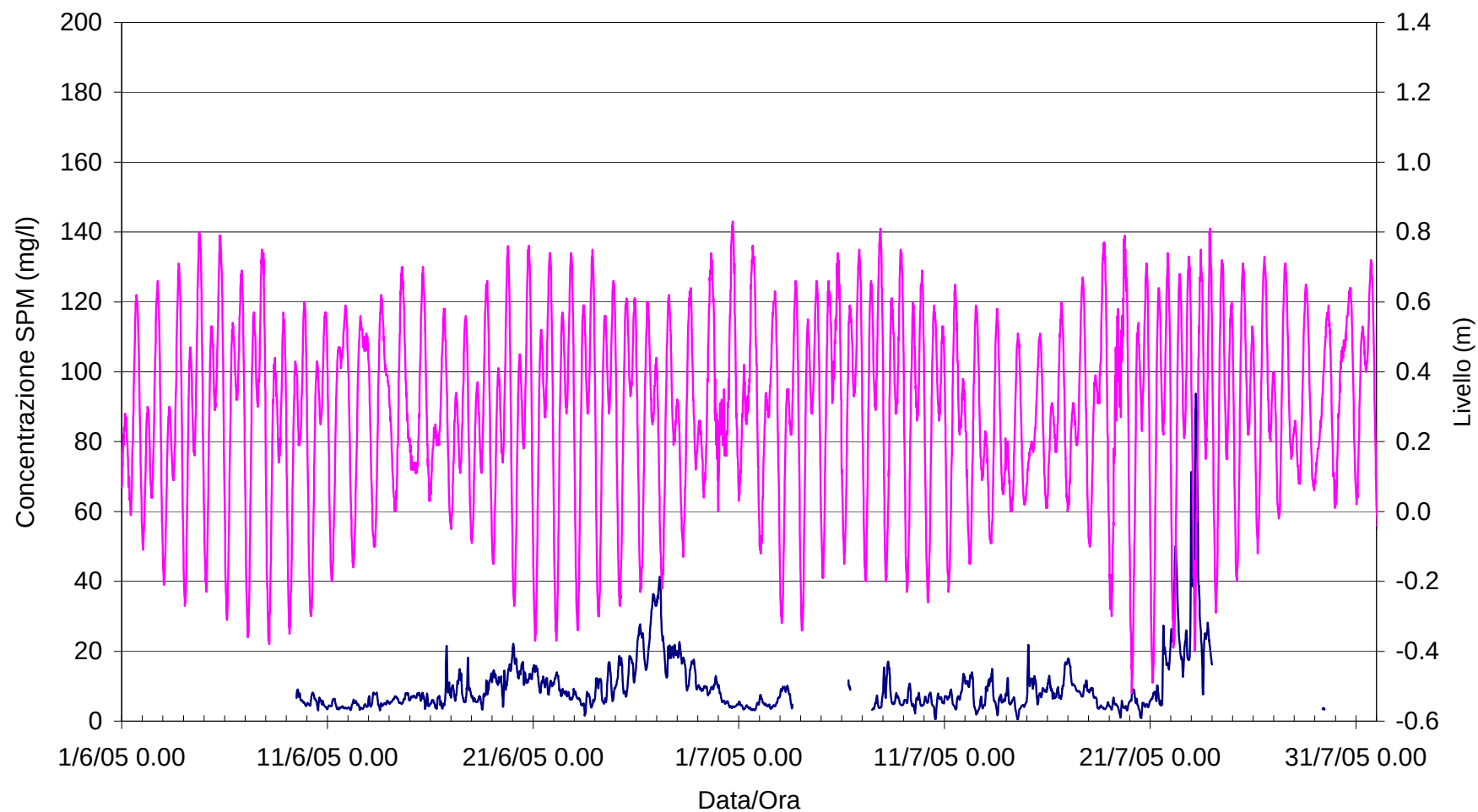
Stazione CHP

Figura 7.2 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Giugno-Luglio 2005.

Stazione CHP

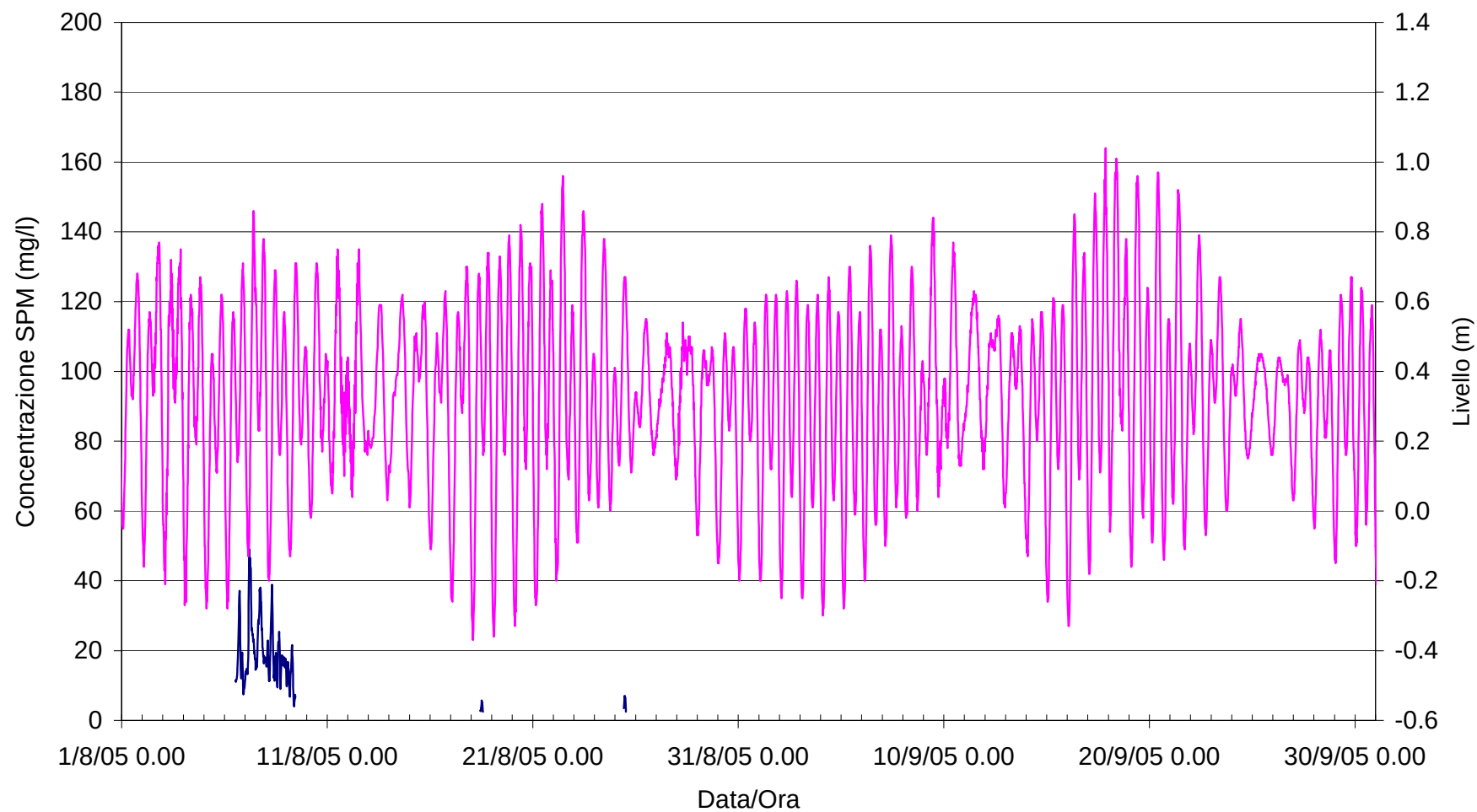


Figura 7.2 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Agosto-Settembre 2005.

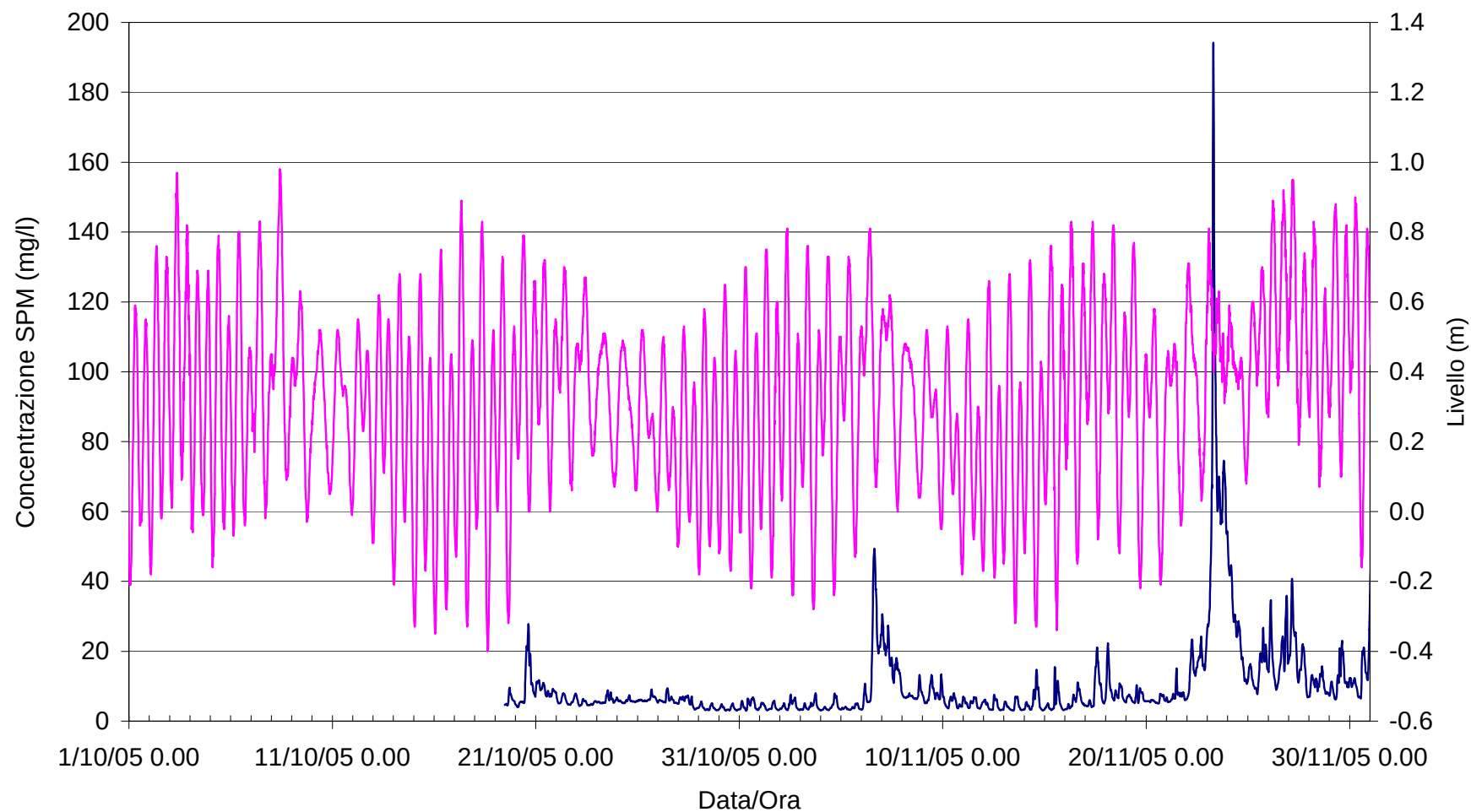
Stazione CHP

Figura 7.2 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

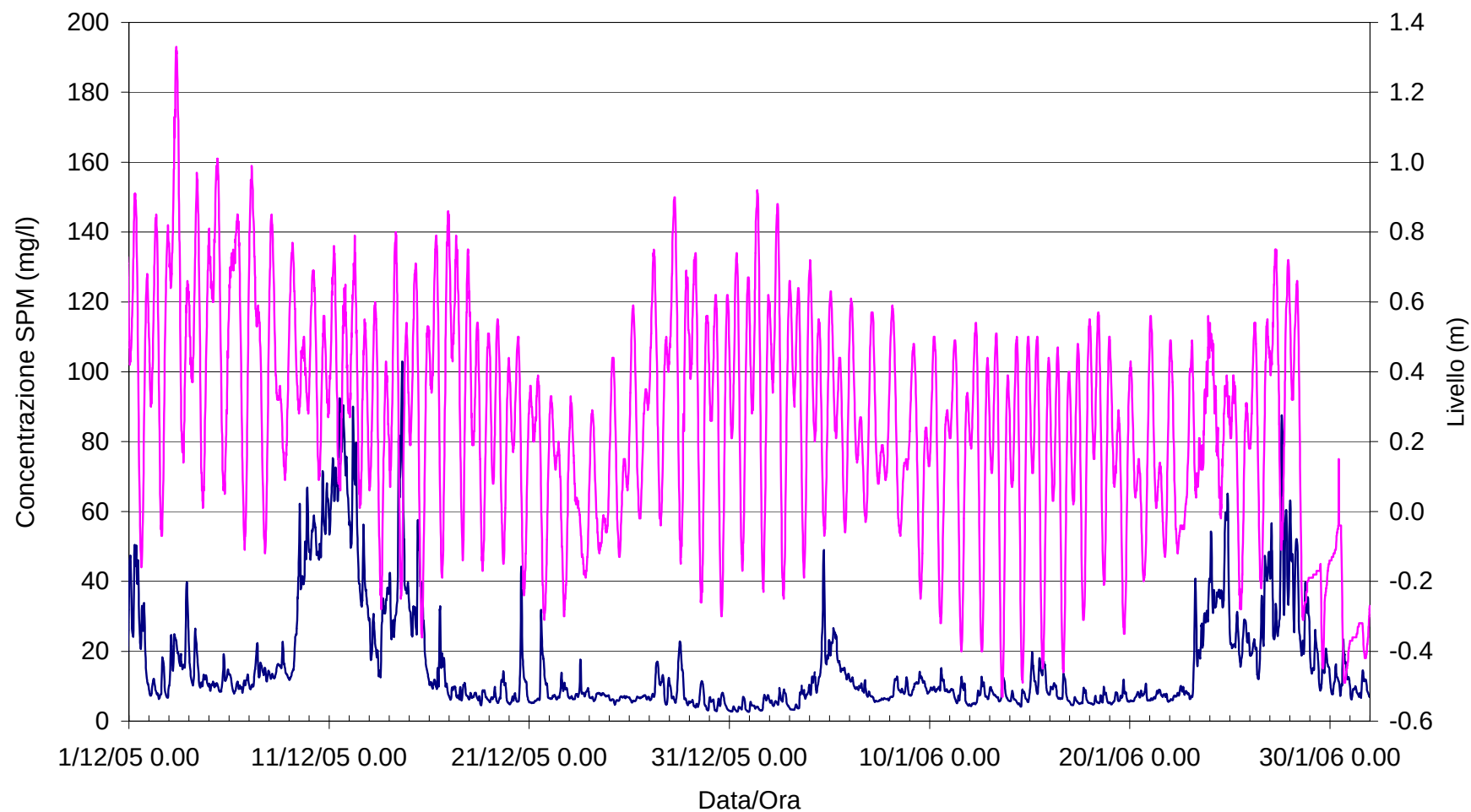
Stazione CHP

Figura 7.2 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

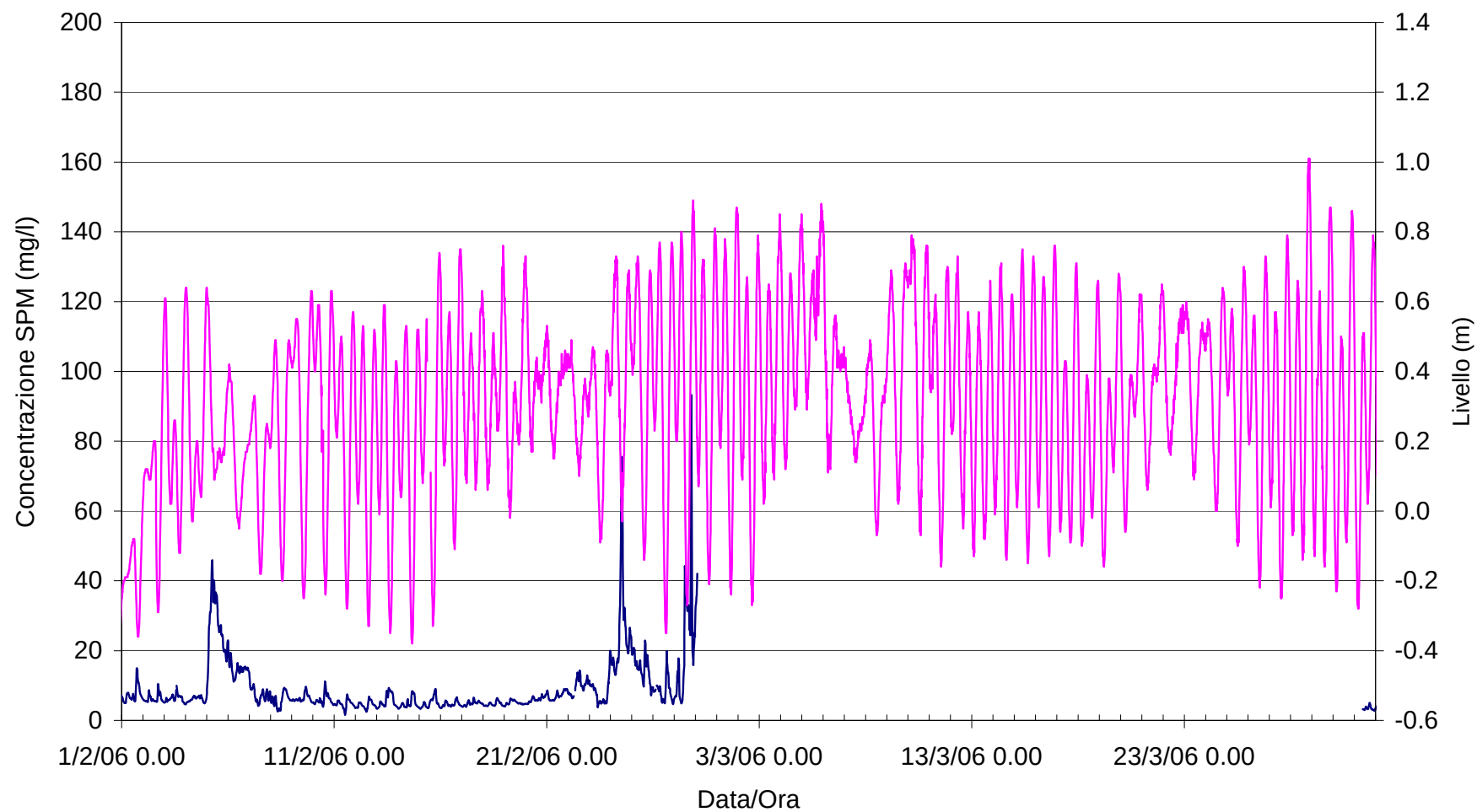
Stazione CHP

Figura 7.2 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

Stazione LIM

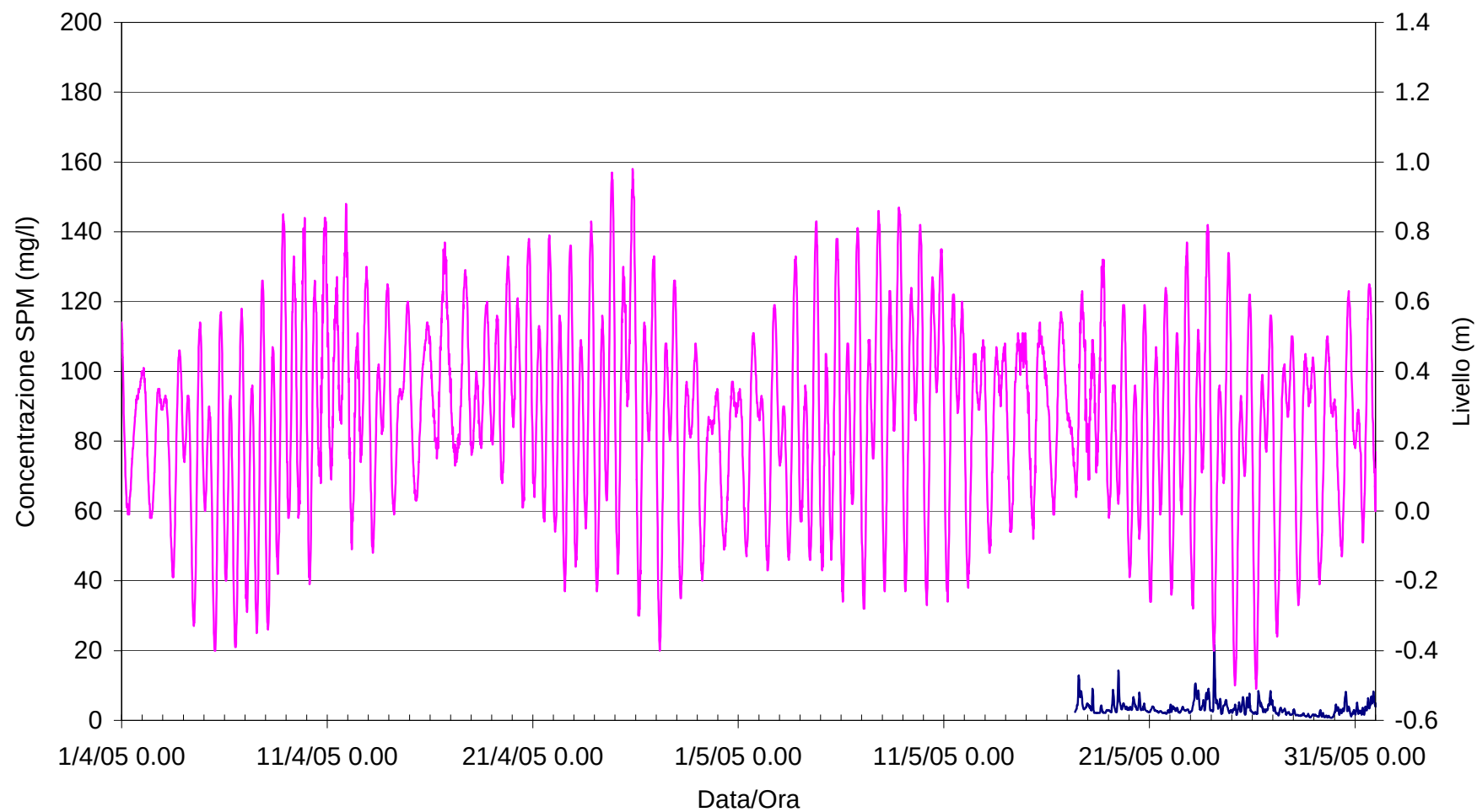


Figura 7.3 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Aprile-Maggio 2005.

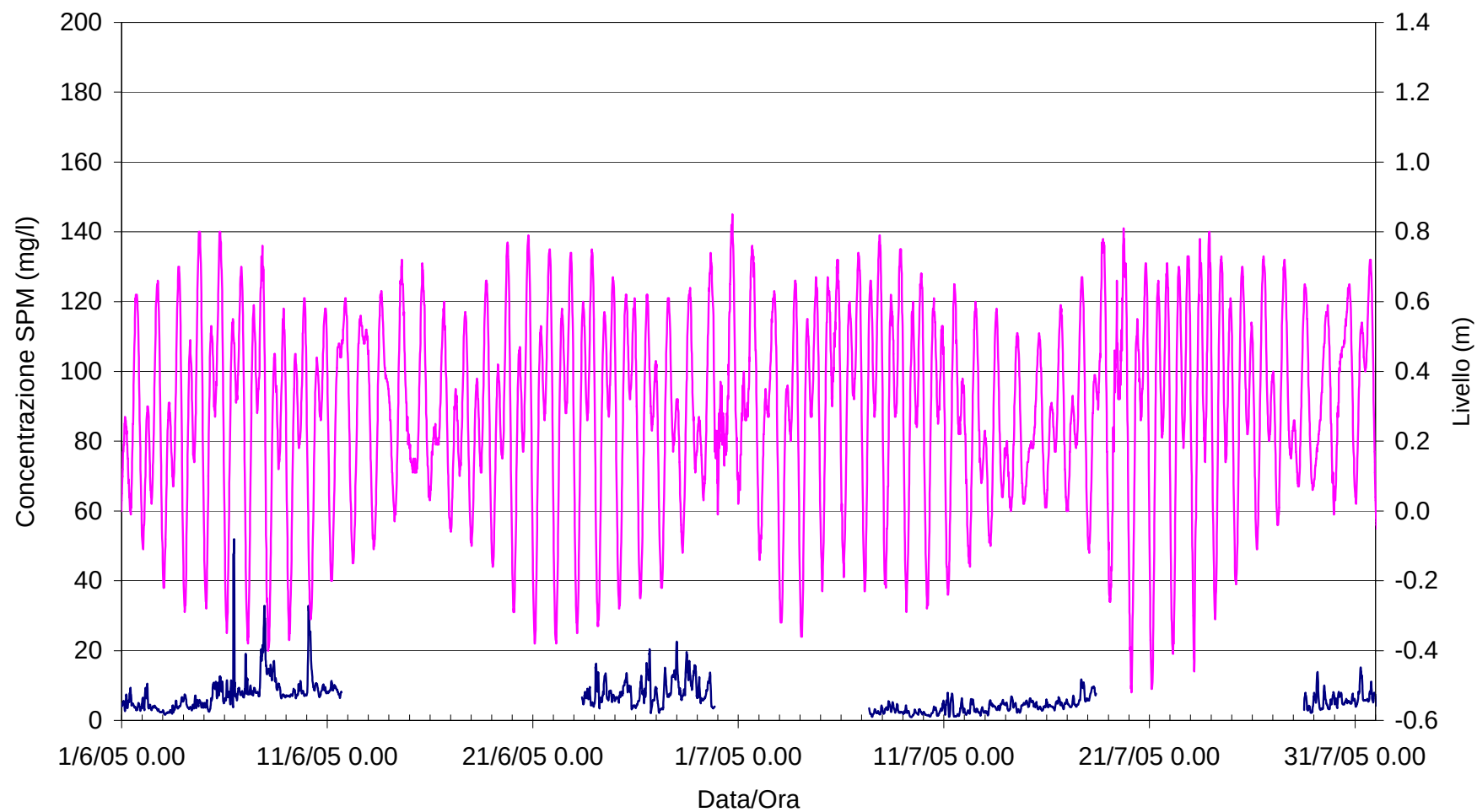
Stazione LIM

Figura 7.3 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Giugno-Luglio 2005.

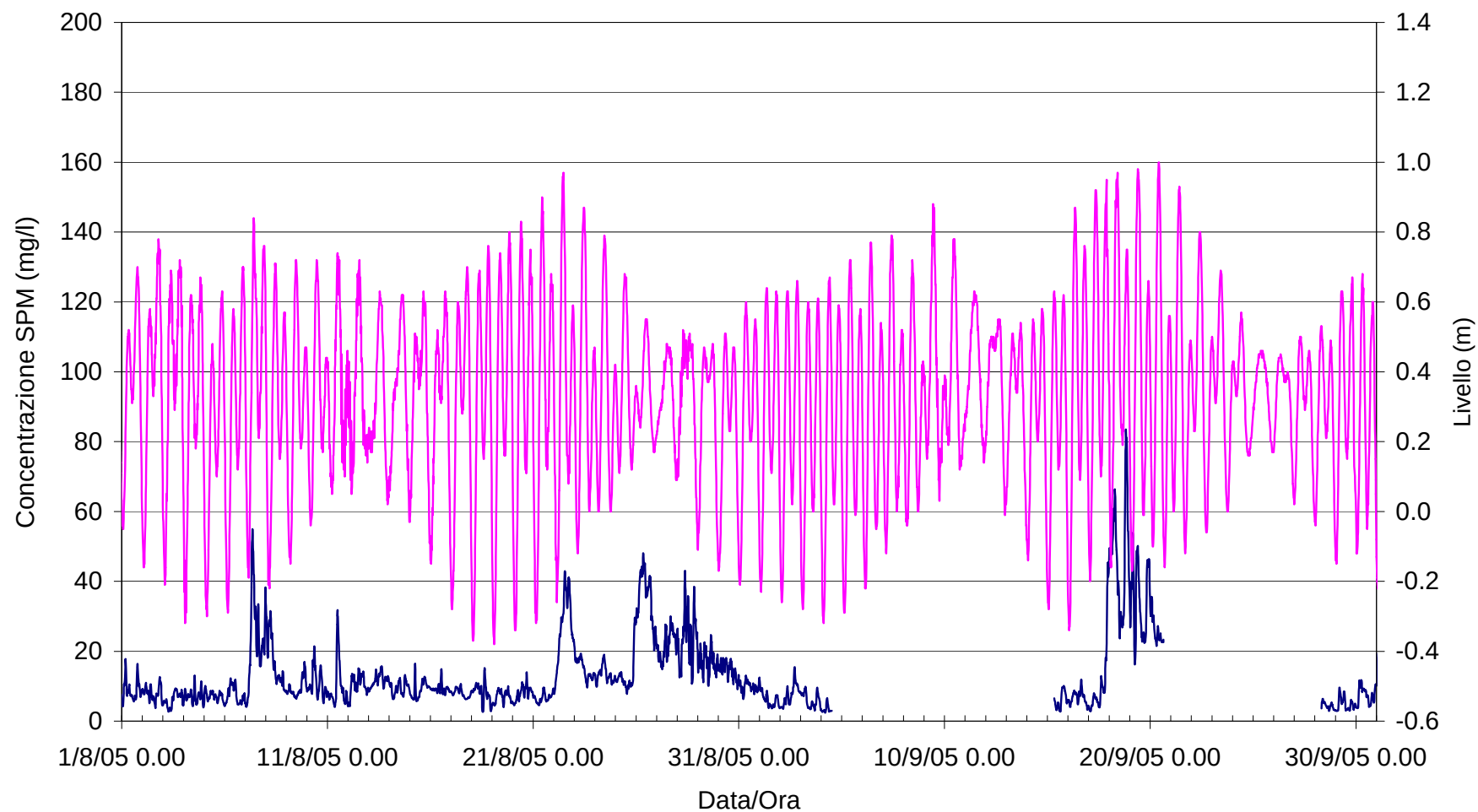
Stazione LIM

Figura 7.3 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Agosto-Settembre 2005.

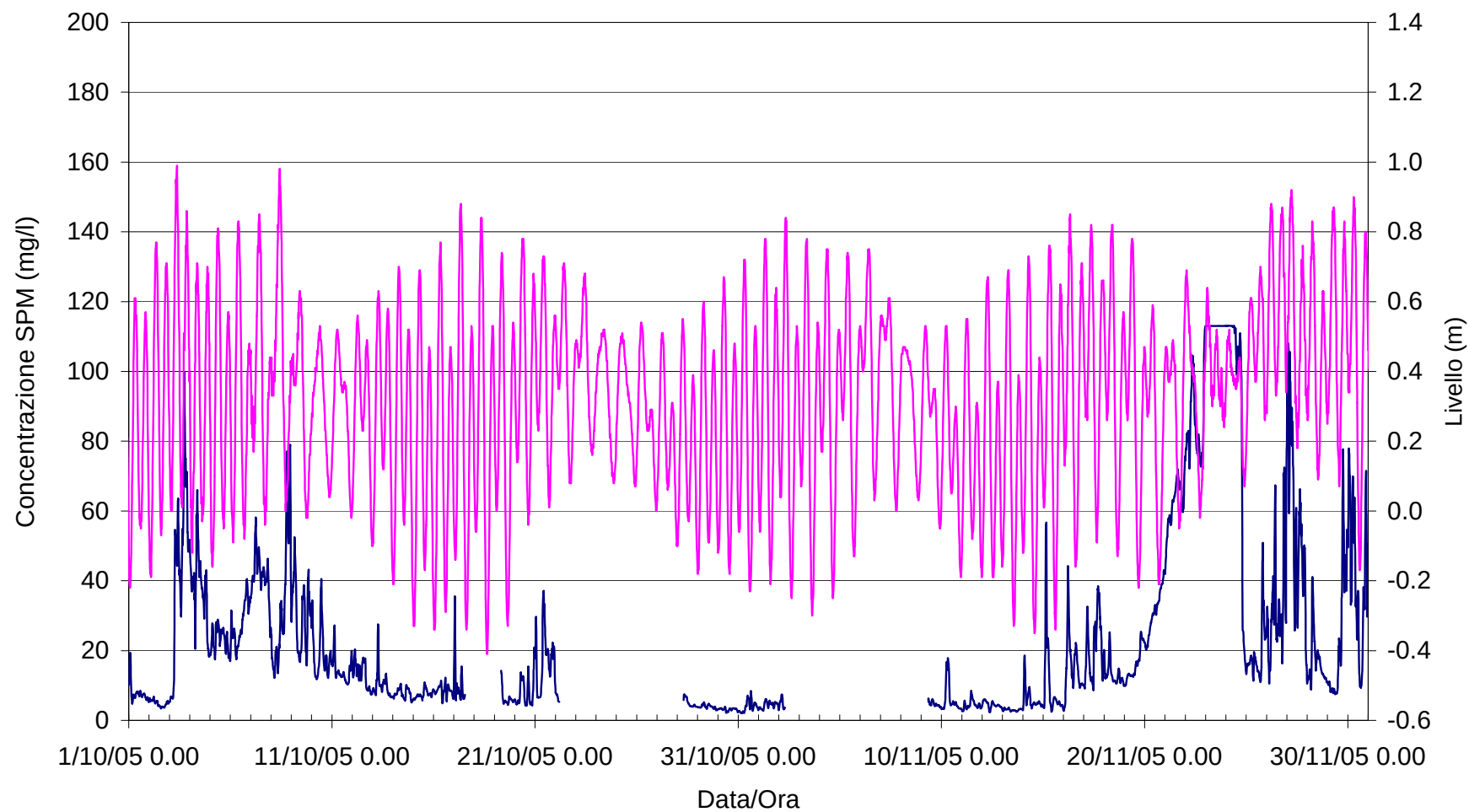
Stazione LIM

Figura 7.3 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

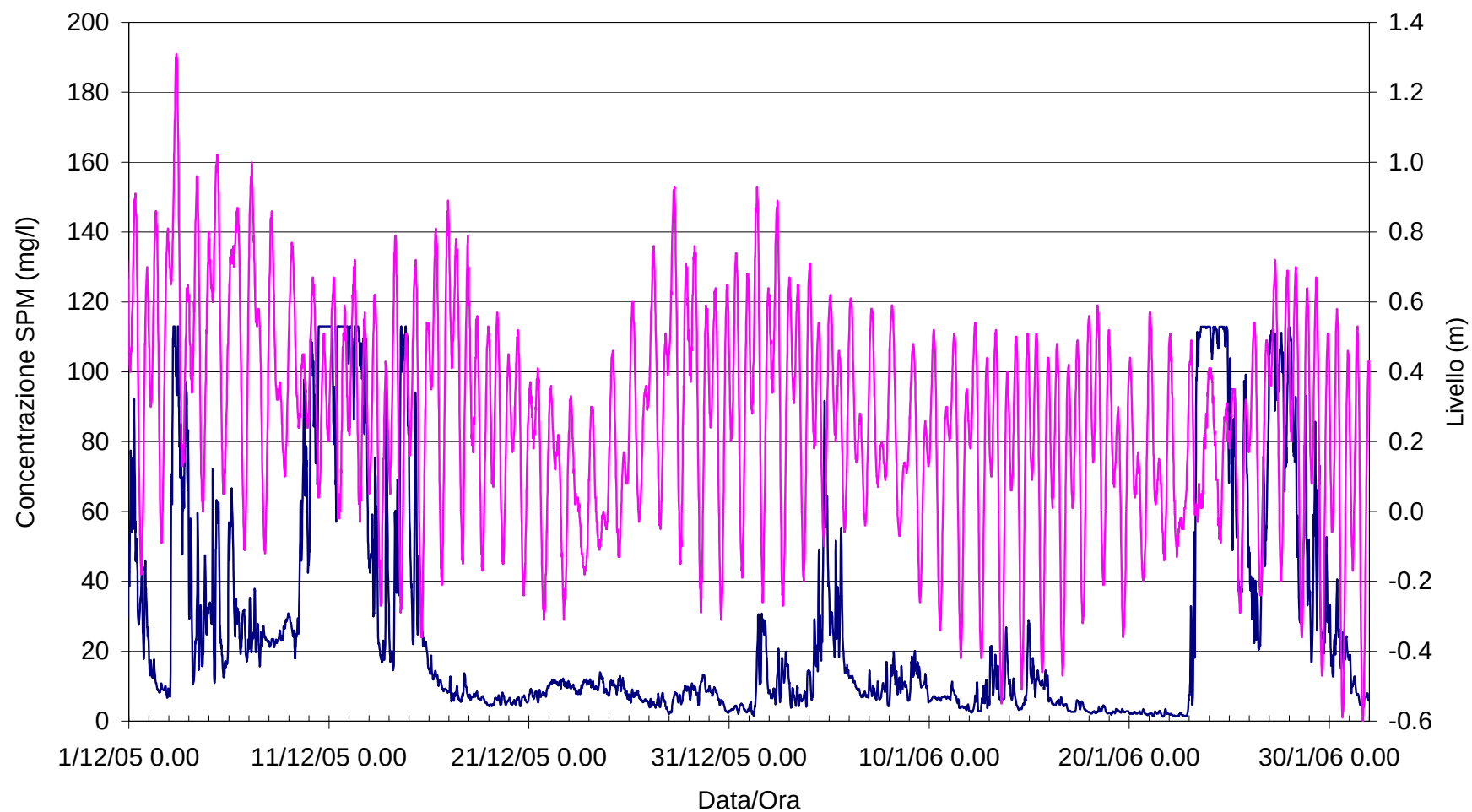
Stazione LIM

Figura 7.3 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

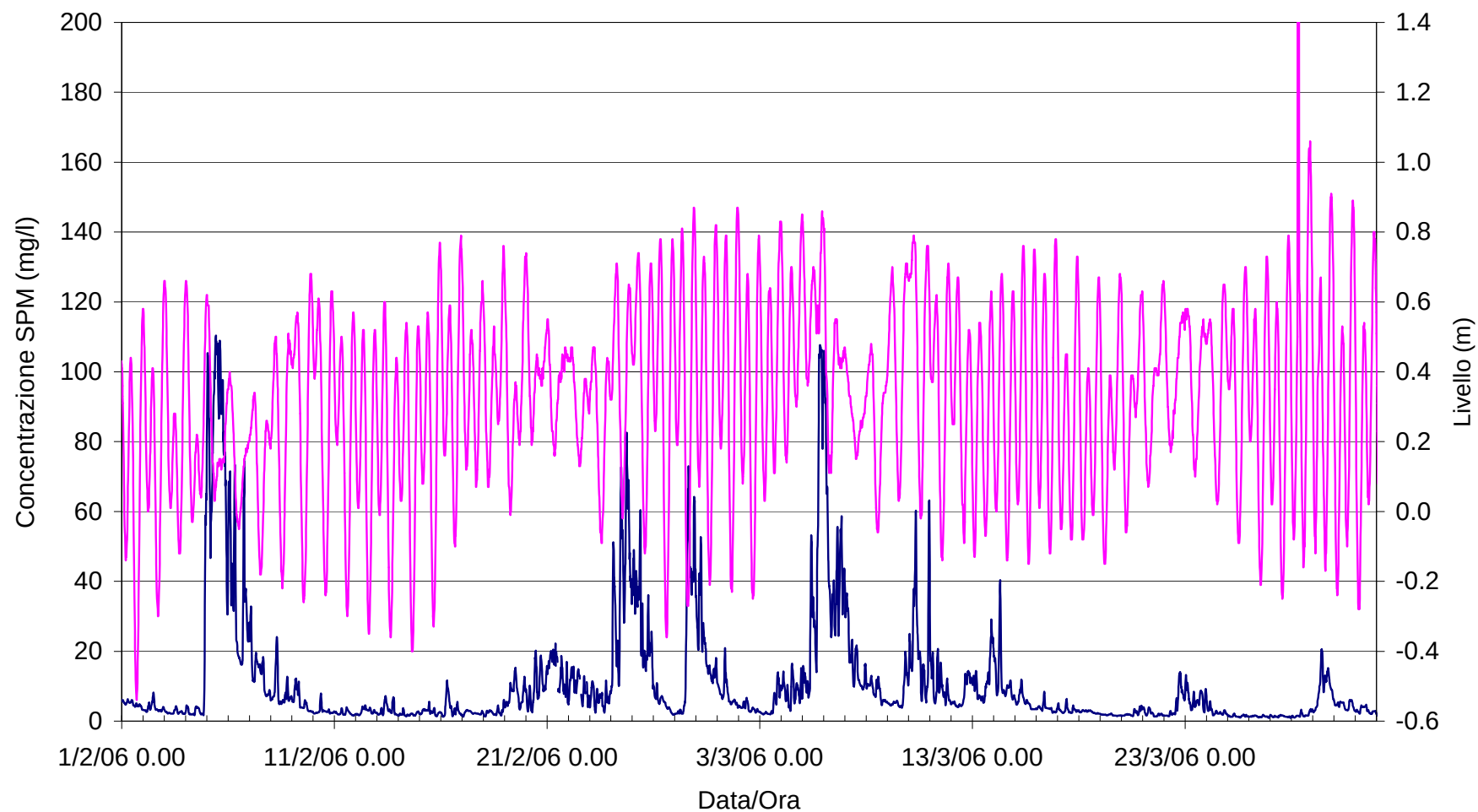
Stazione LIM

Figura 7.3 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

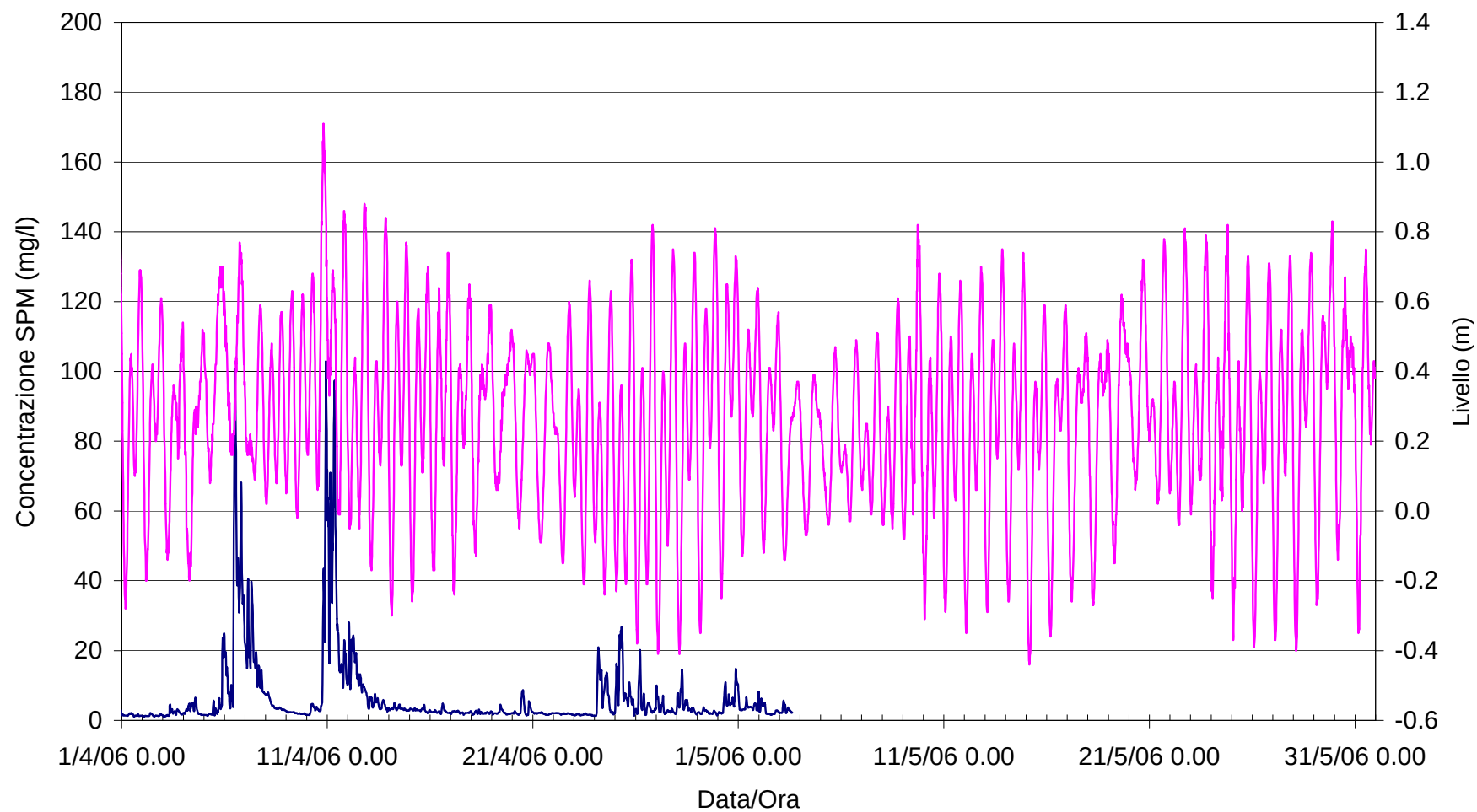
Stazione LIM

Figura 7.3 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Aprile-Maggio 2006.

Stazione LMR

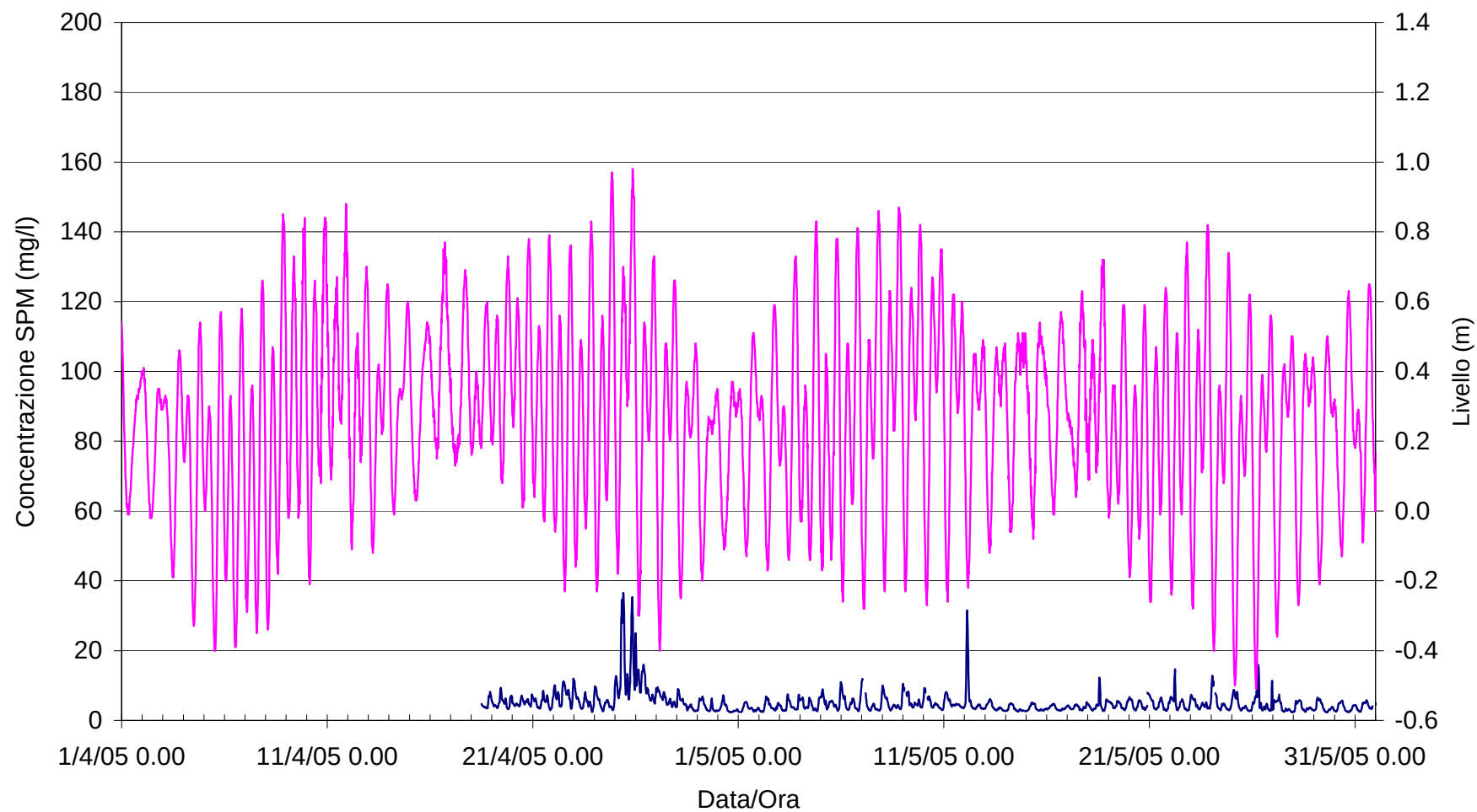


Figura 7.4 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Aprile-Maggio 2005.

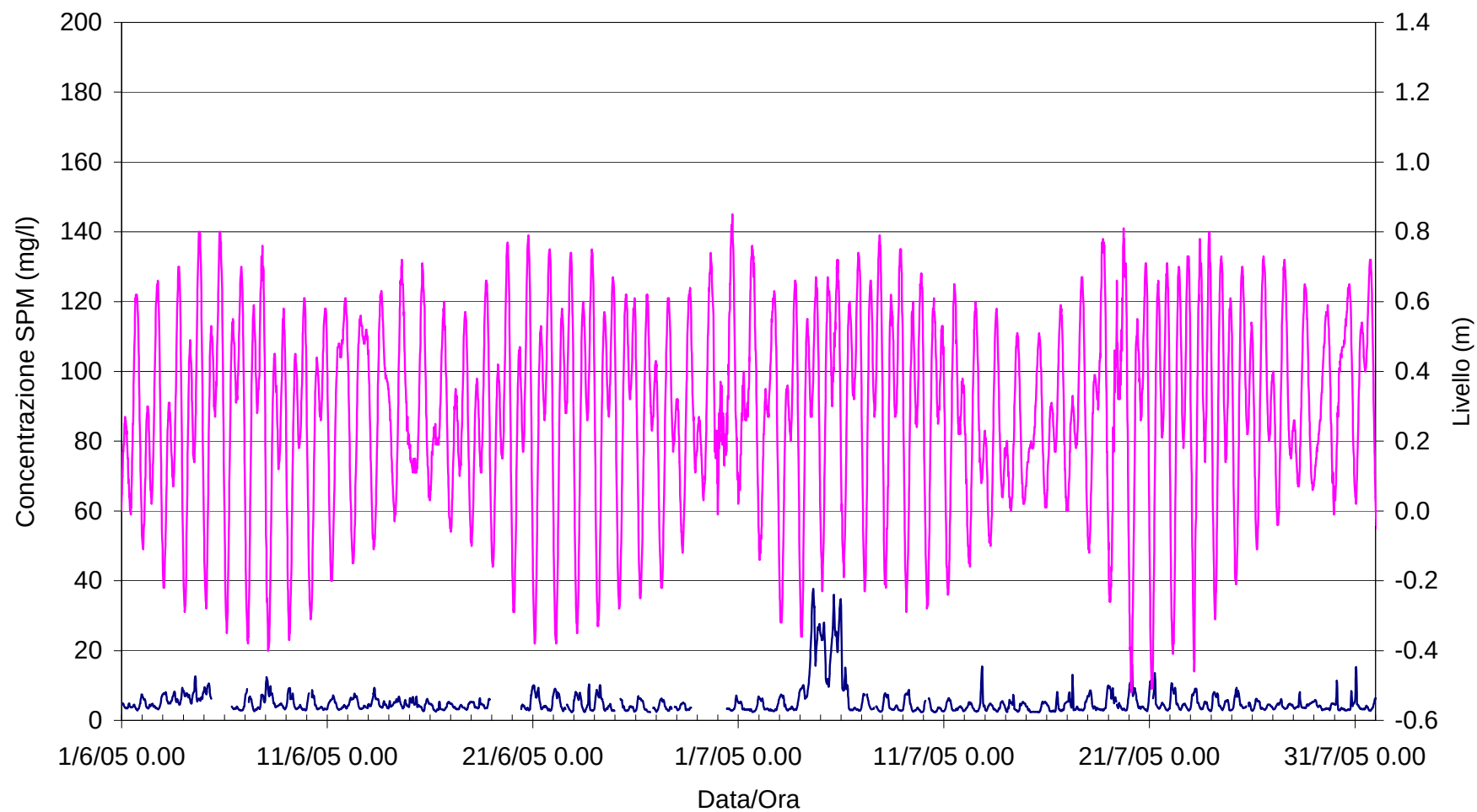
Stazione LMR

Figura 7.4 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Giugno-Luglio 2005.

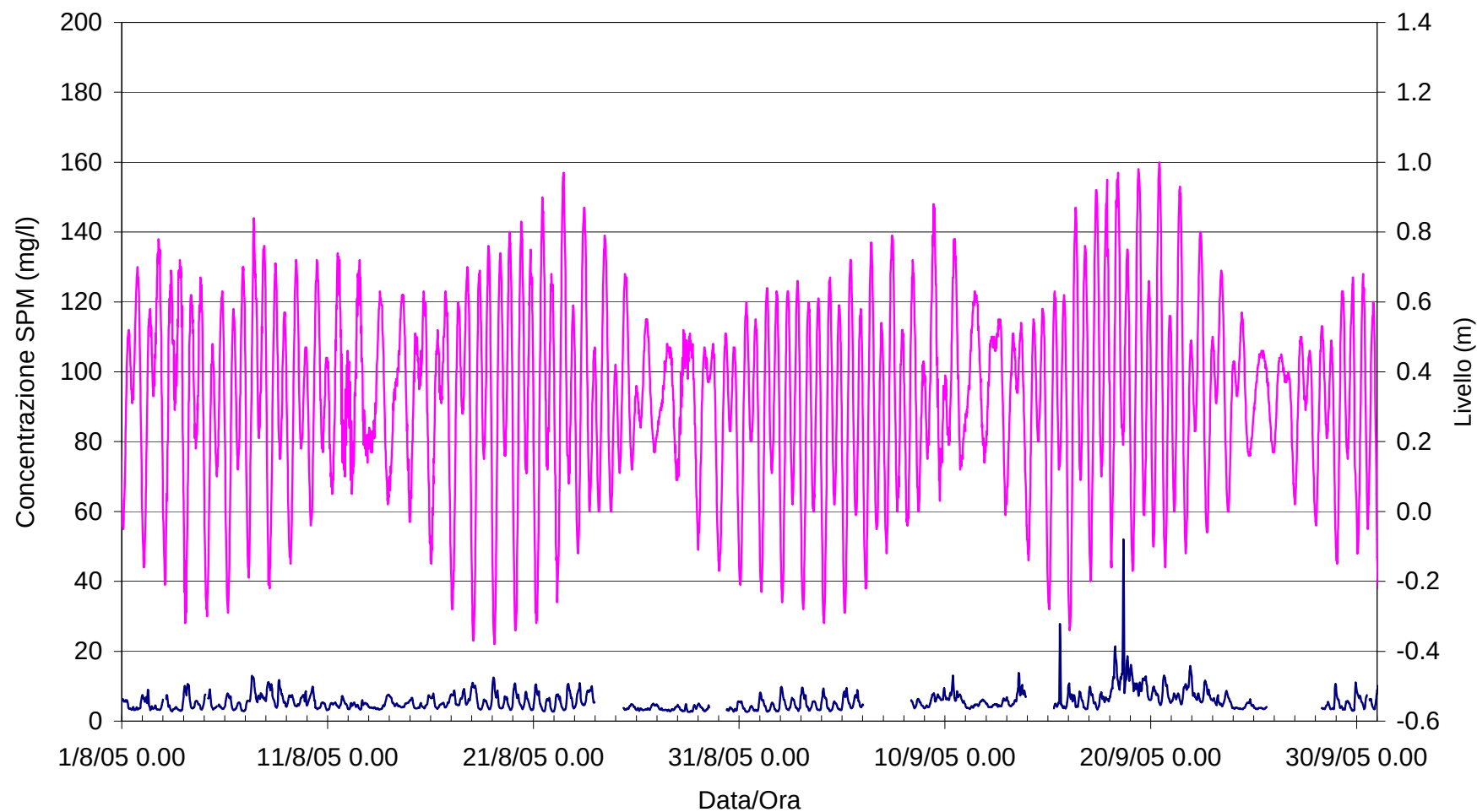
Stazione LMR

Figura 7.4 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Agosto-Settembre 2005.

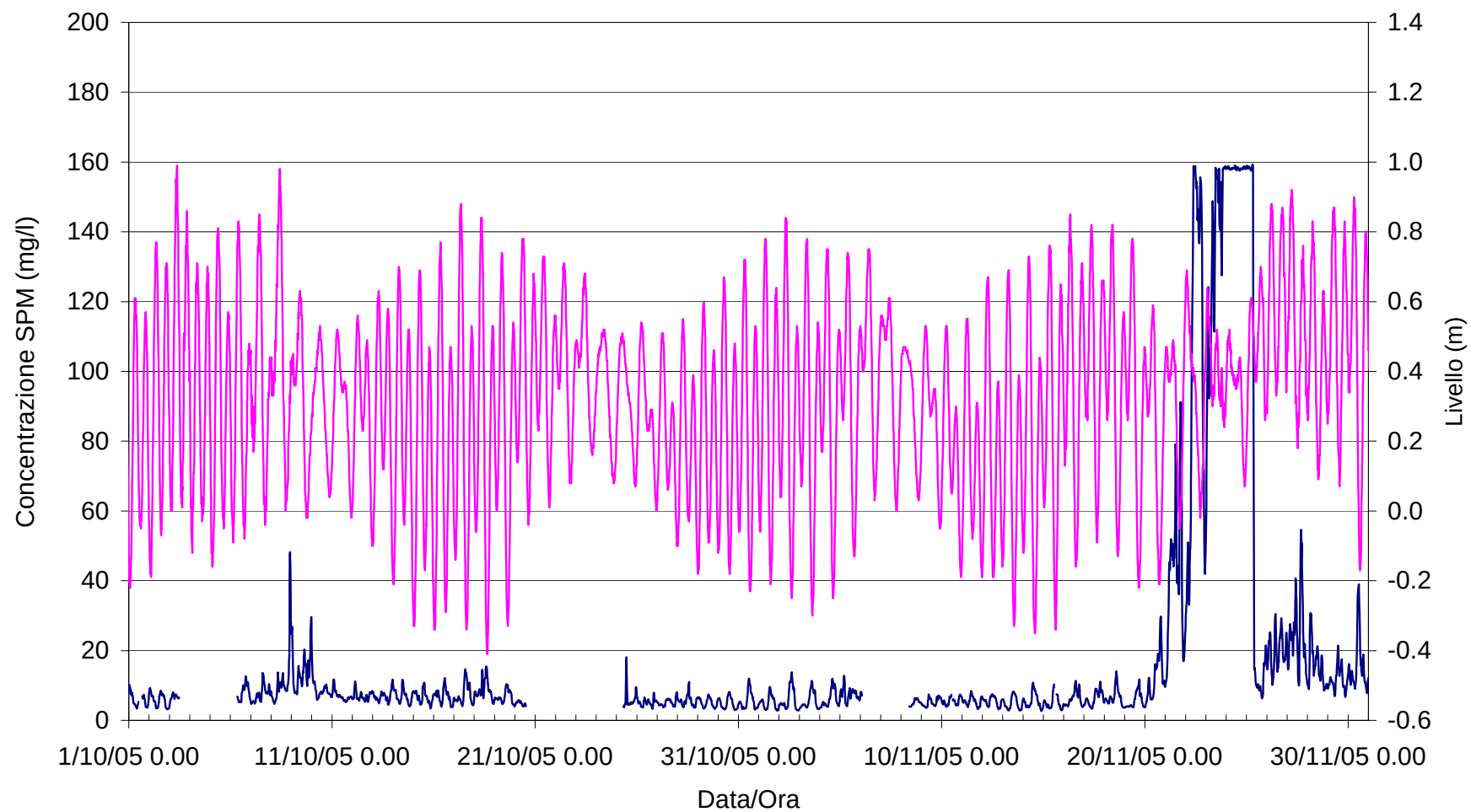
Stazione LMR

Figura 7.4 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

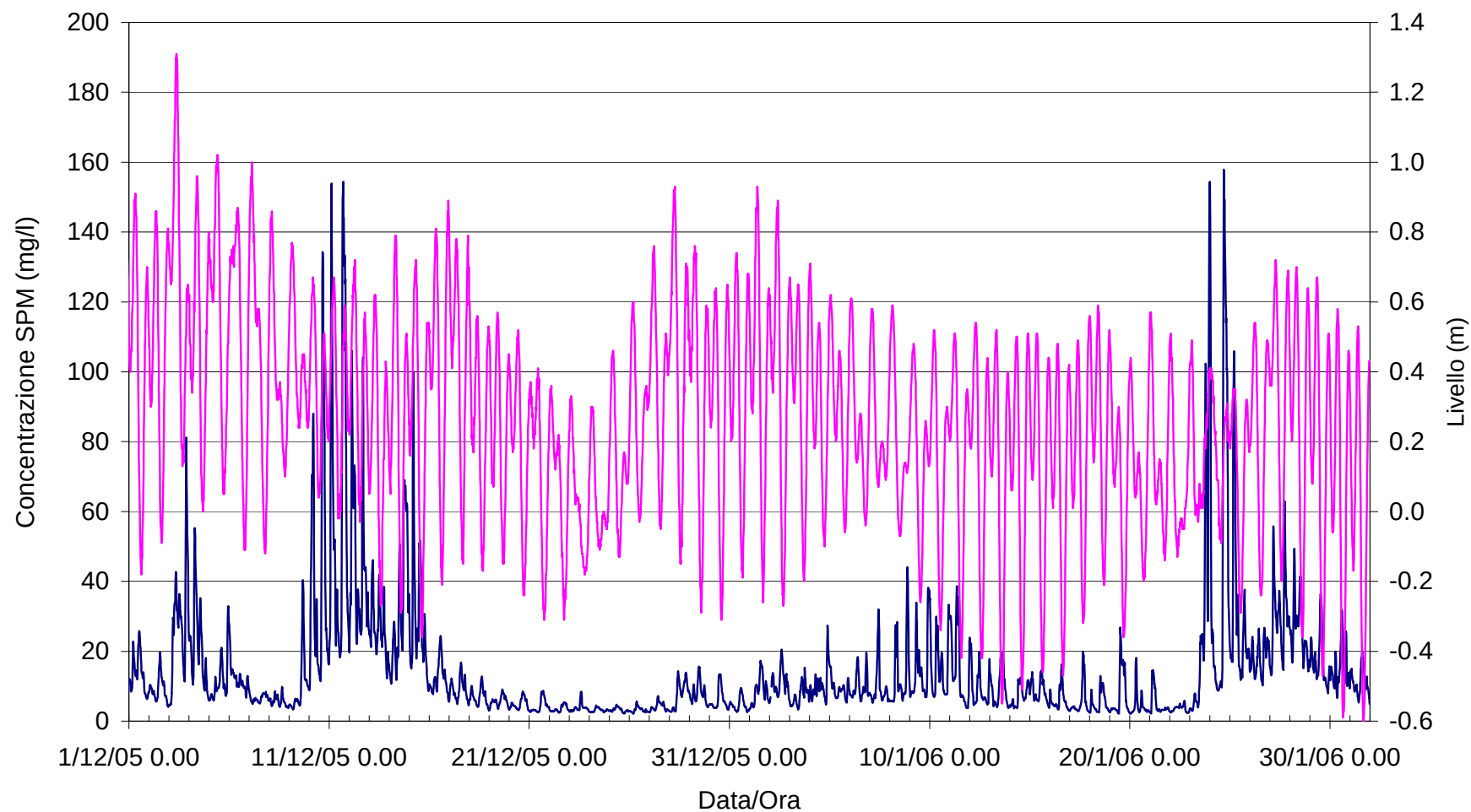
Stazione LMR

Figura 7.4 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

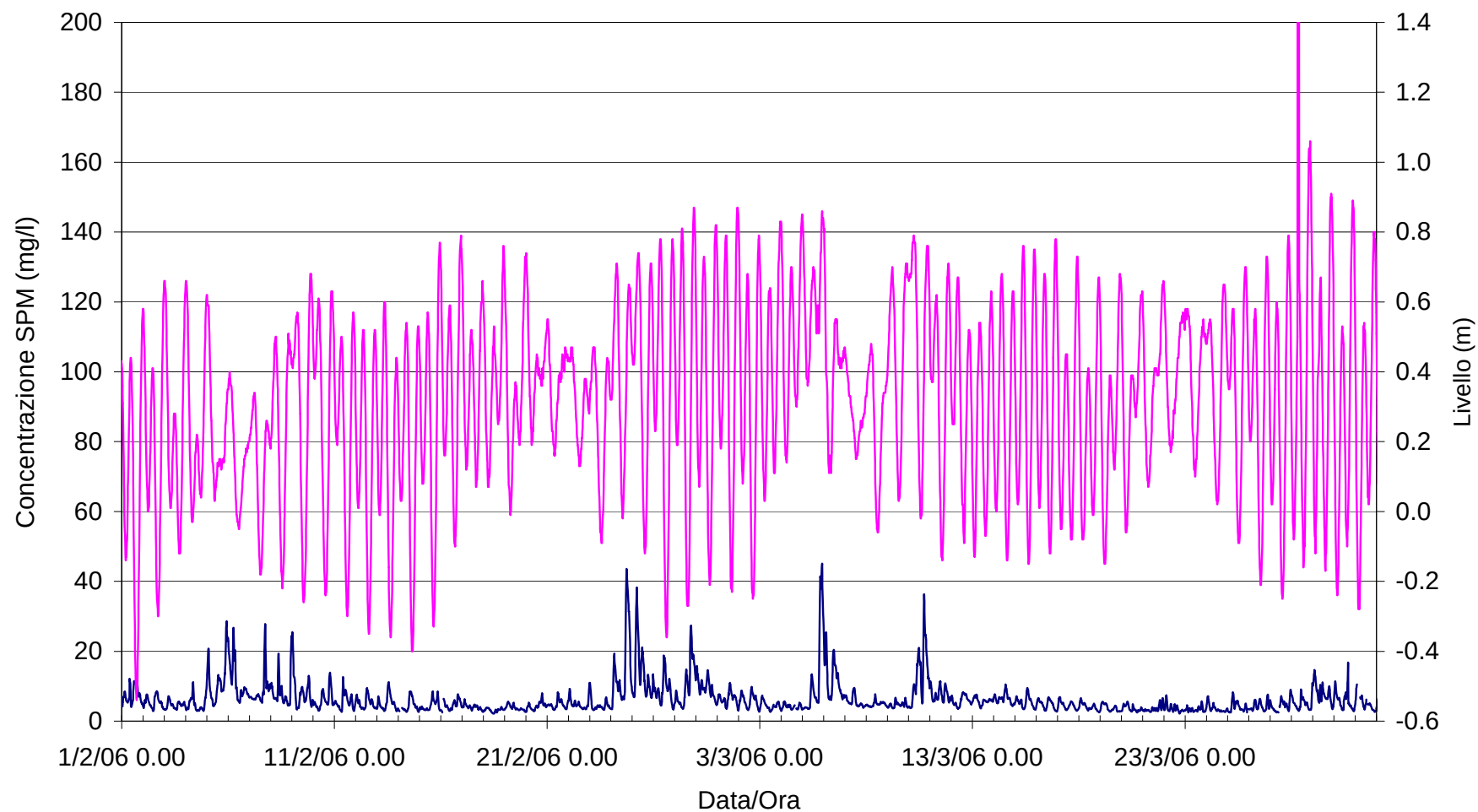
Stazione LMR

Figura 7.4 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

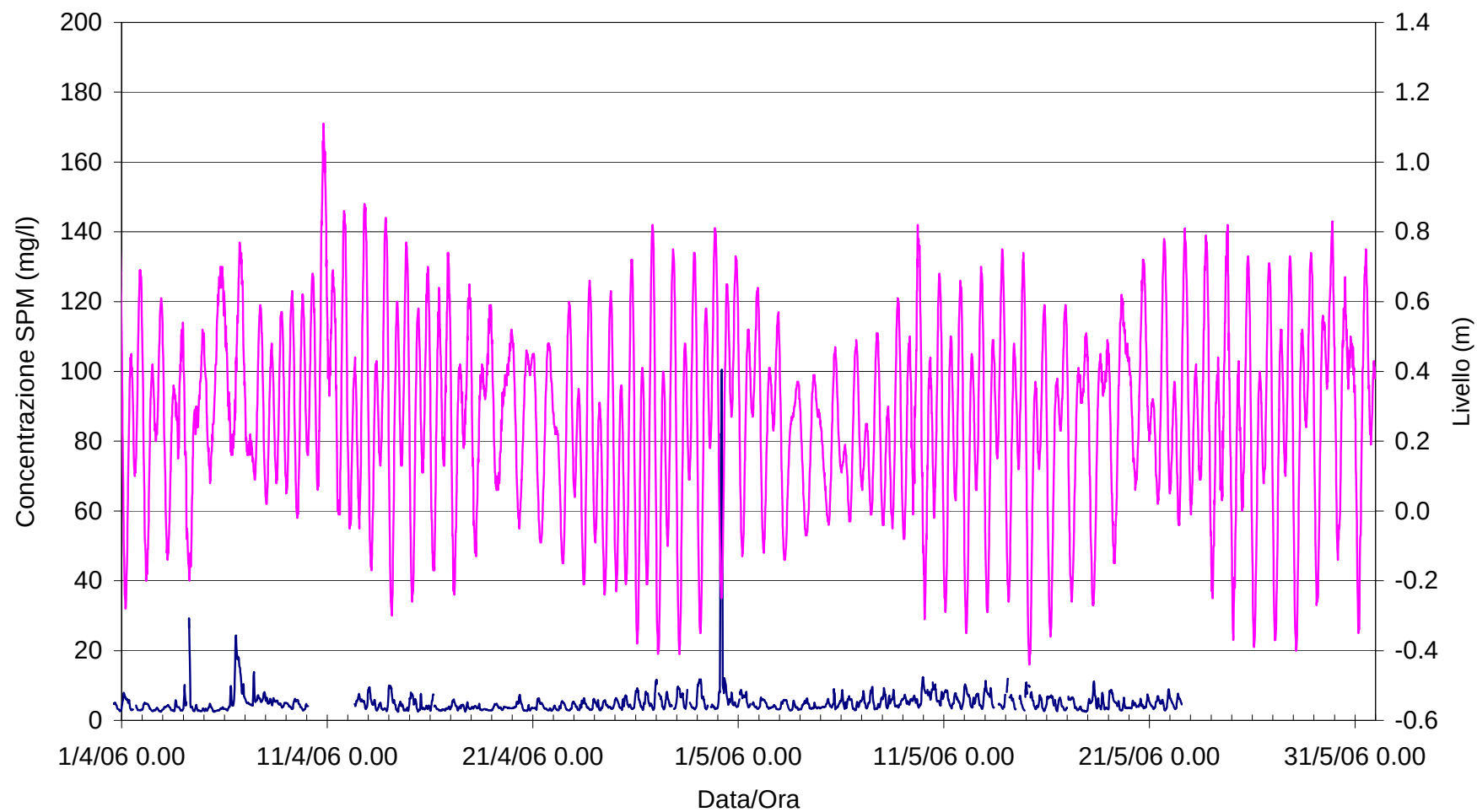
Stazione LMR

Figura 7.4 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Aprile-Maggio 2006.

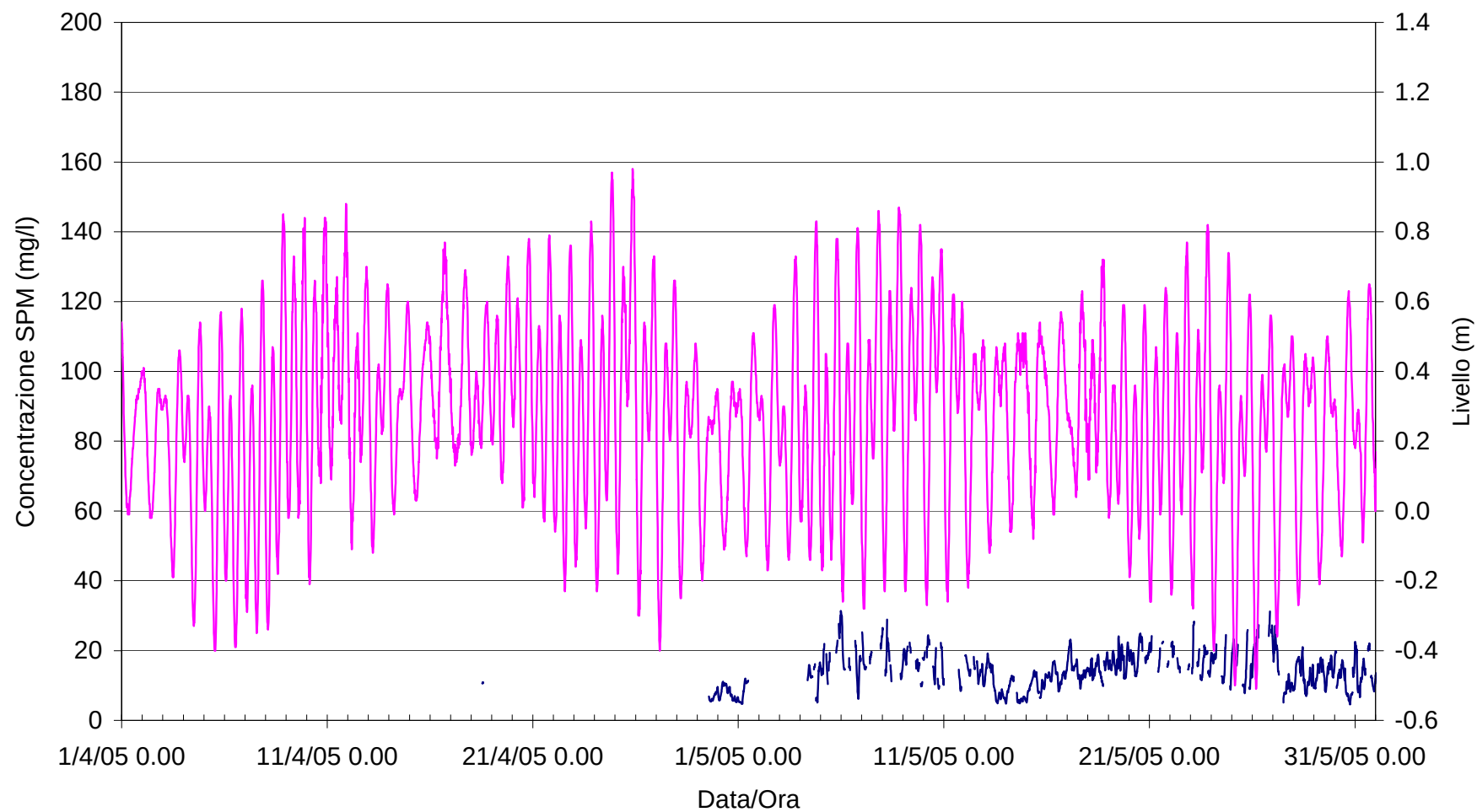
Stazione LSN

Figura 7.5 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSN nel periodo Aprile-Maggio 2005.

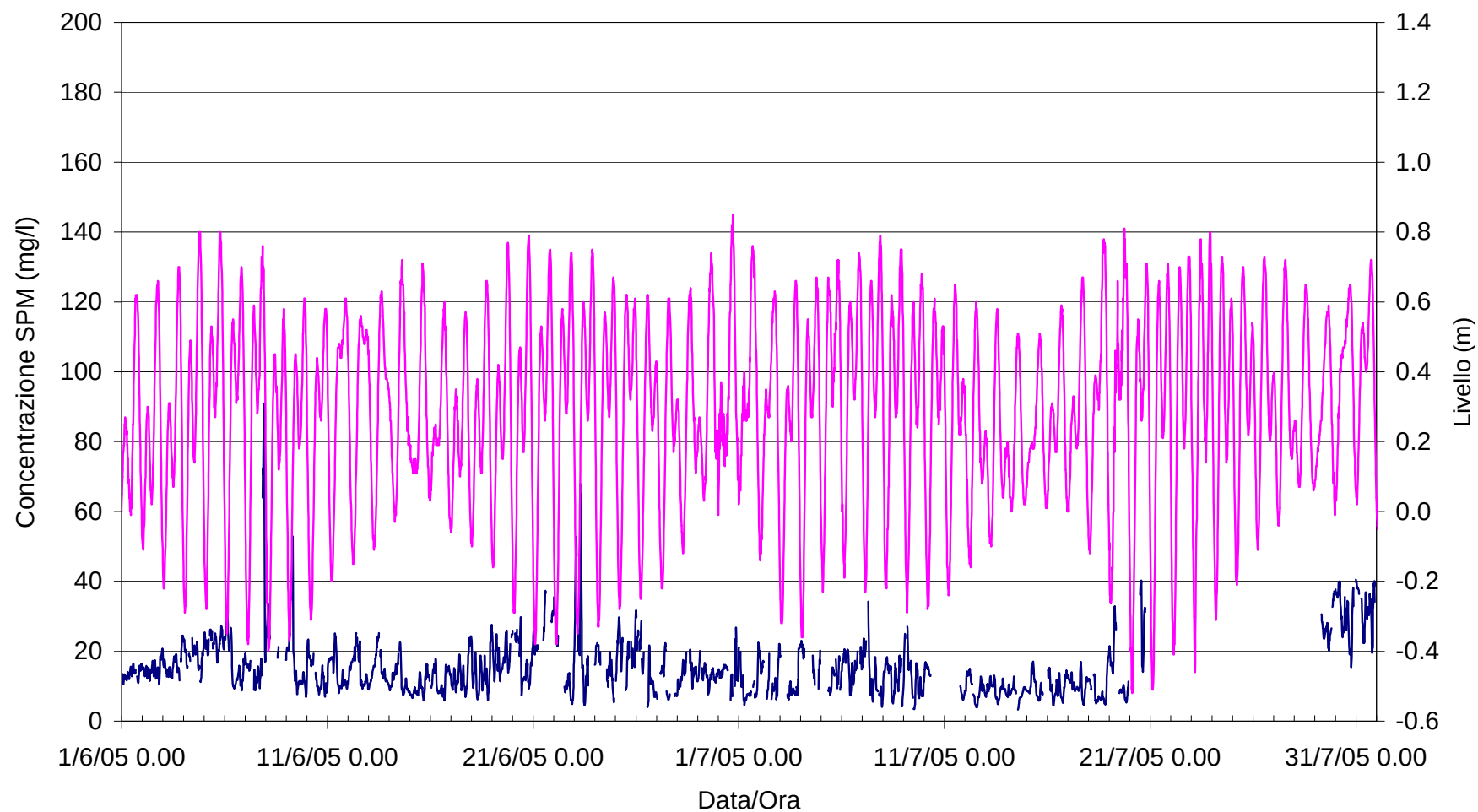
Stazione LSN

Figura 7.5 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSN nel periodo Giugno-Luglio 2005.

Stazione LSN

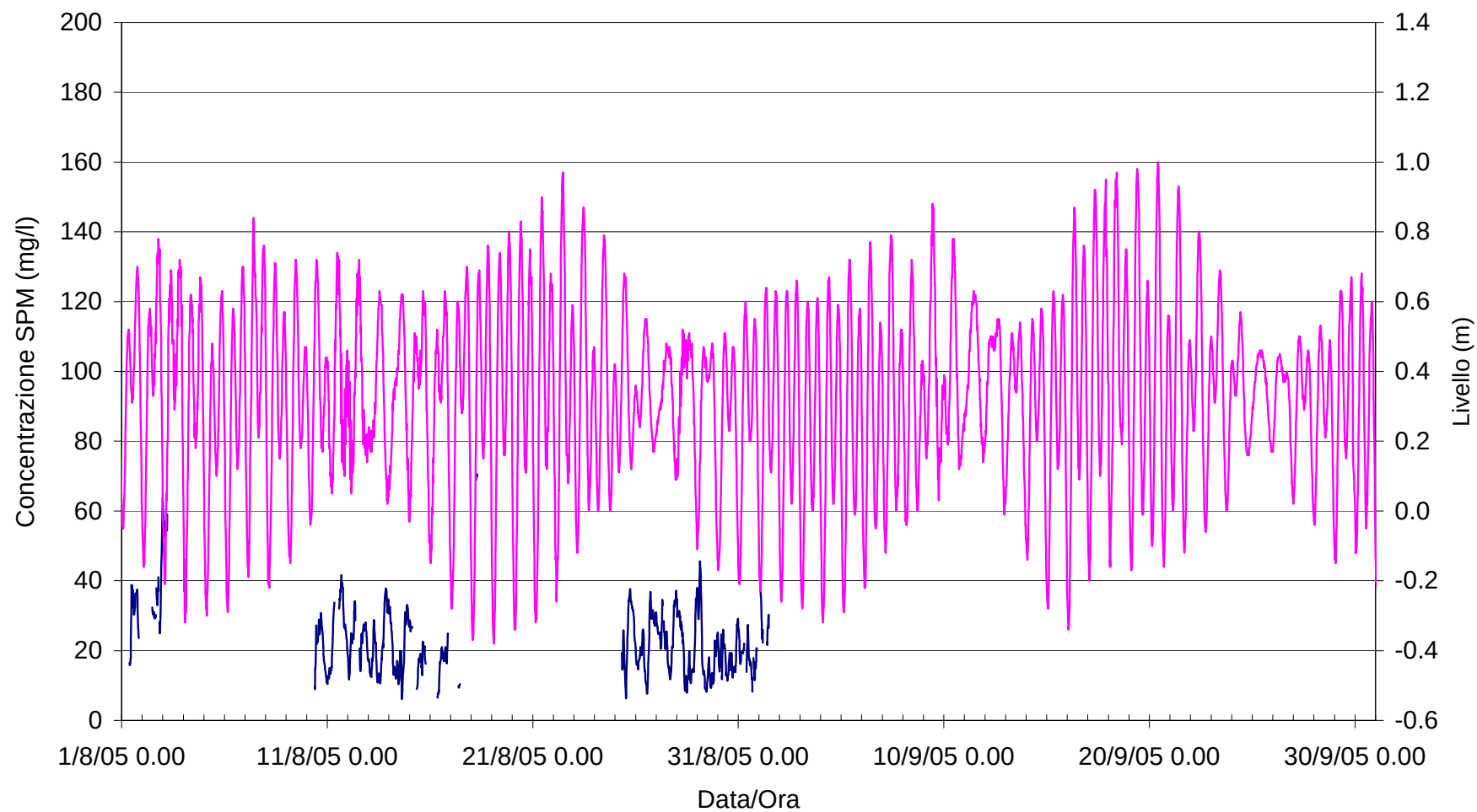


Figura 7.5 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSN nel periodo Agosto-Settembre 2005.

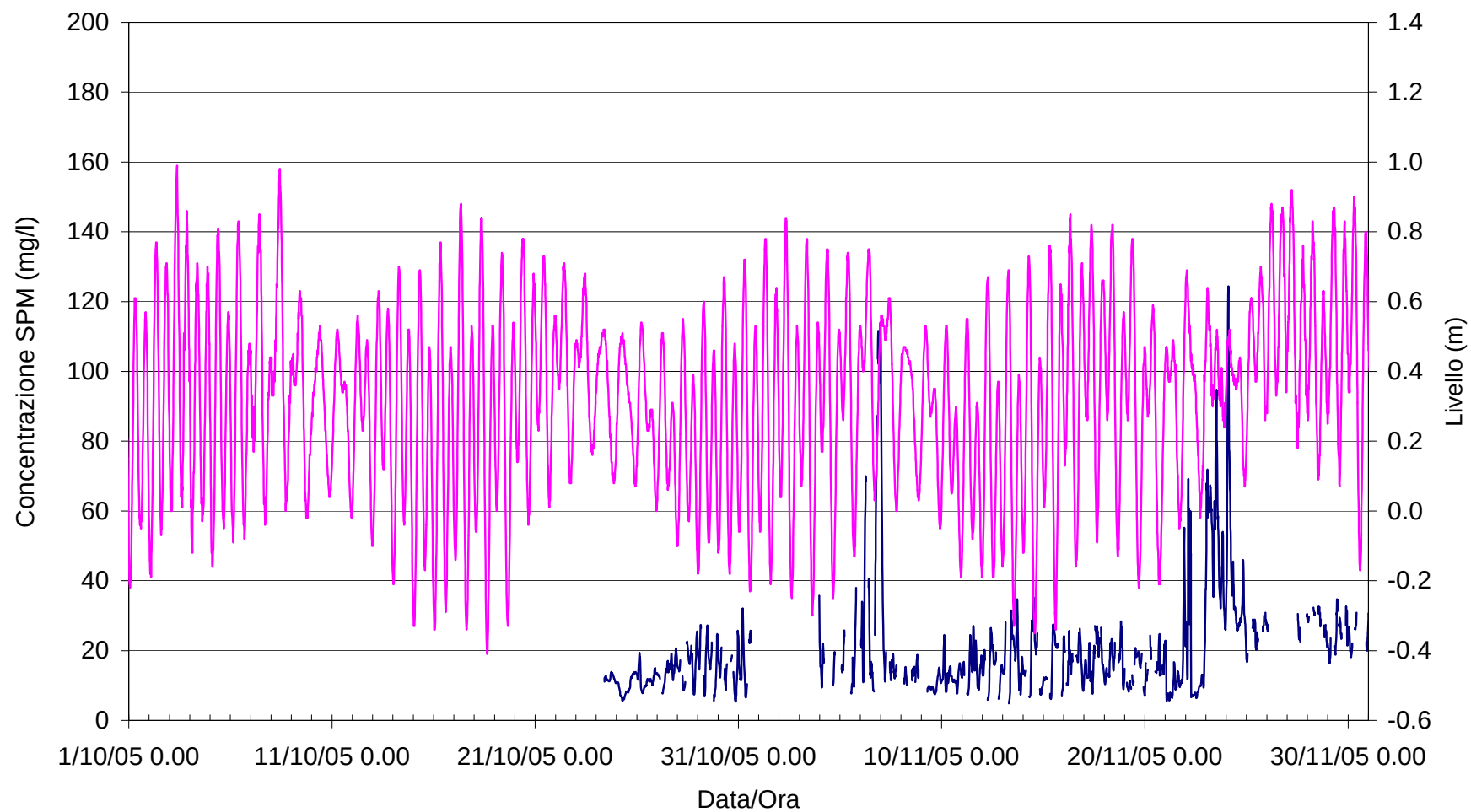
Stazione LSN

Figura 7.5 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSN nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

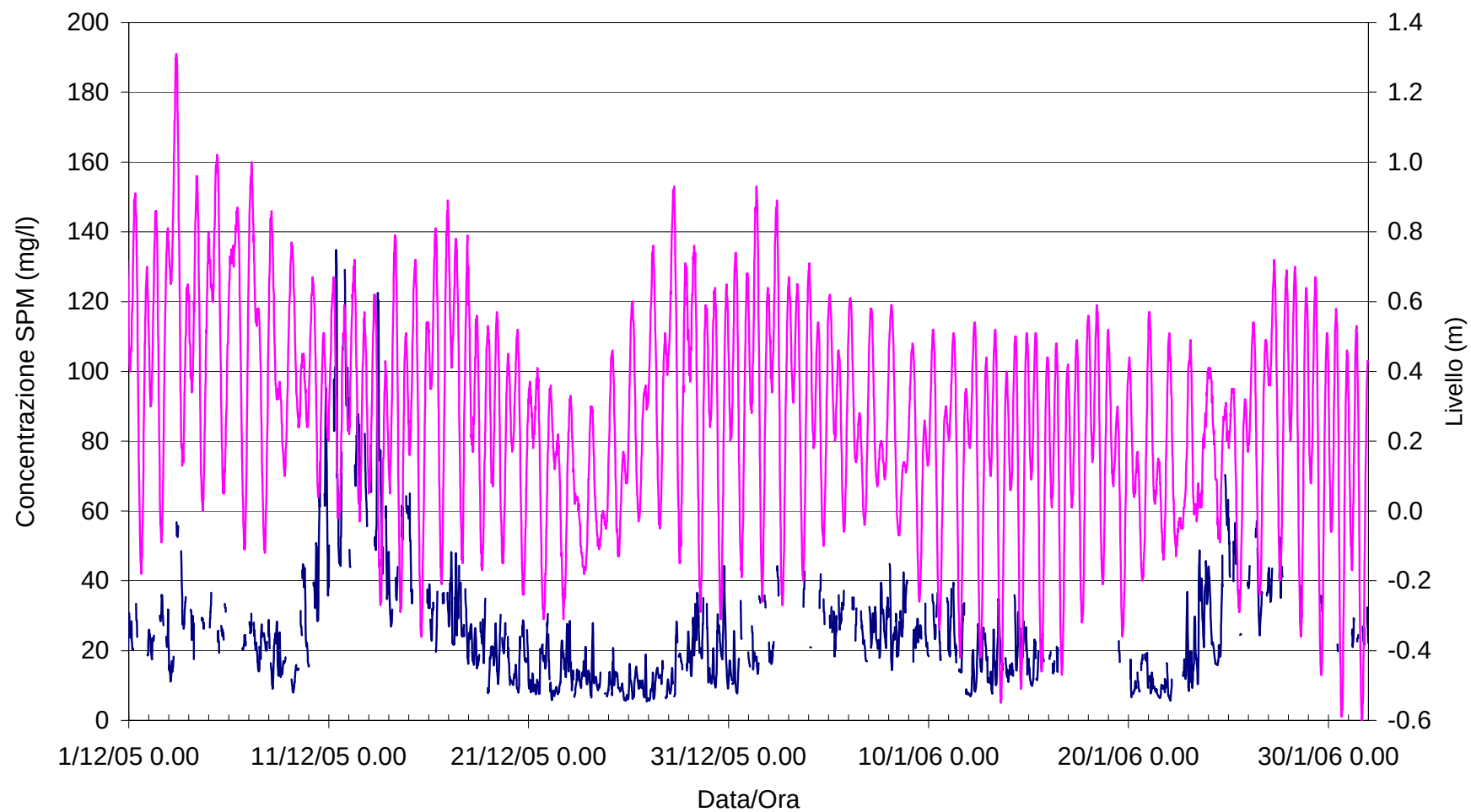
Stazione LSN

Figura 7.5 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSN nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

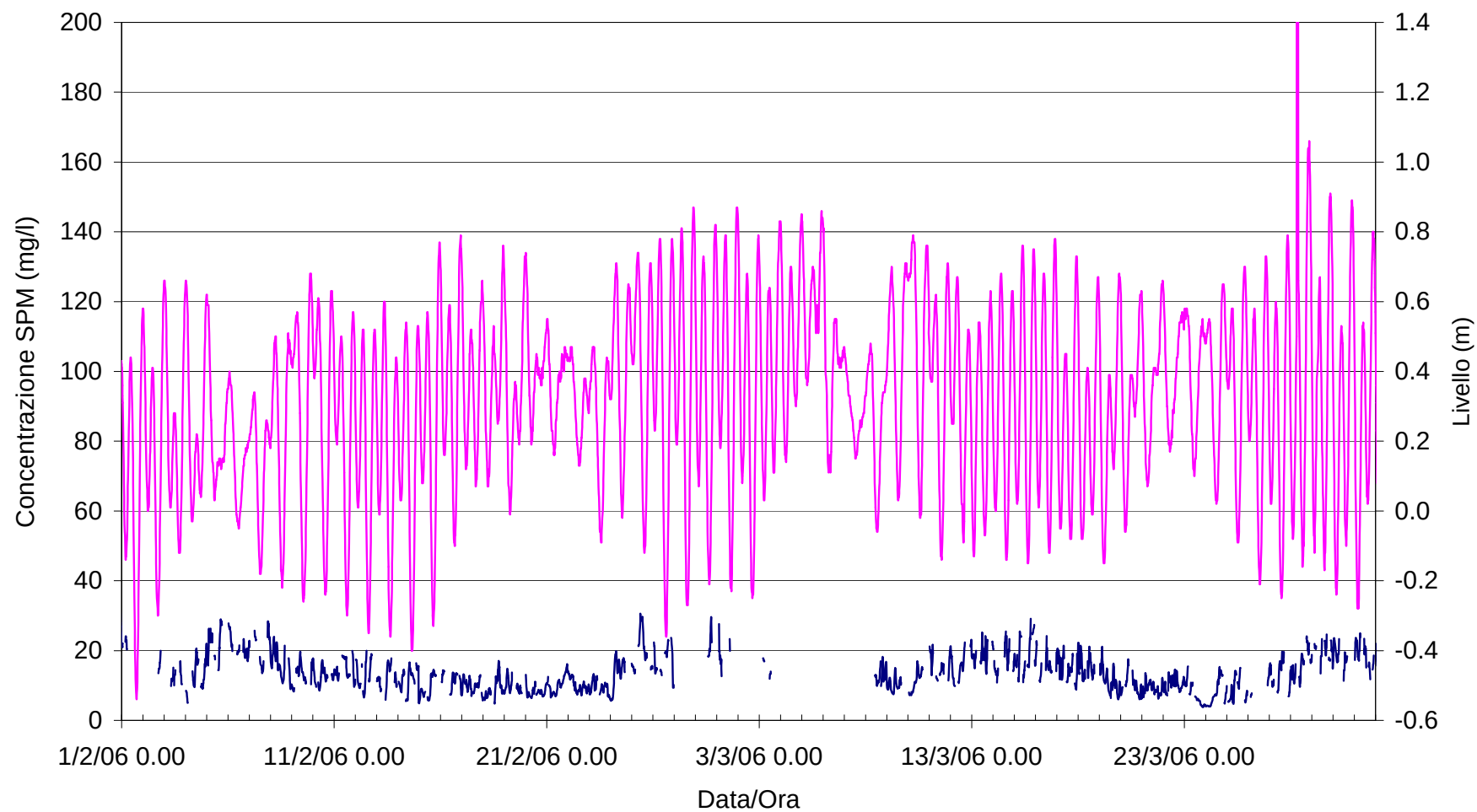
Stazione LSN

Figura 7.5 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSN nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

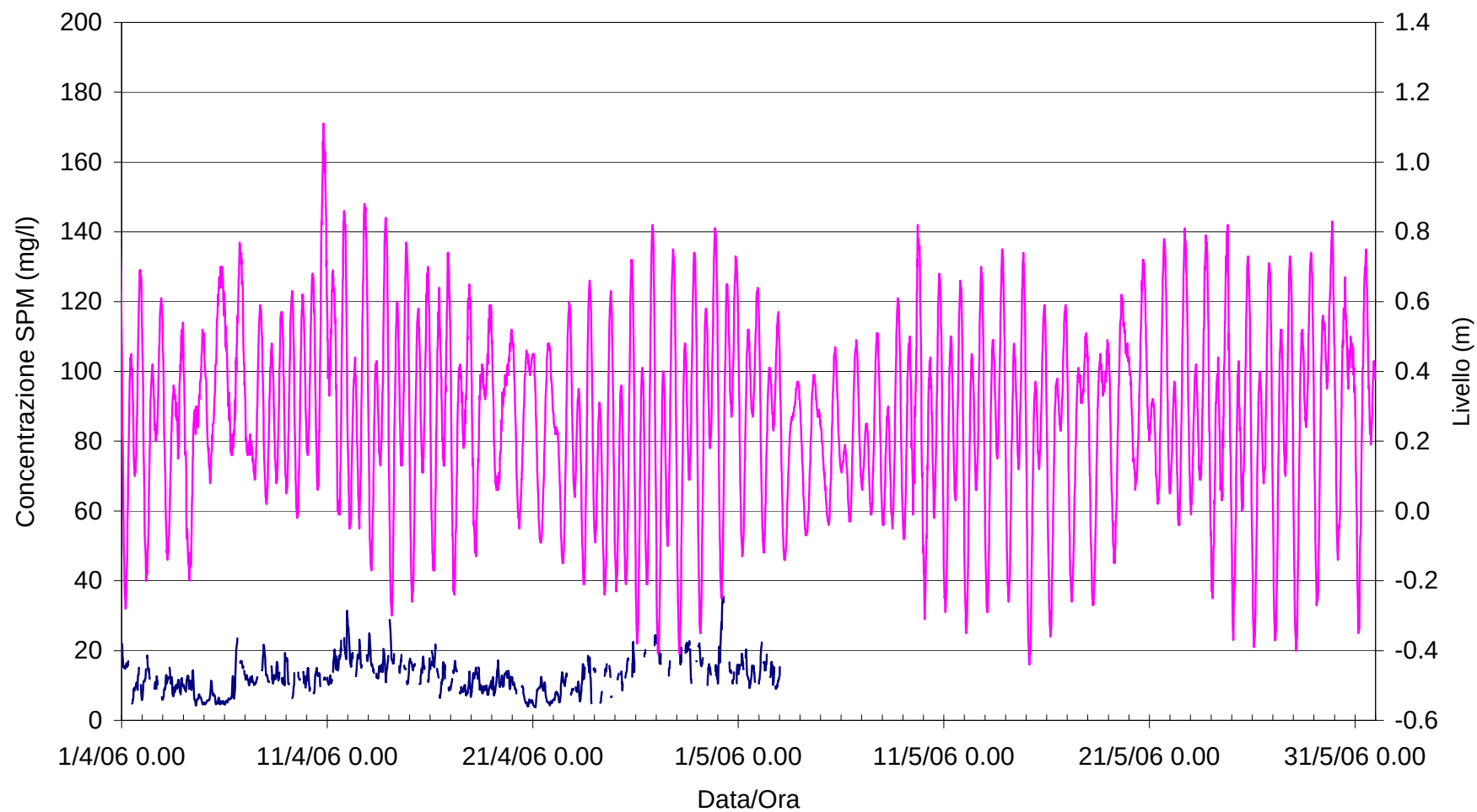
Stazione LSN

Figura 7.5 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSN nel periodo Aprile-Maggio 2006.

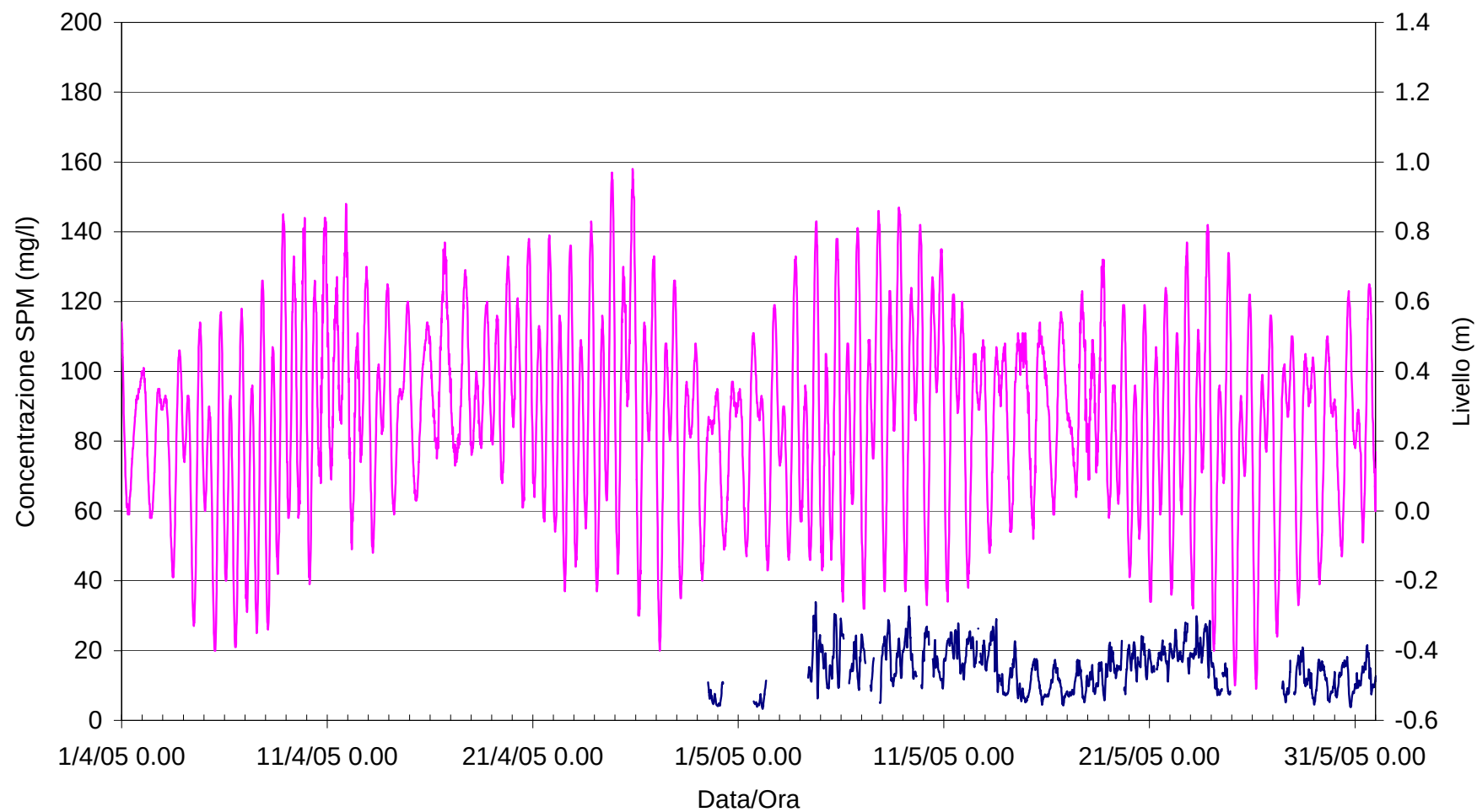
Stazione LTP

Figura 7.6 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Aprile-Maggio 2005.

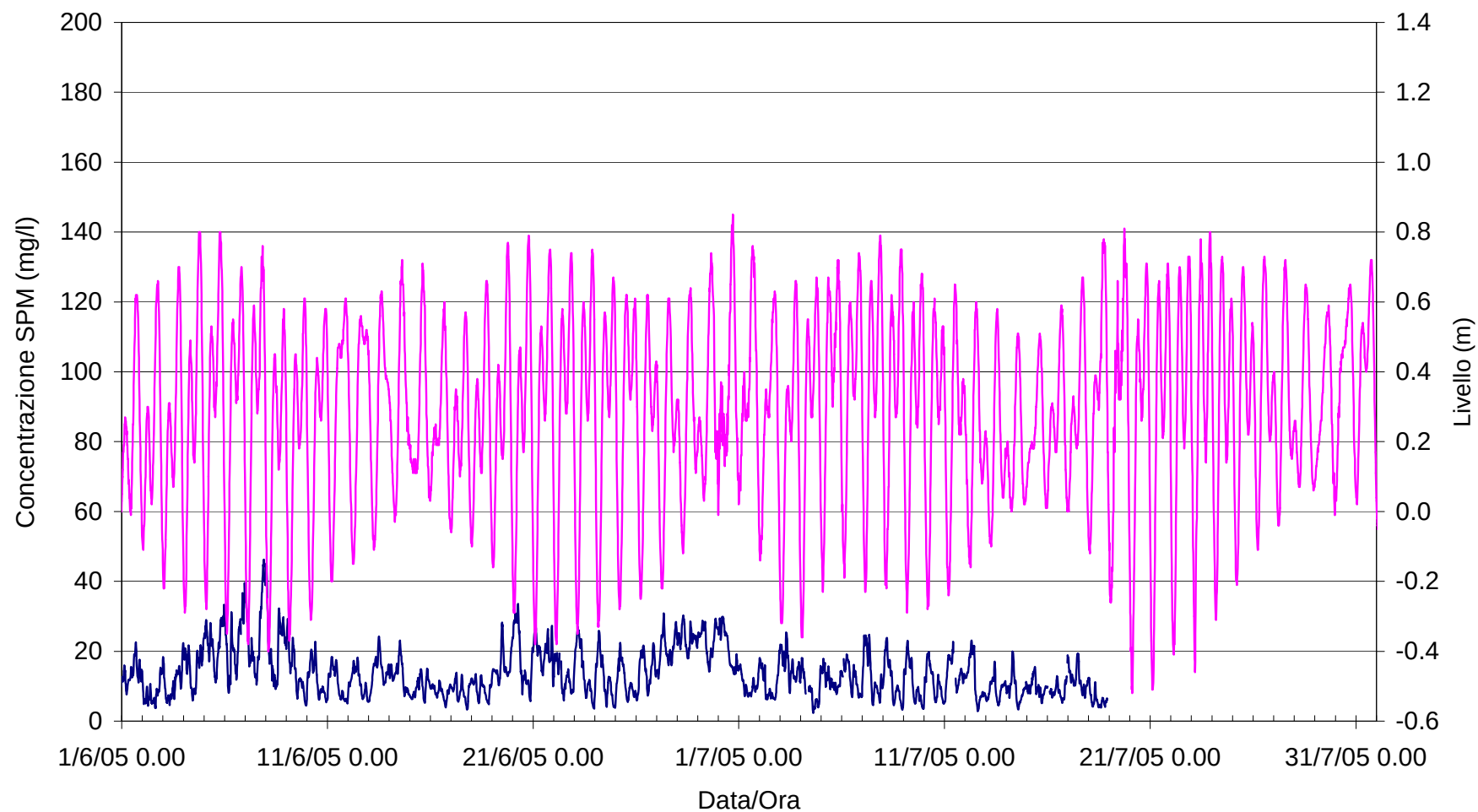
Stazione LTP

Figura 7.6 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Giugno-Luglio 2005.

Stazione LTP

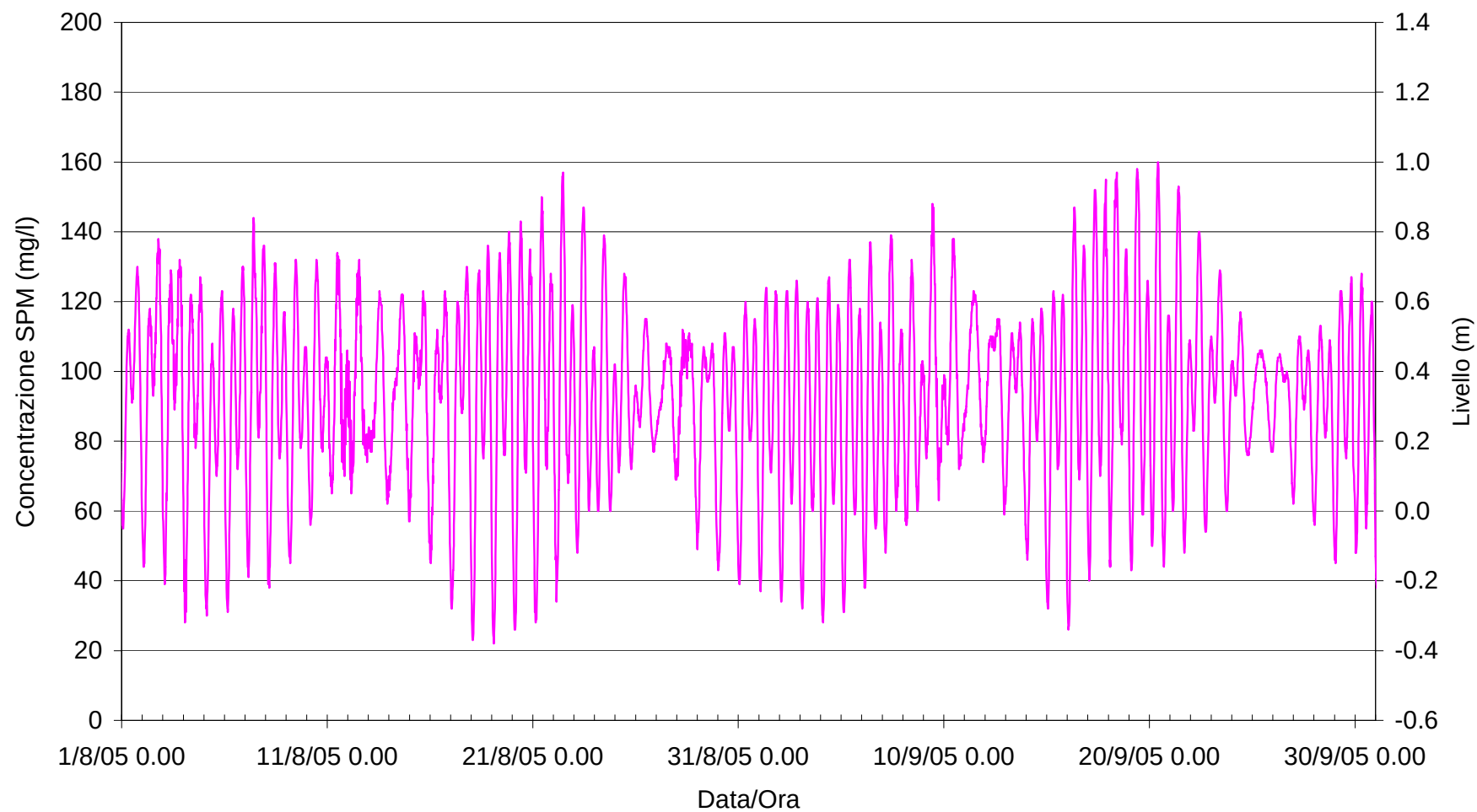


Figura 7.6 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Agosto-Settembre 2005.

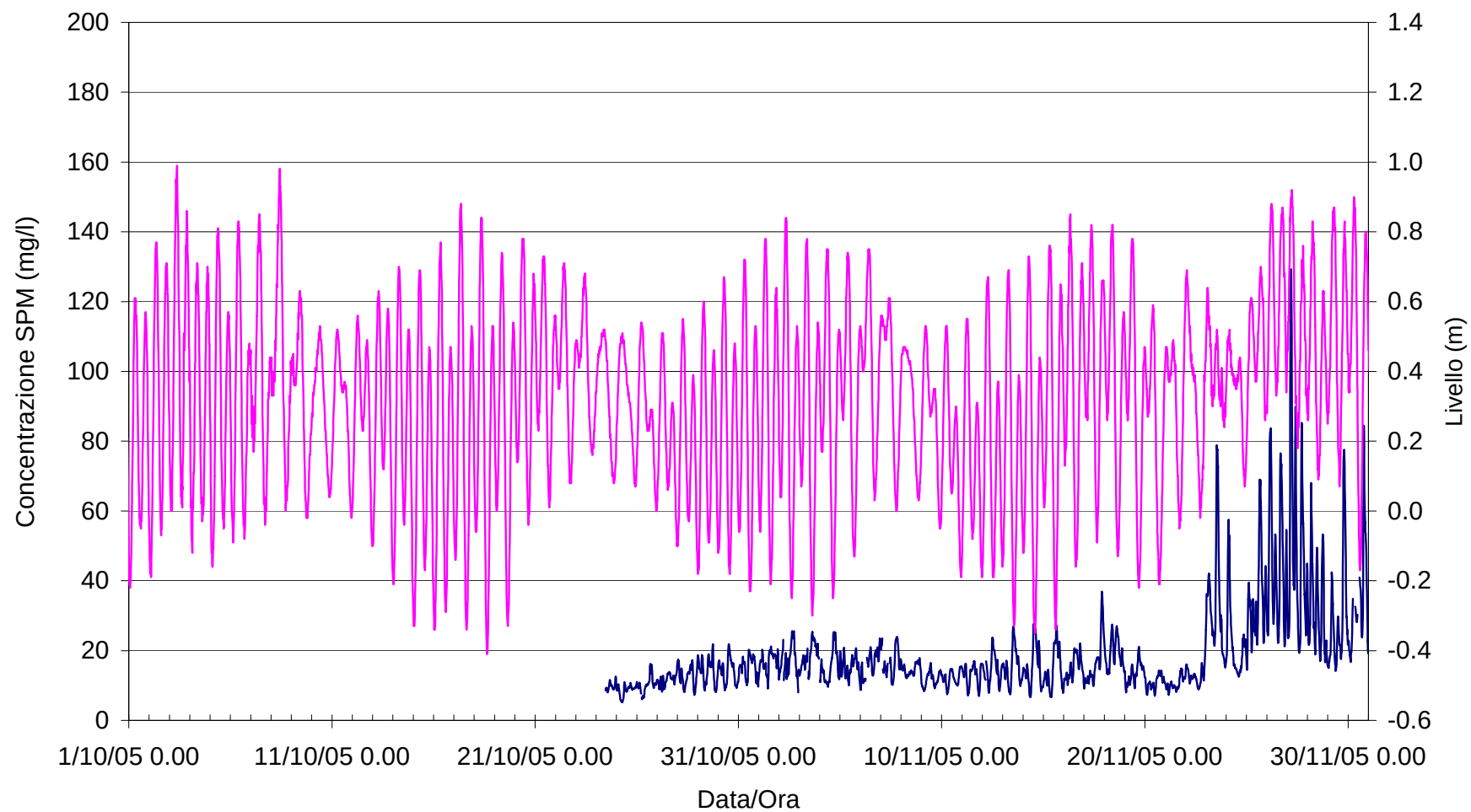
Stazione LTP

Figura 7.6 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

Stazione LTP

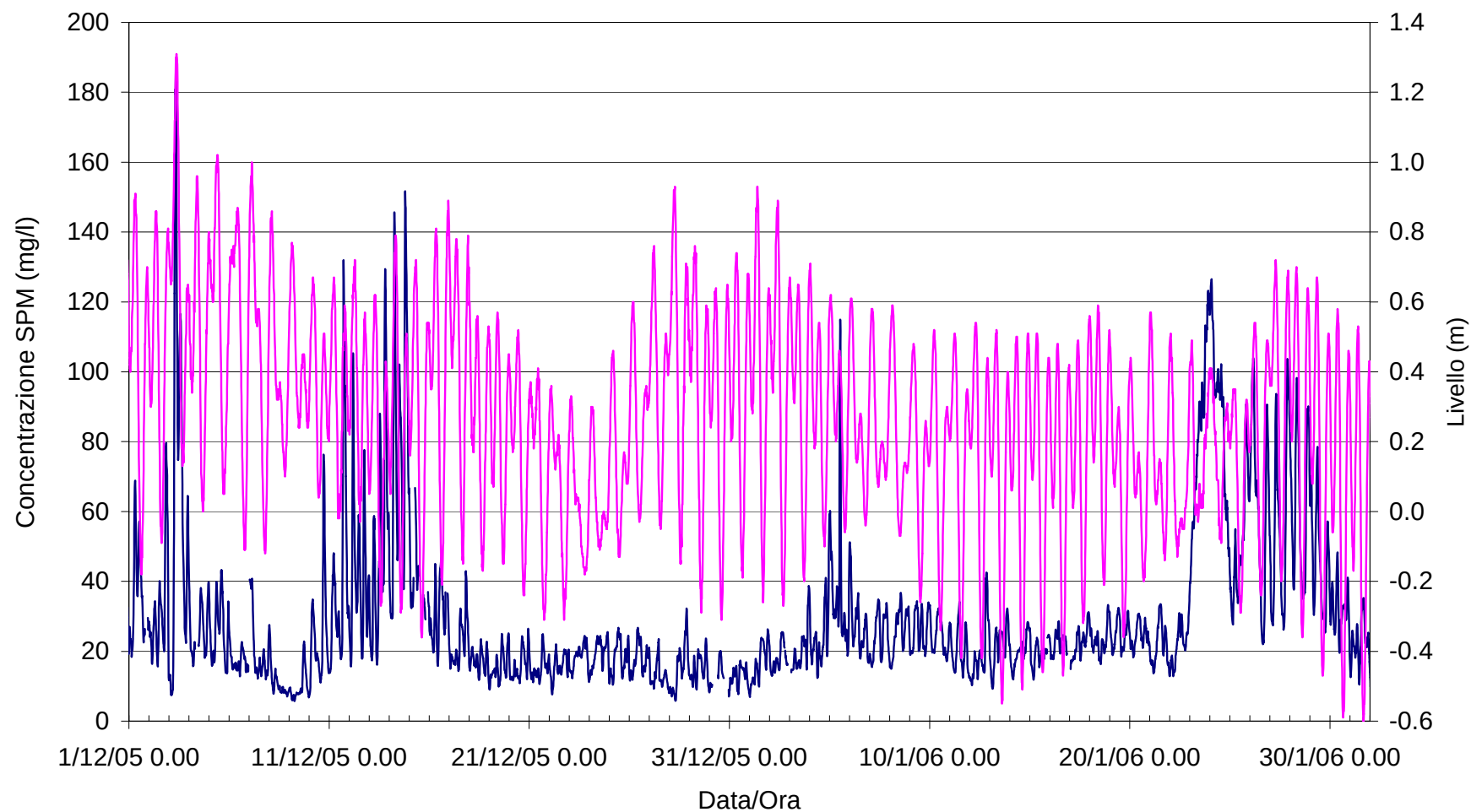


Figura 7.6 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Dicembre2005-Gennaio 2006.

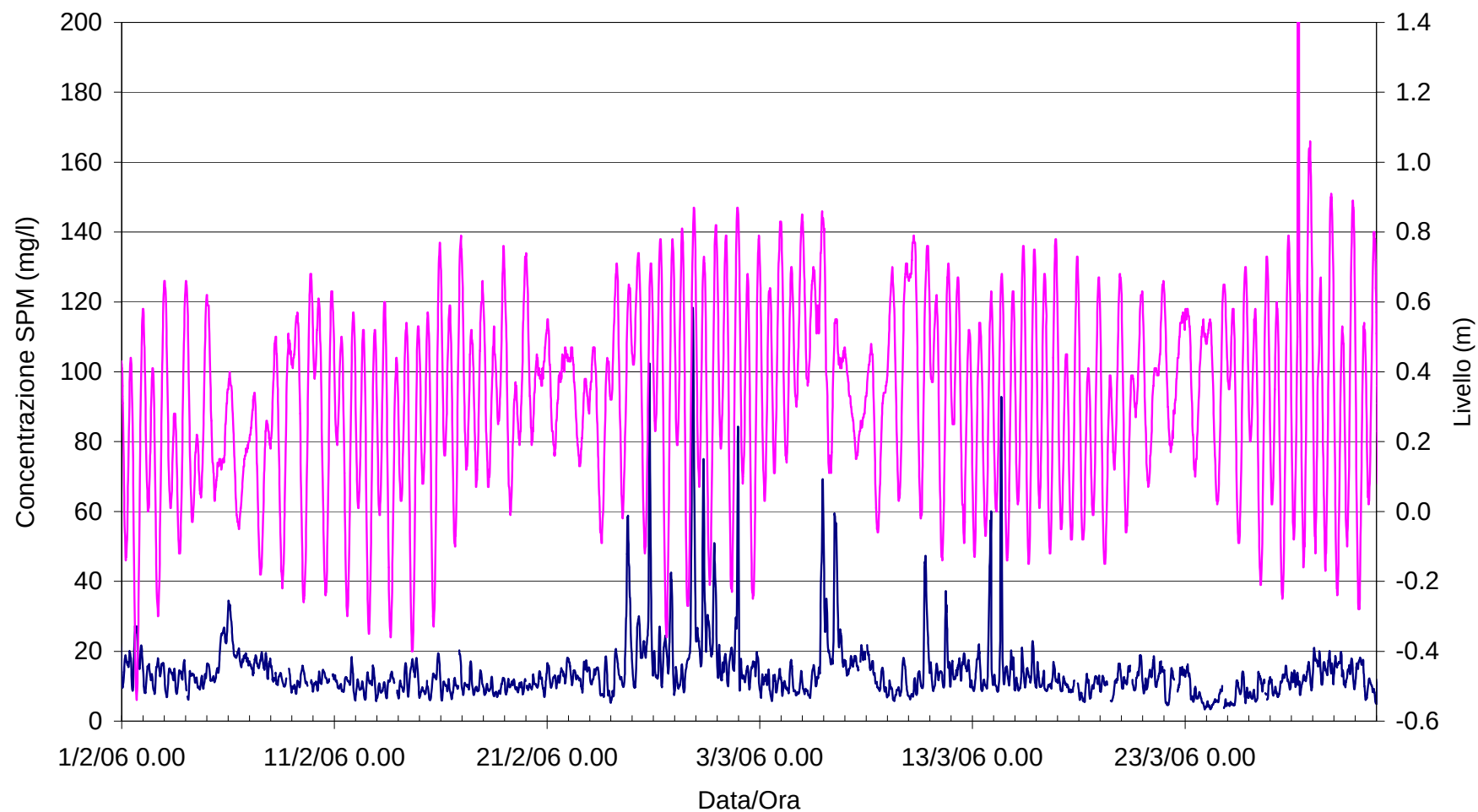
Stazione LTP

Figura 7.6 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

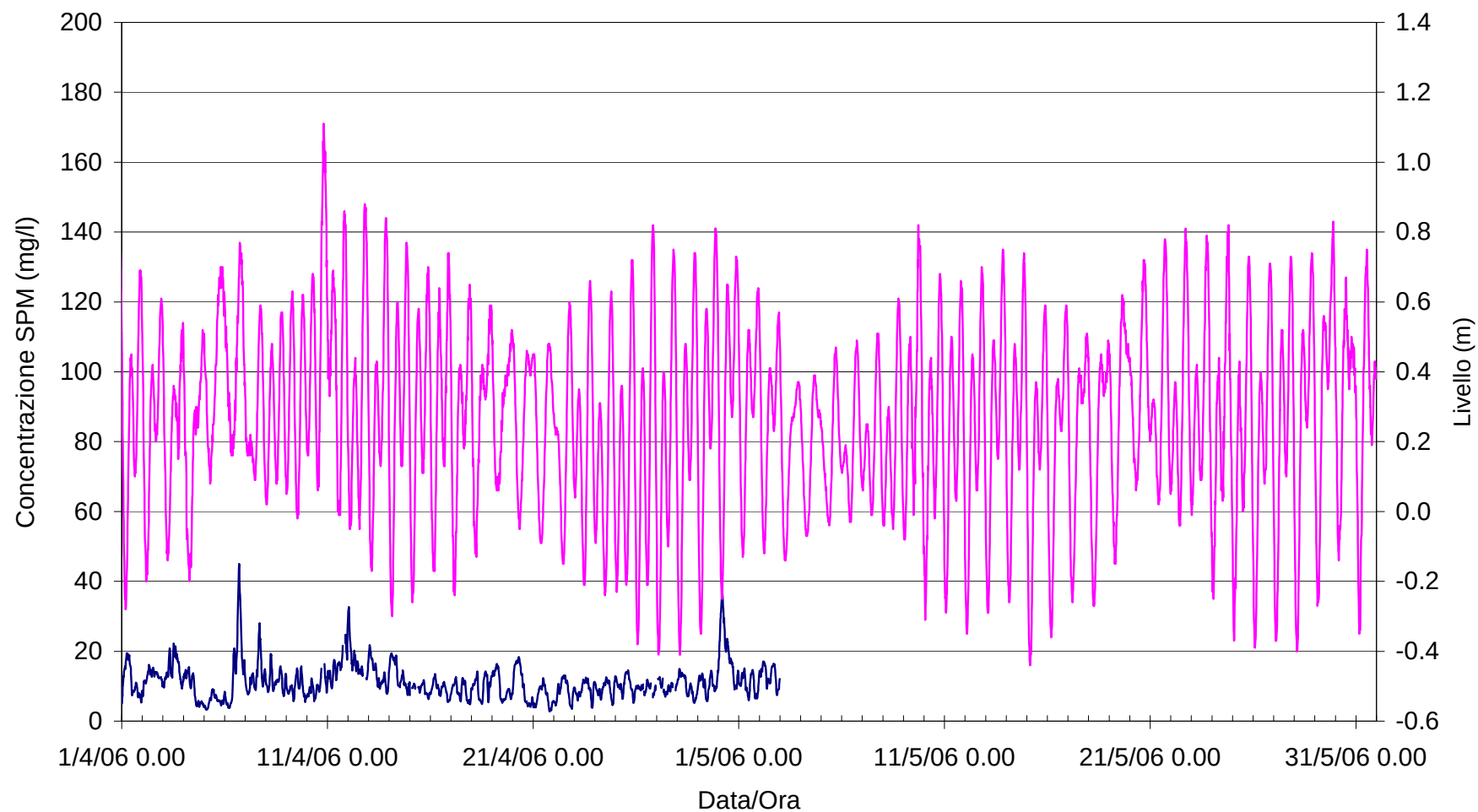
Stazione LTP

Figura 7.6 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Aprile-Maggio 2006.

Stazione MAM

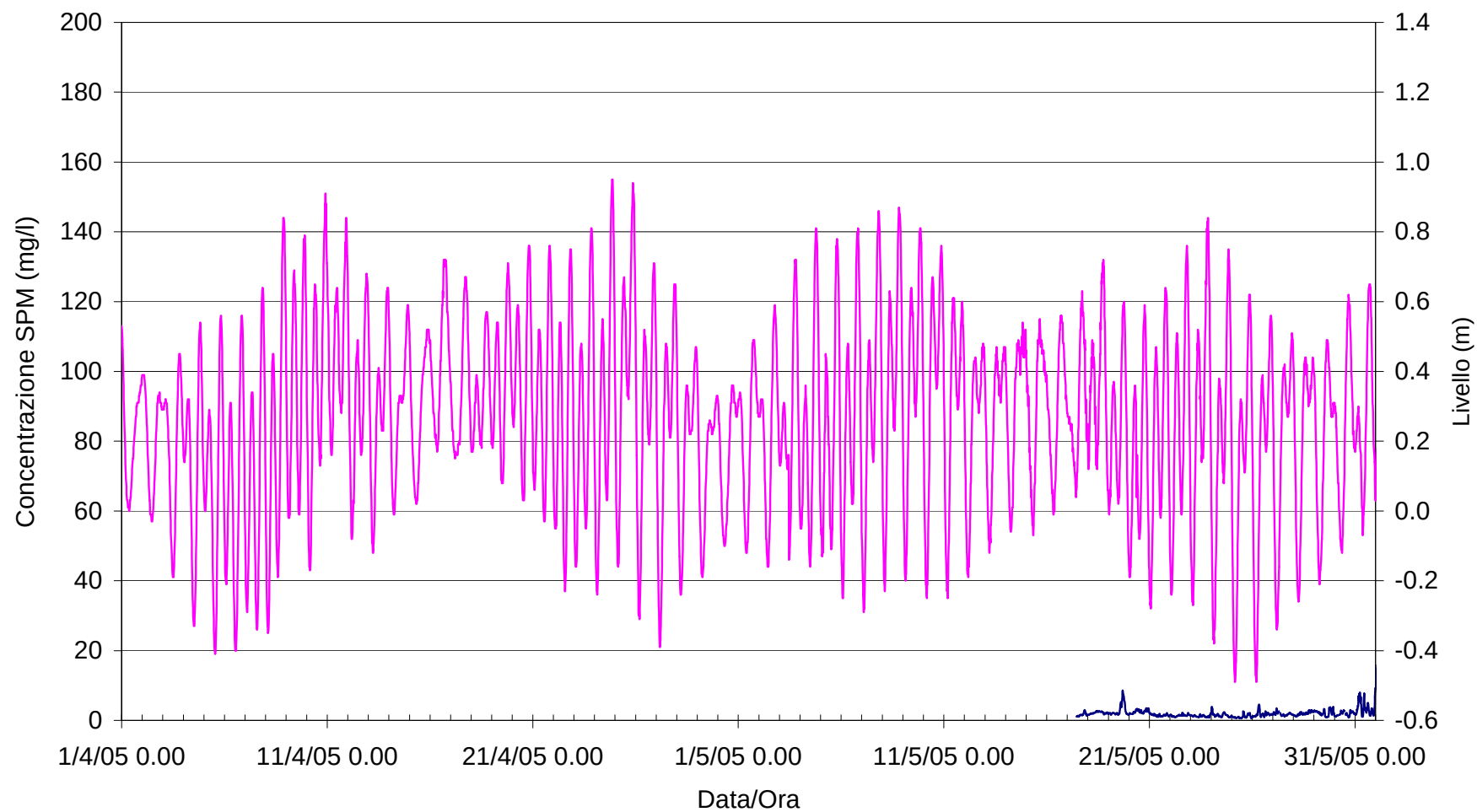


Figura 7.7 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAM nel periodo Aprile-Maggio 2005.

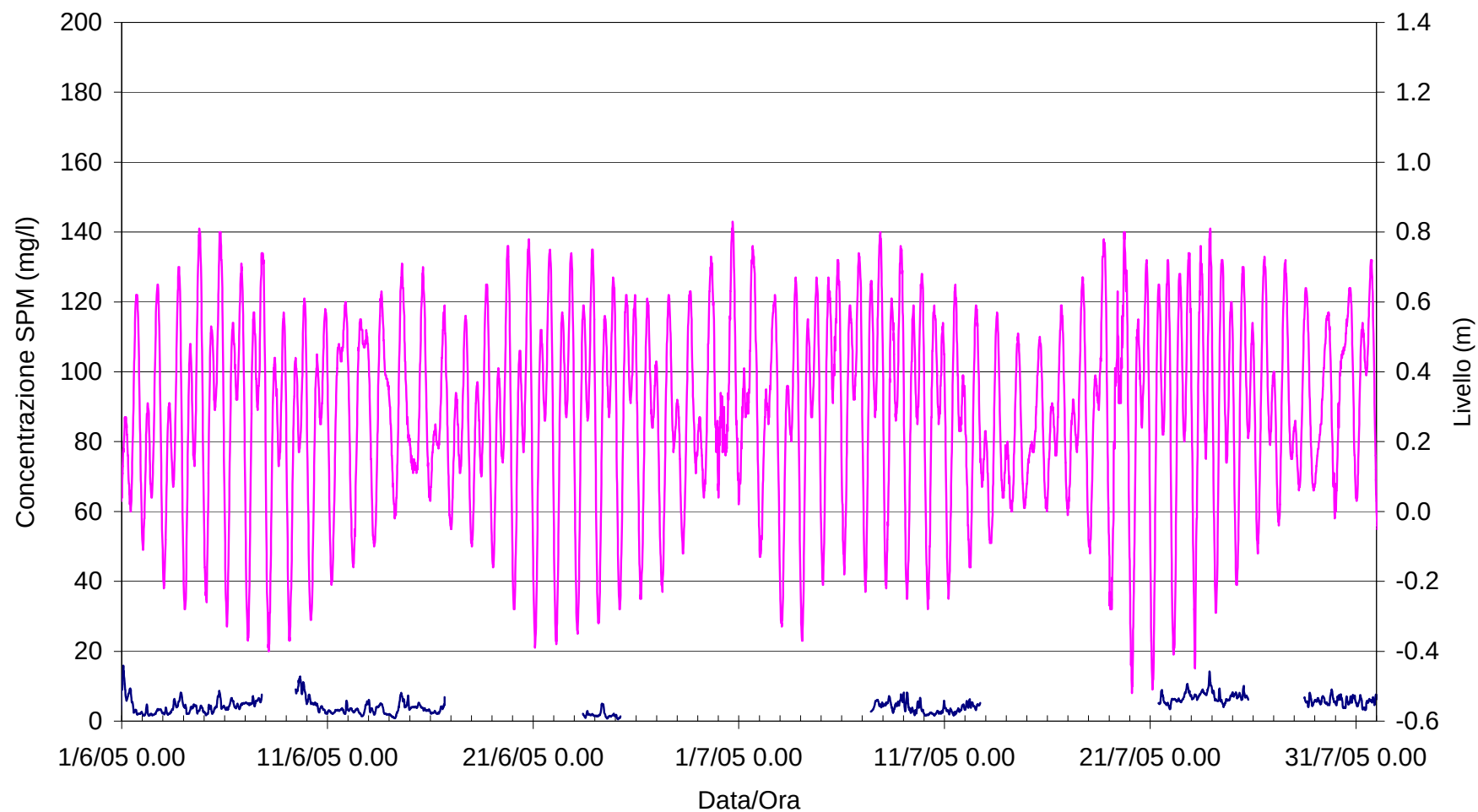
Stazione MAM

Figura 7.7 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAM nel periodo Giugno-Luglio 2005.

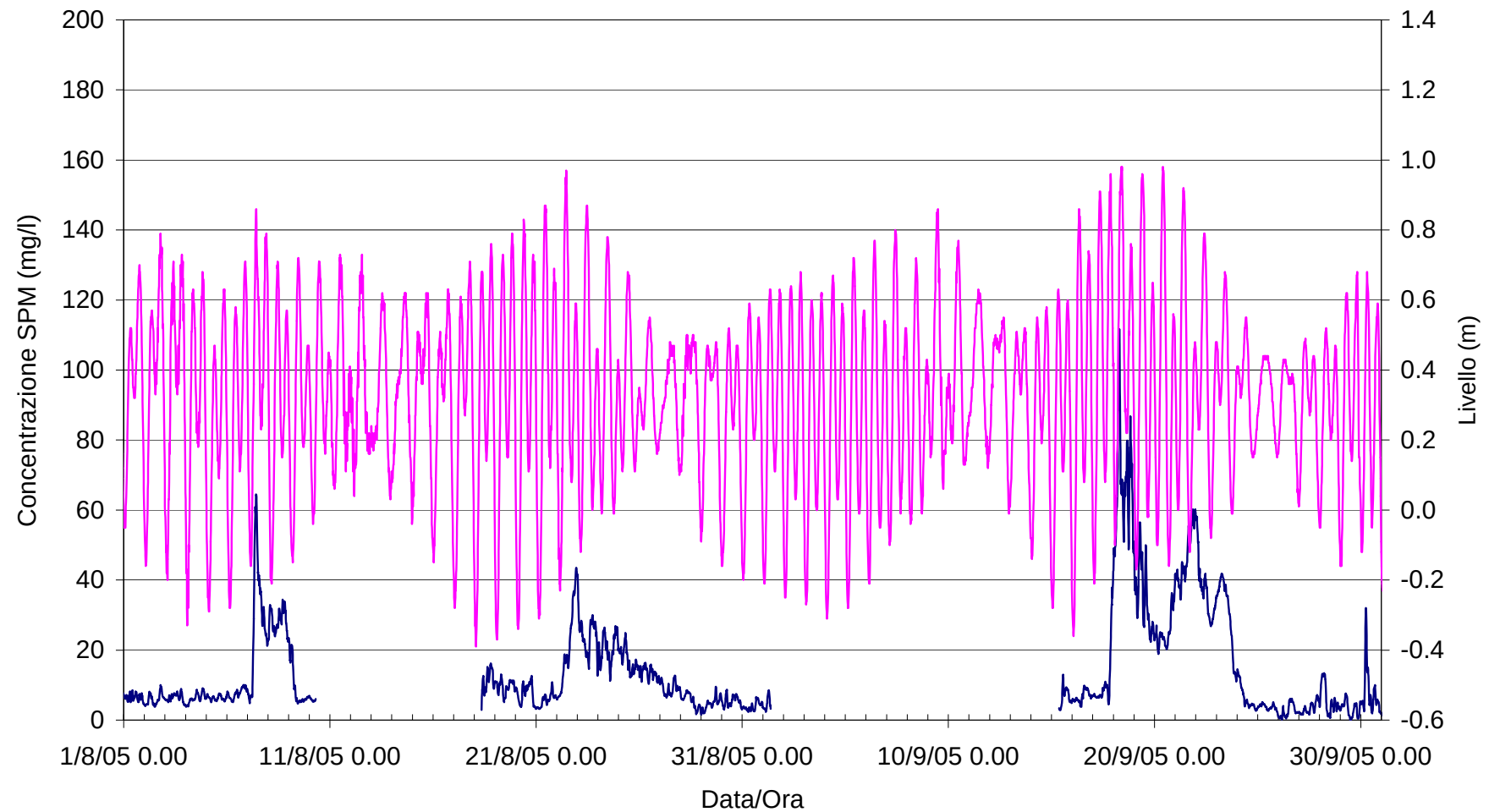
Stazione MAM

Figura 7.7 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAM nel periodo Agosto-Settembre 2005.

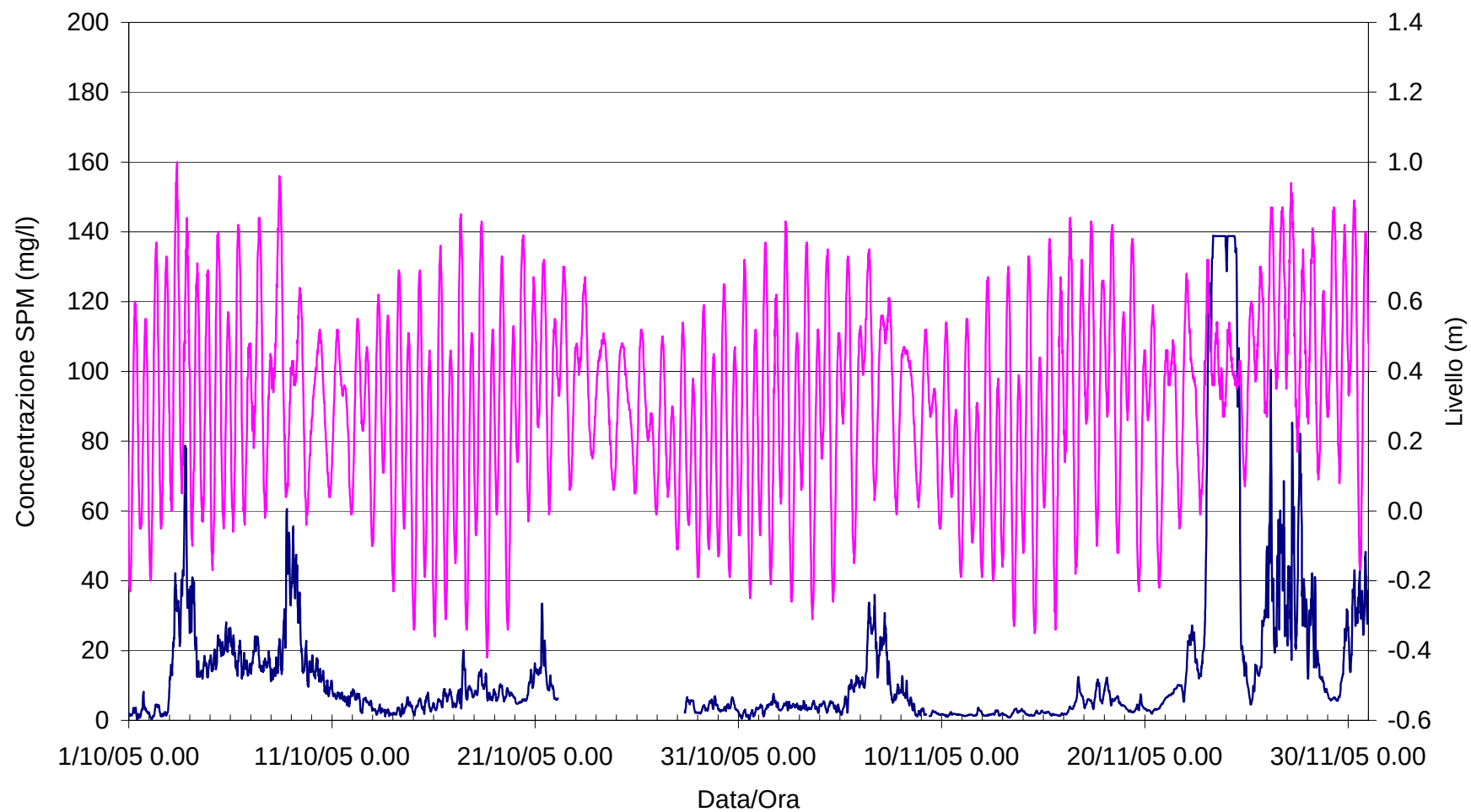
Stazione MAM

Figura 7.7 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAM nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

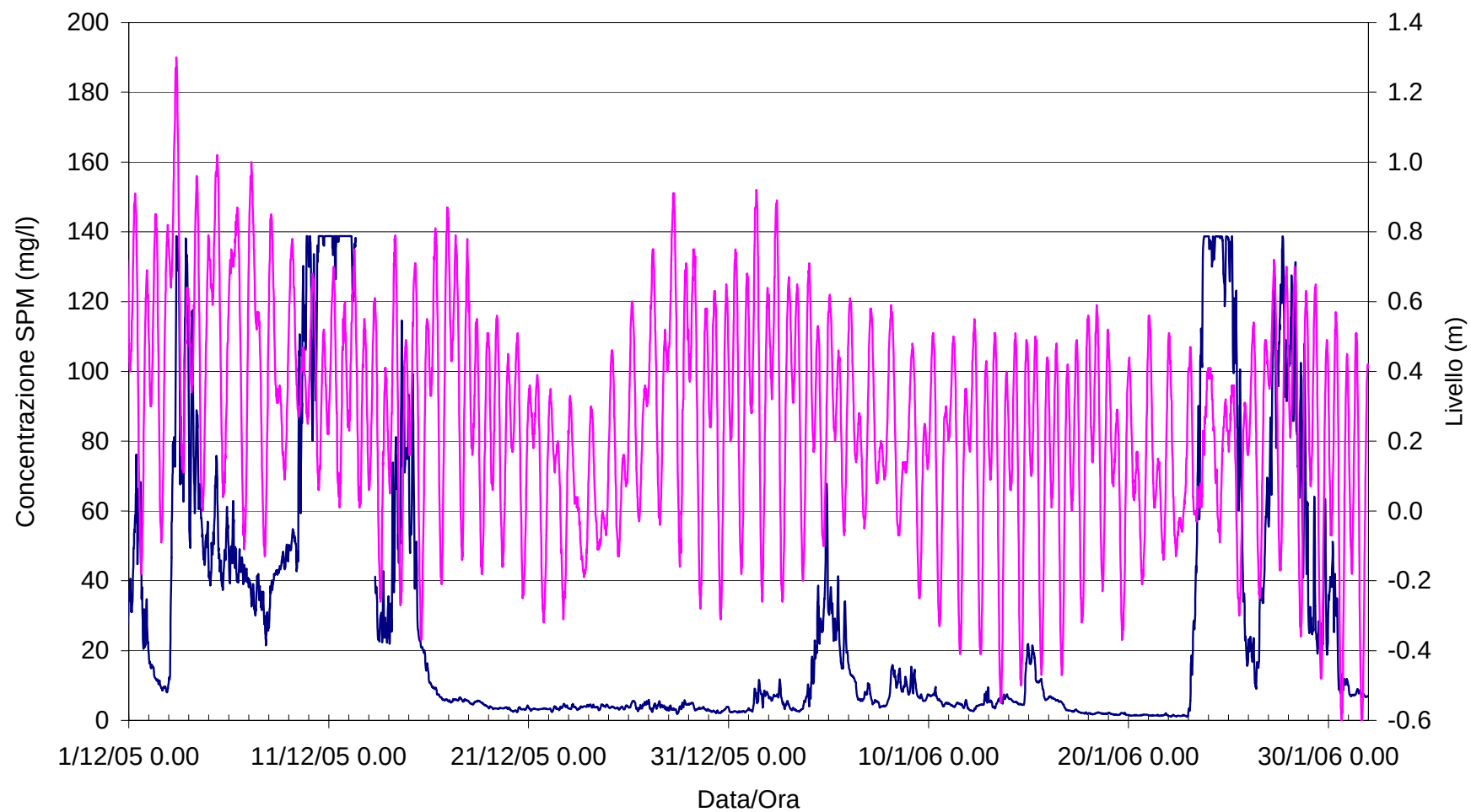
Stazione MAM

Figura 7.7 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAM nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

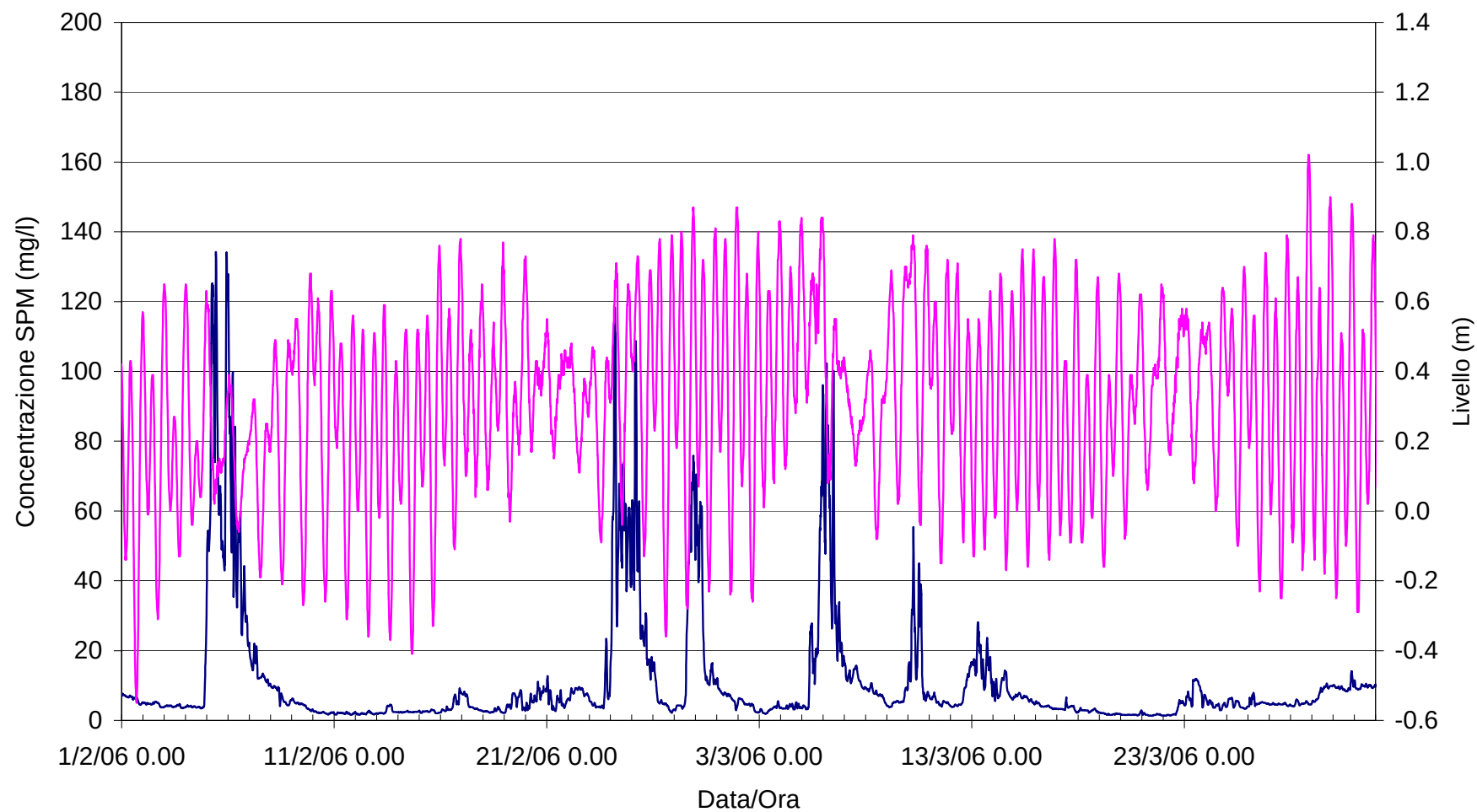
Stazione MAM

Figura 7.7 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAM nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

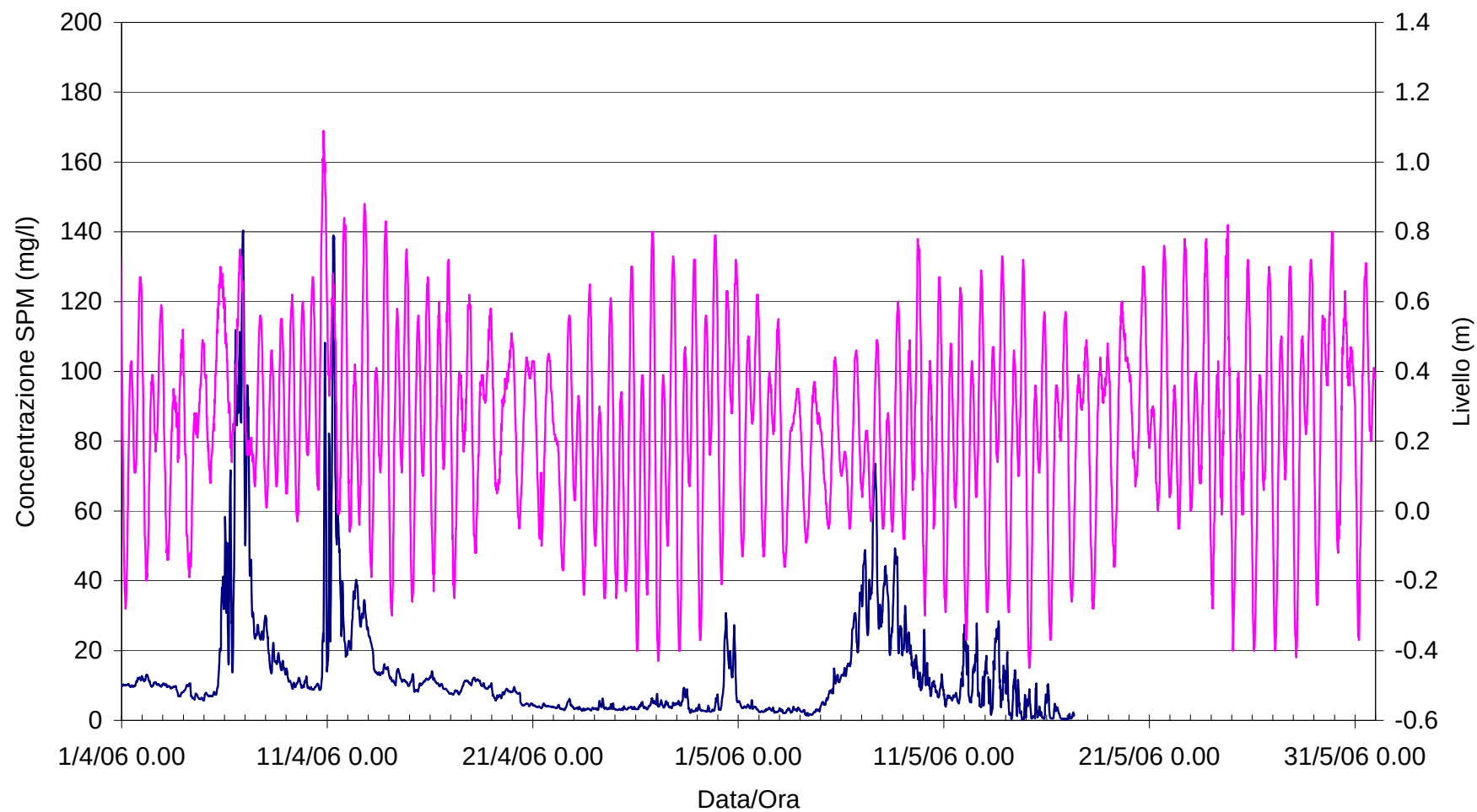
Stazione MAM

Figura 7.7 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAM nel periodo Aprile-Maggio 2006.

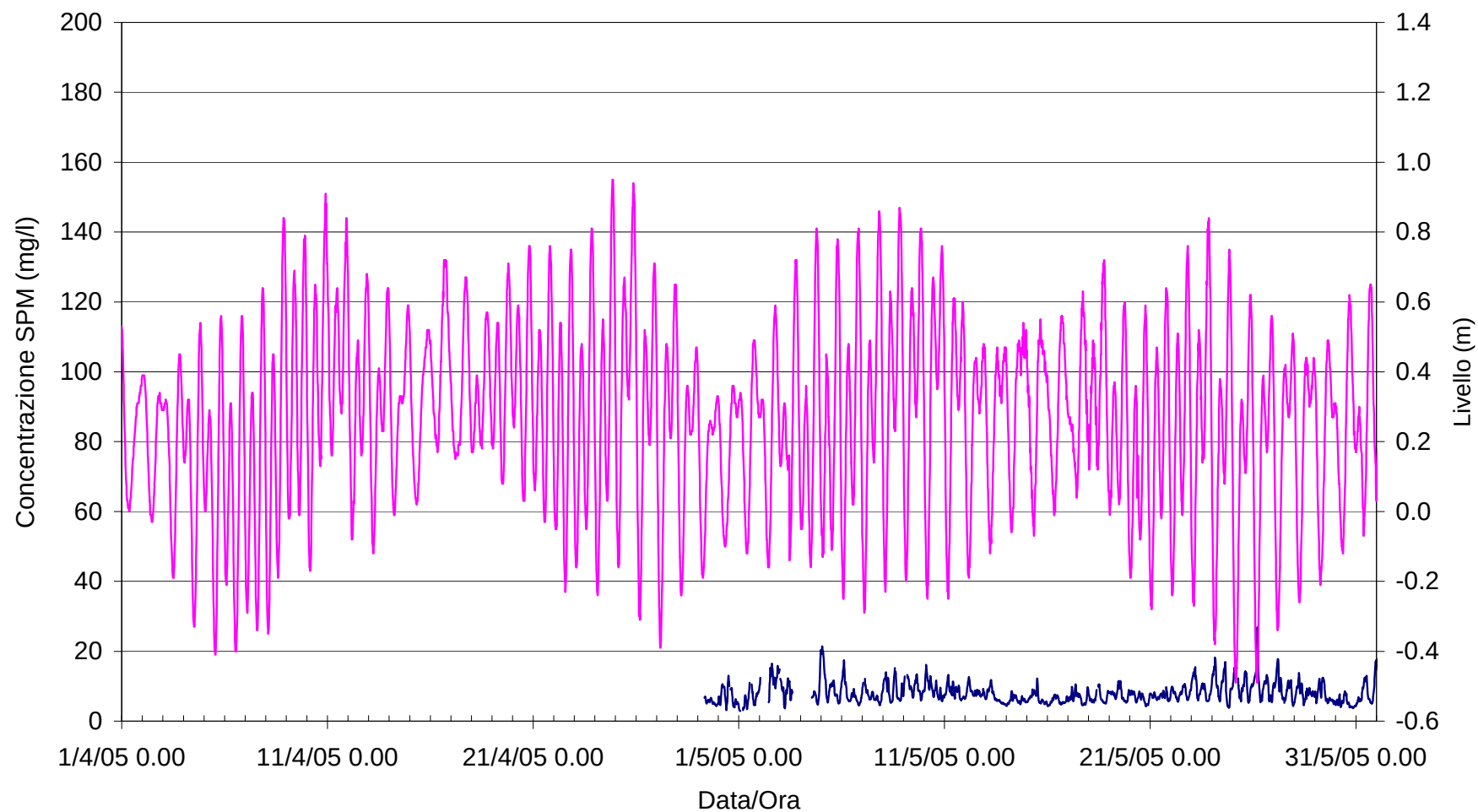
Stazione MAP

Figura 7.8 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Aprile-Maggio 2005.

Stazione MAP

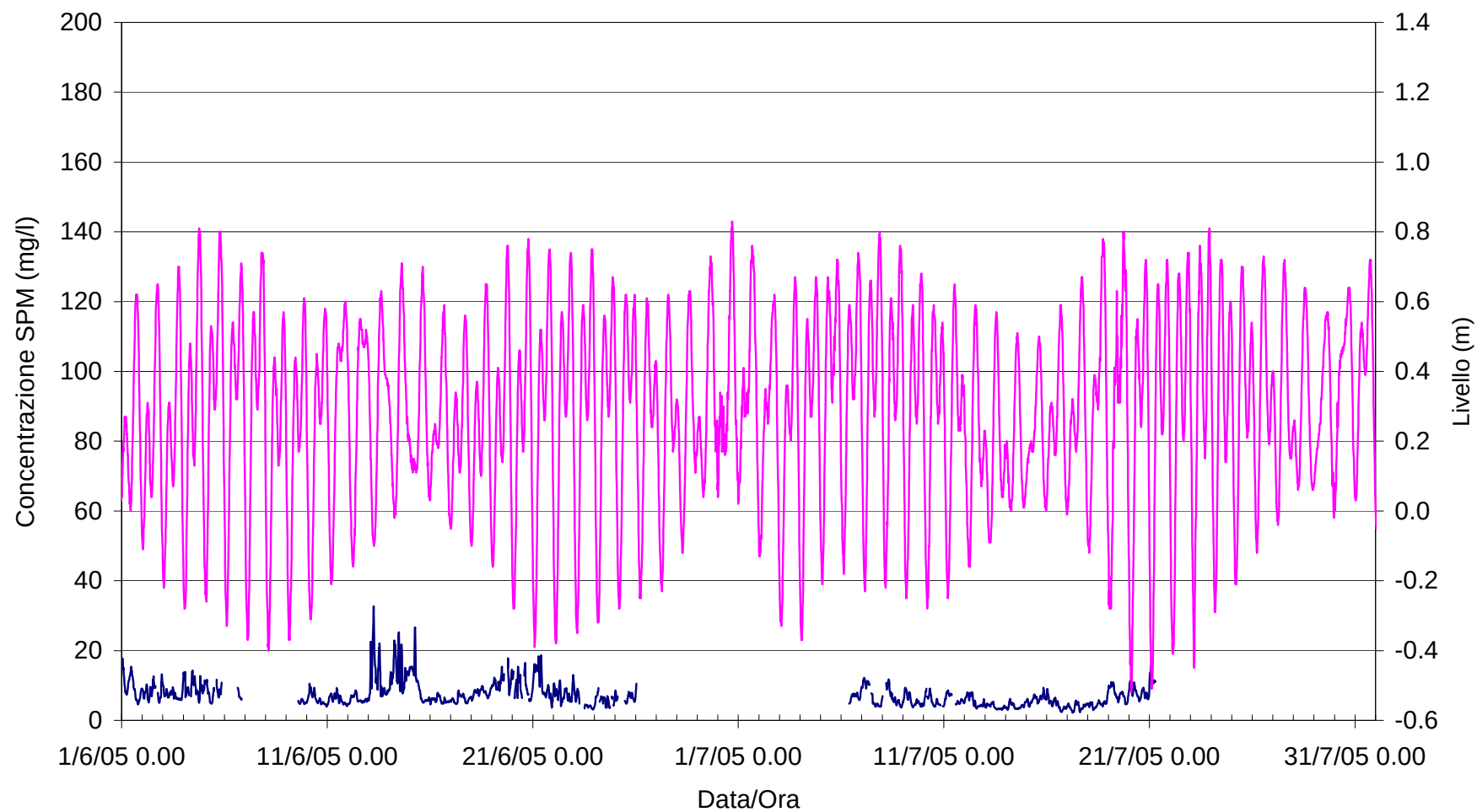


Figura 7.8 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Giugno-Luglio 2005.

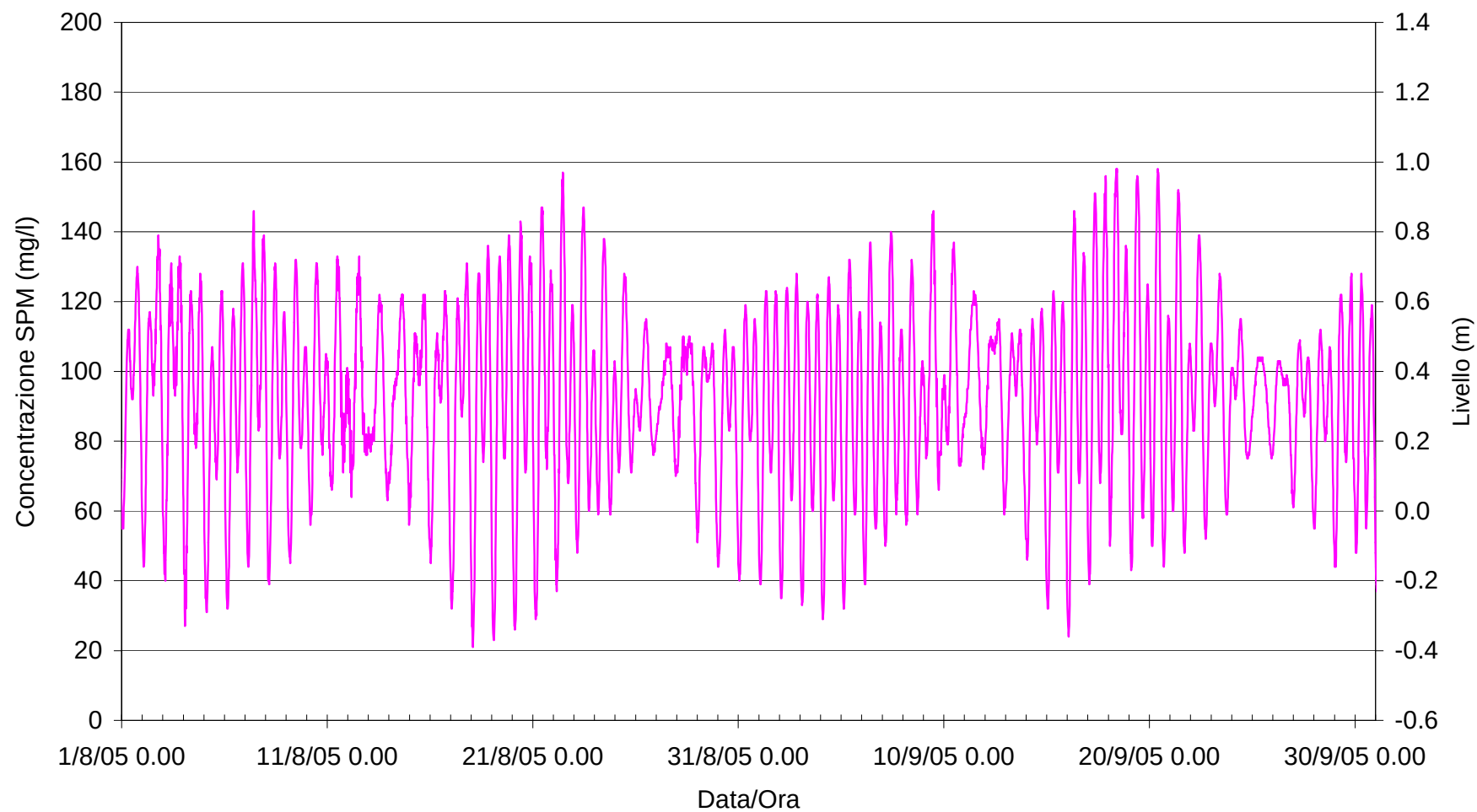
Stazione MAP

Figura 7.8 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Agosto-Settembre 2005.

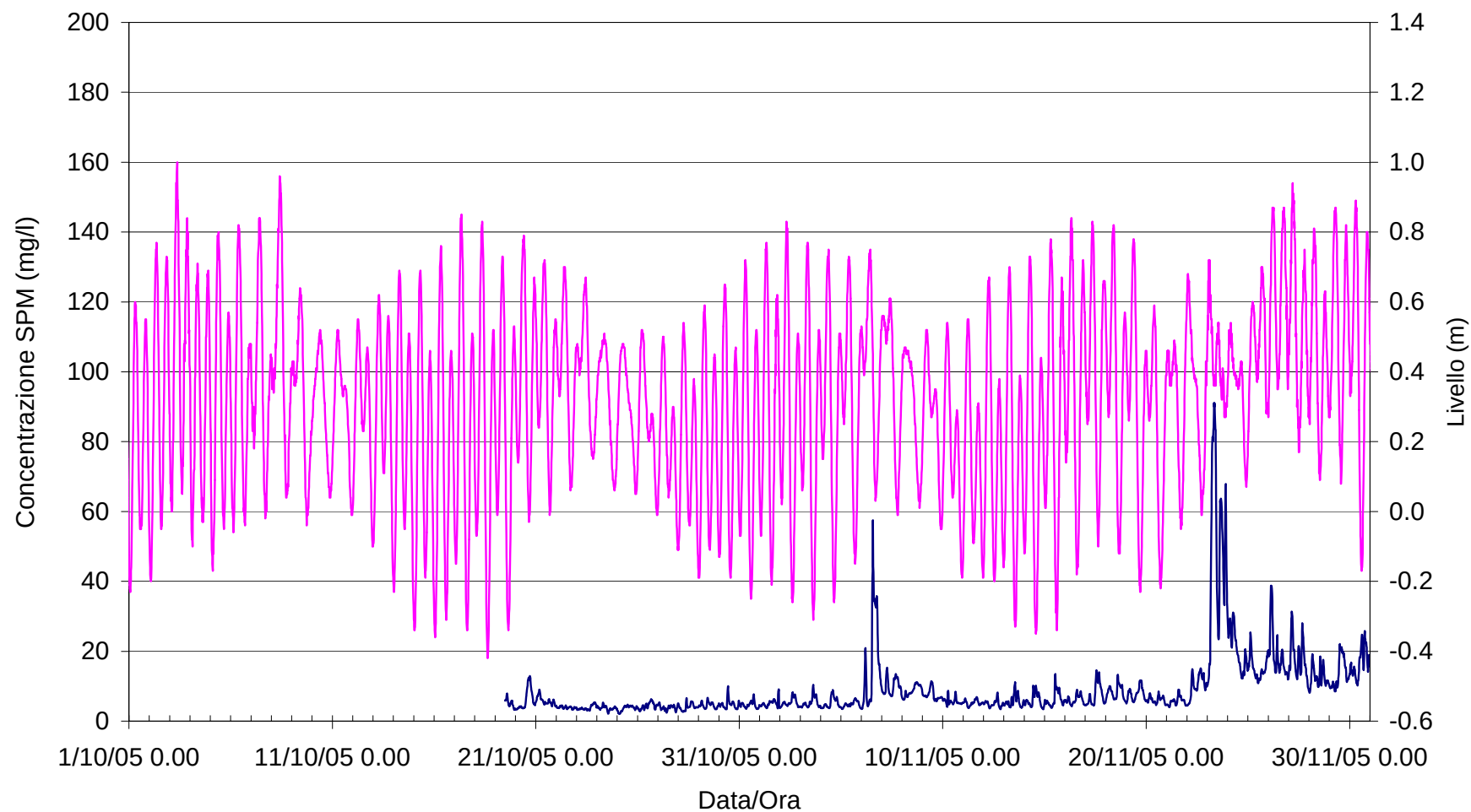
Stazione MAP

Figura 7.8 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

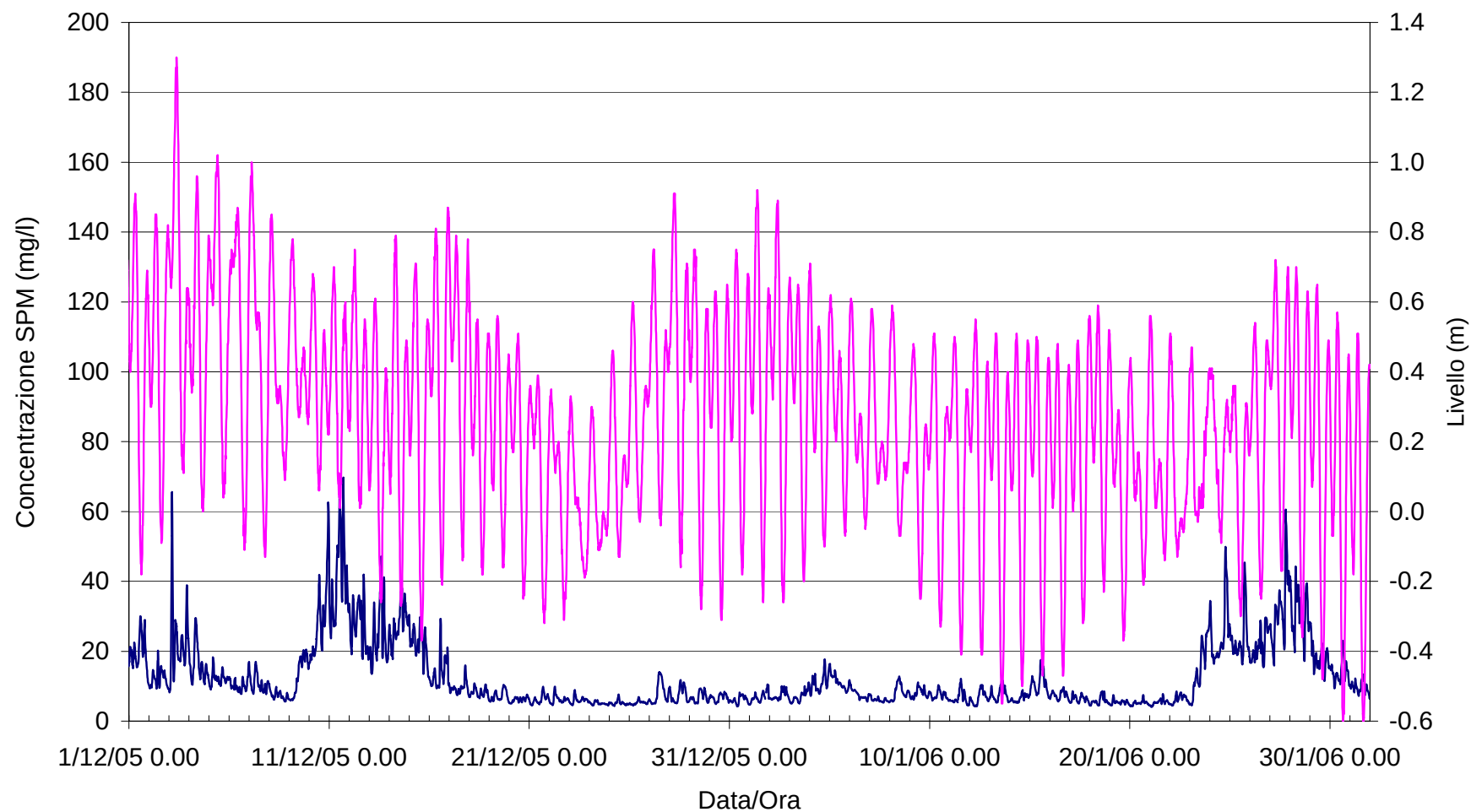
Stazione MAP

Figura 7.8 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

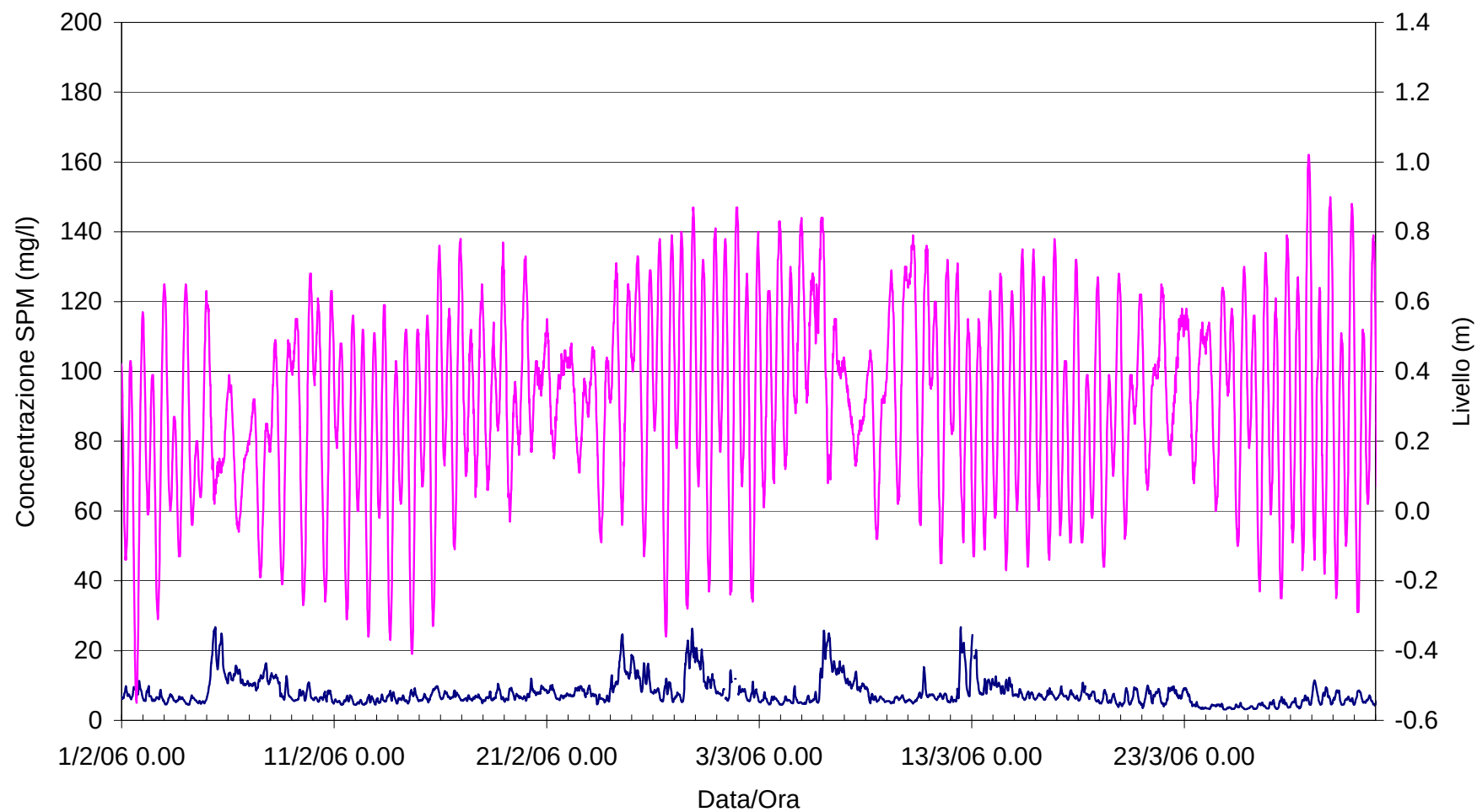
Stazione MAP

Figura 7.8 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

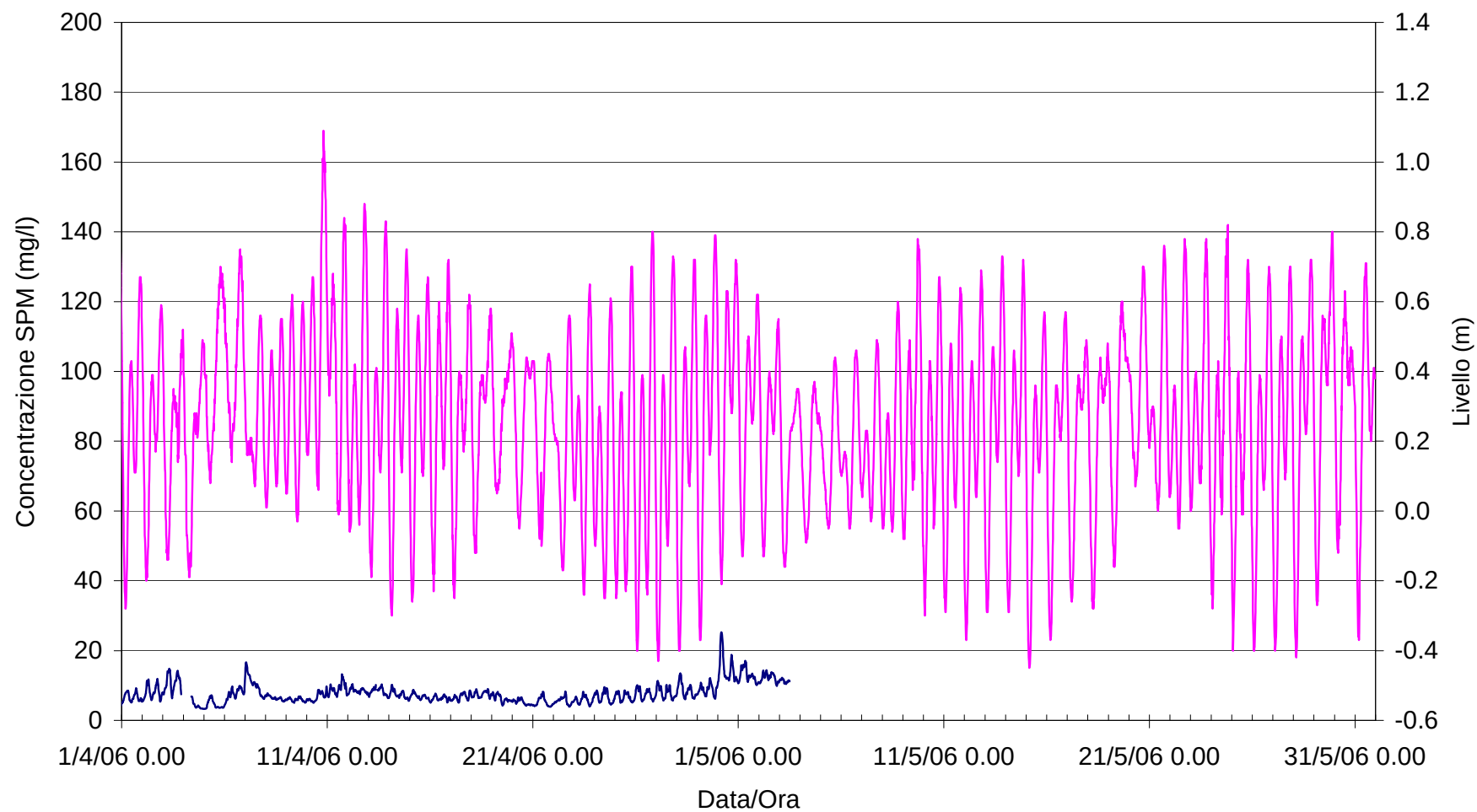
Stazione MAP

Figura 7.8 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Aprile-Maggio 2006.

Stazione CHM

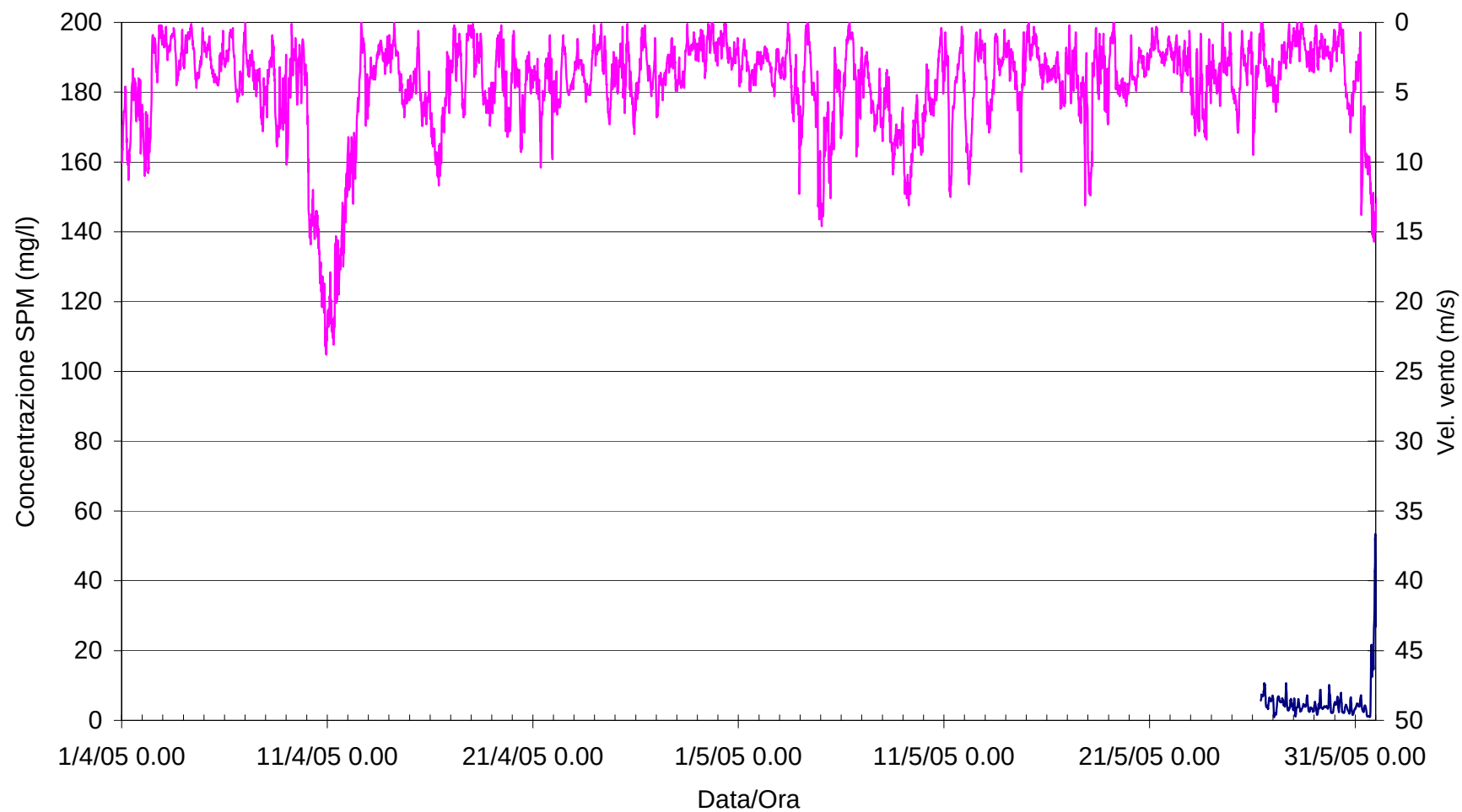


Figura 7.9 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHM nel periodo Aprile-Maggio 2005.

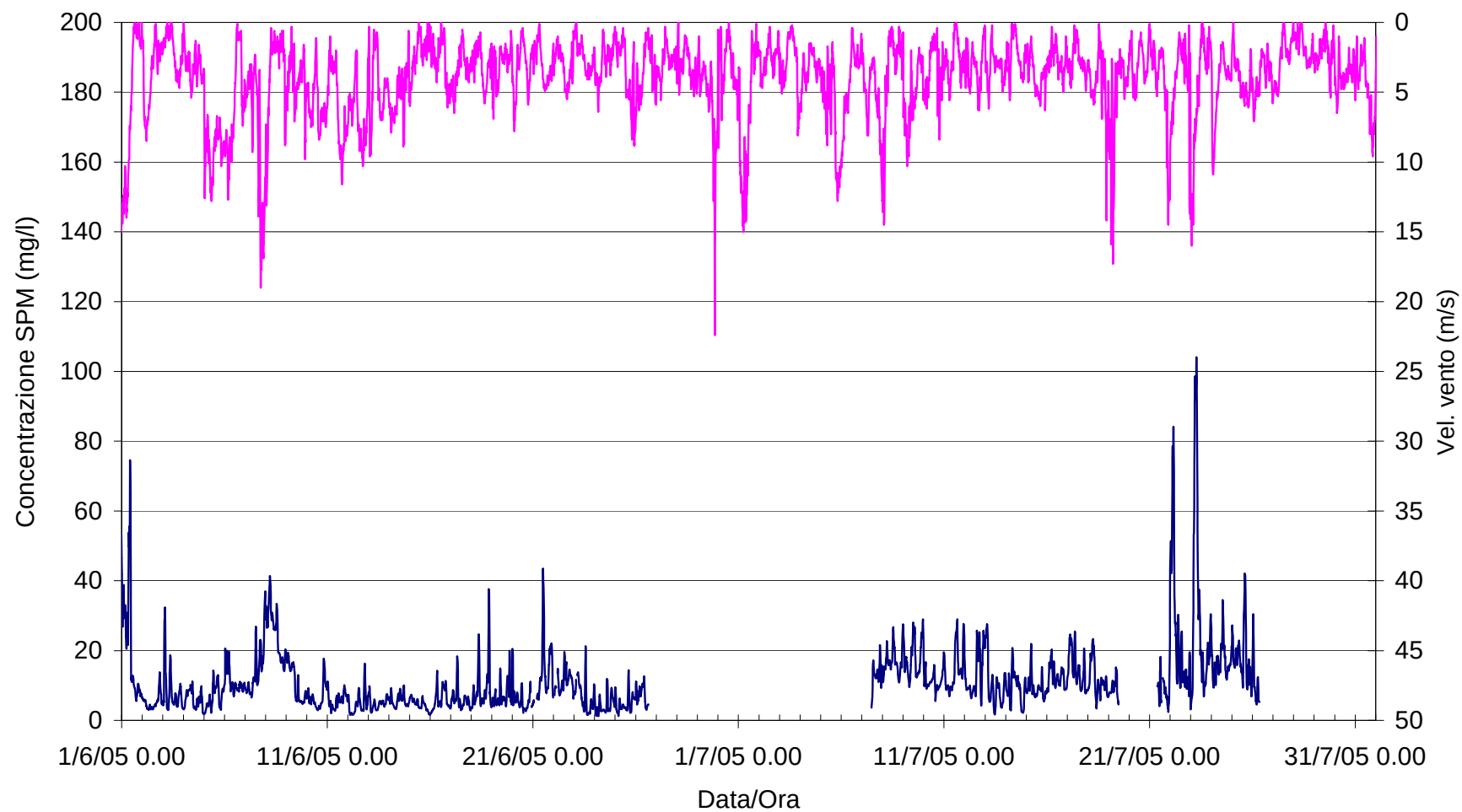
Stazione CHM

Figura 7.9 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHM nel periodo Giugno-Luglio 2005.

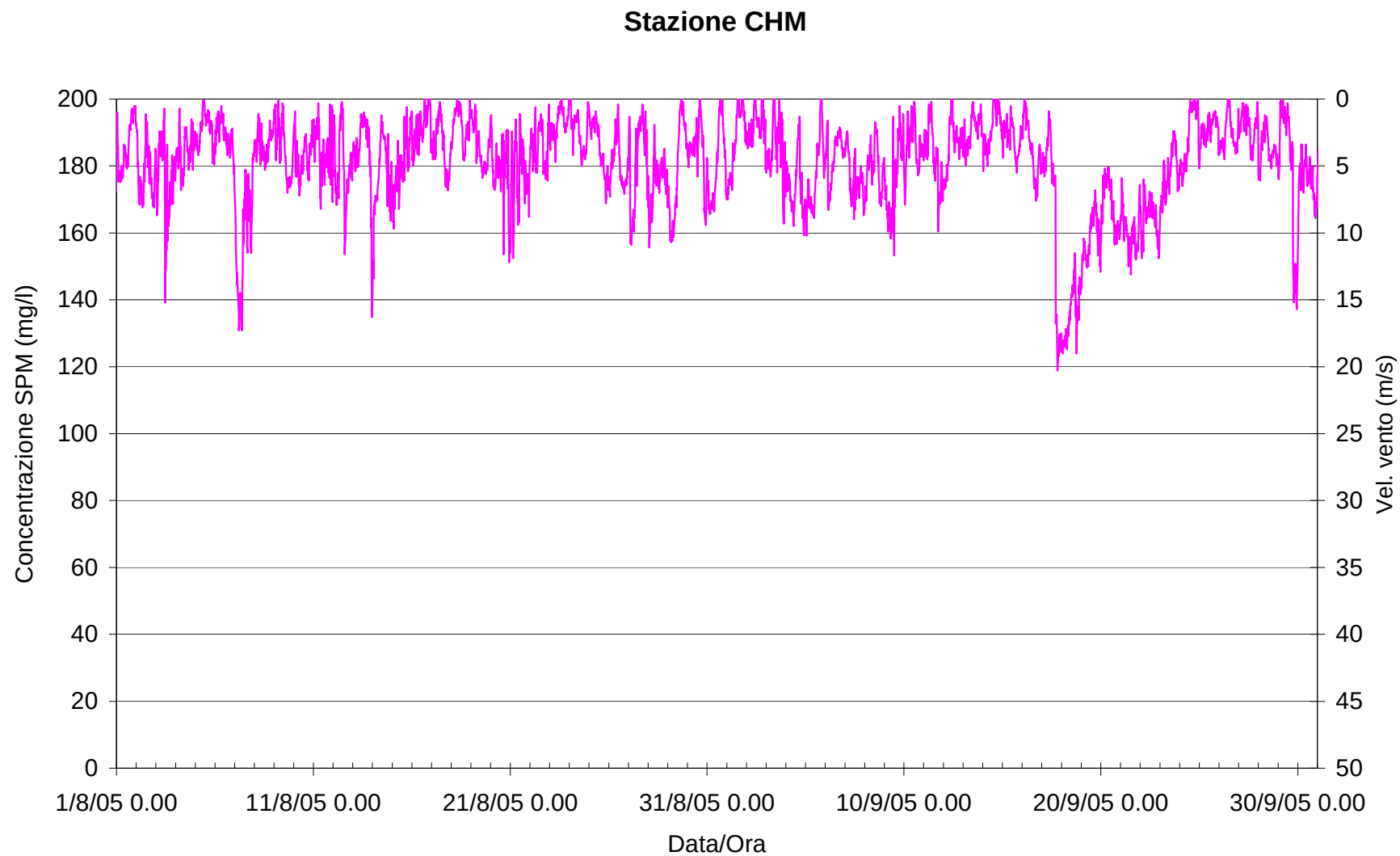


Figura 7.9 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHM nel periodo Agosto-Settembre 2005.

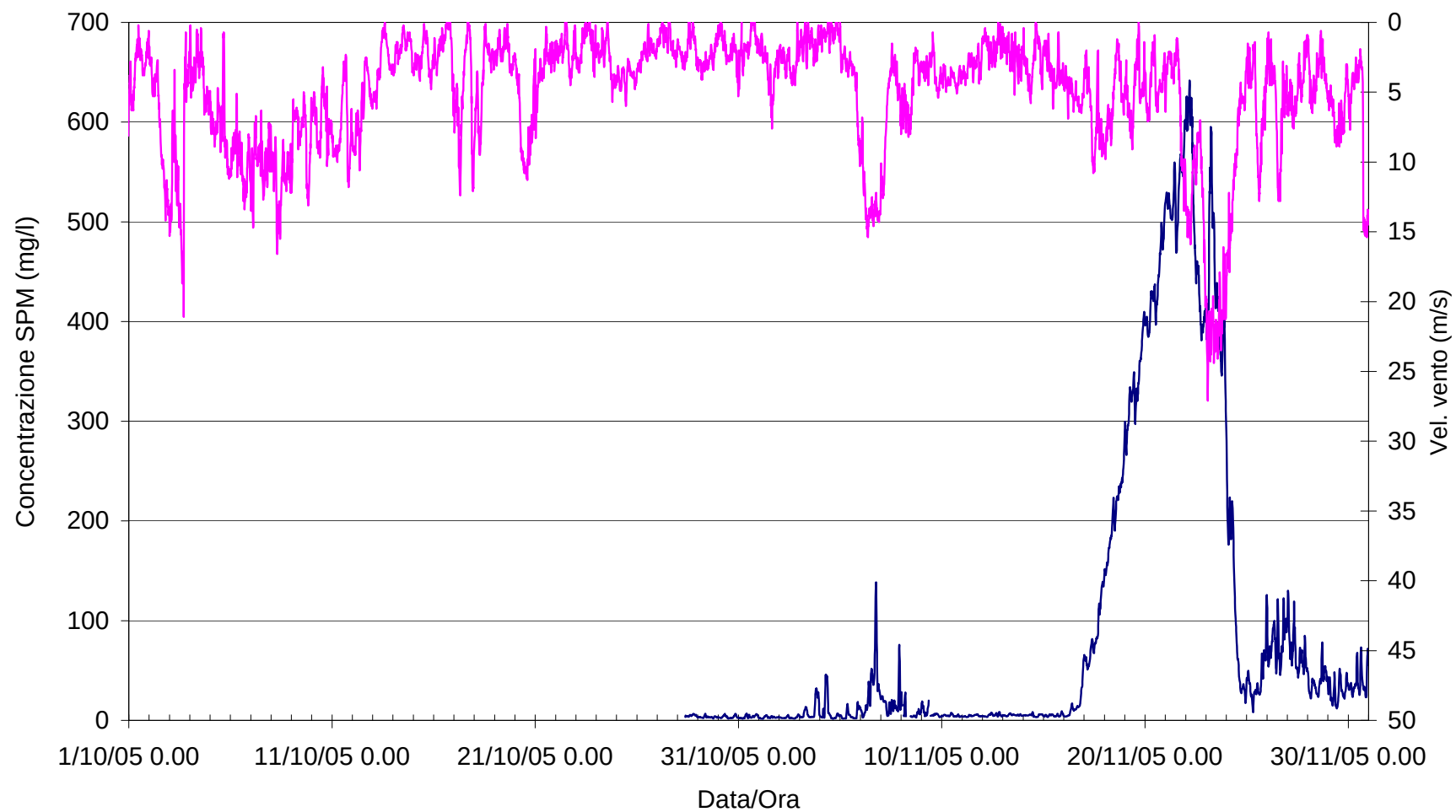
Stazione CHM

Figura 7.9 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHM nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

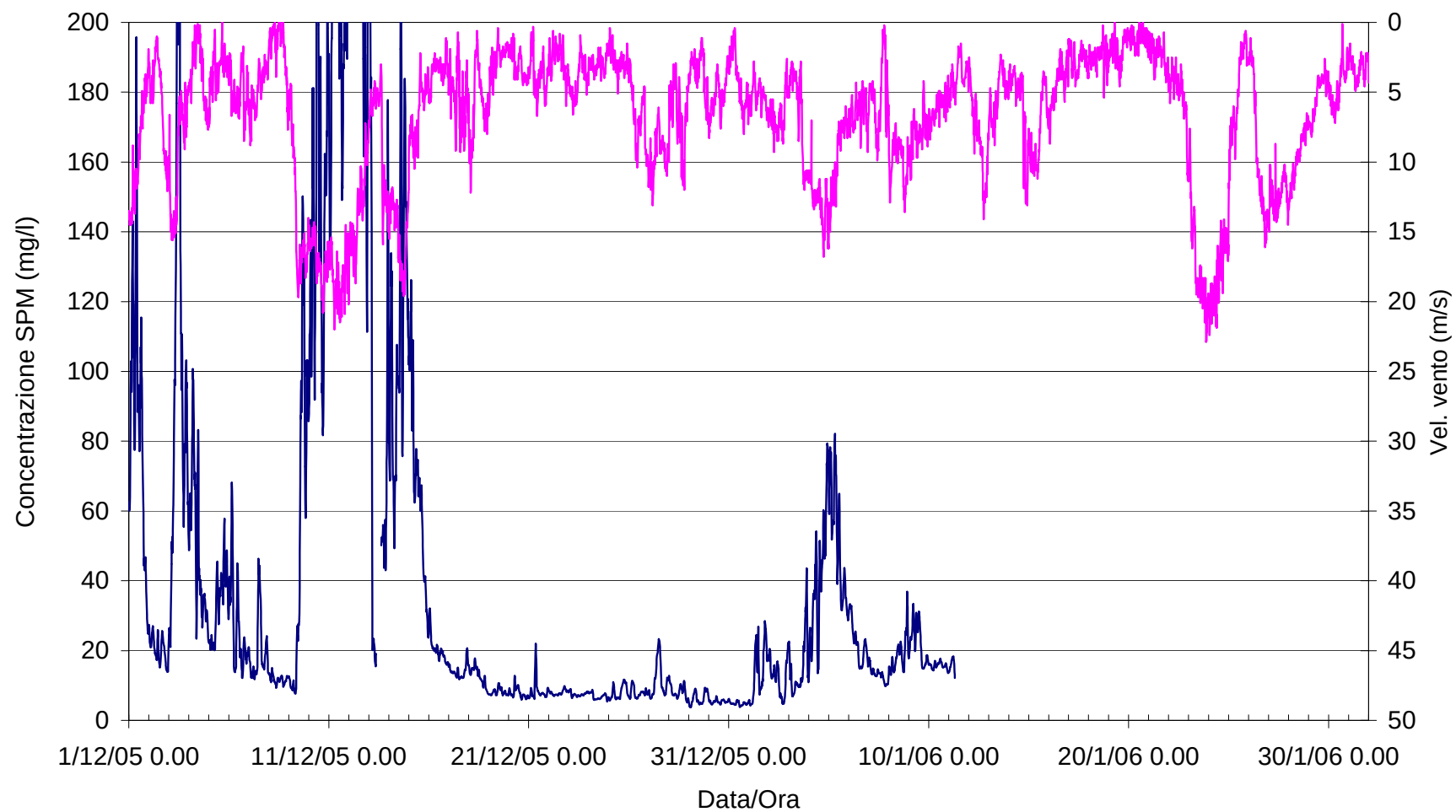
Stazione CHM

Figura 7.9 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHM nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

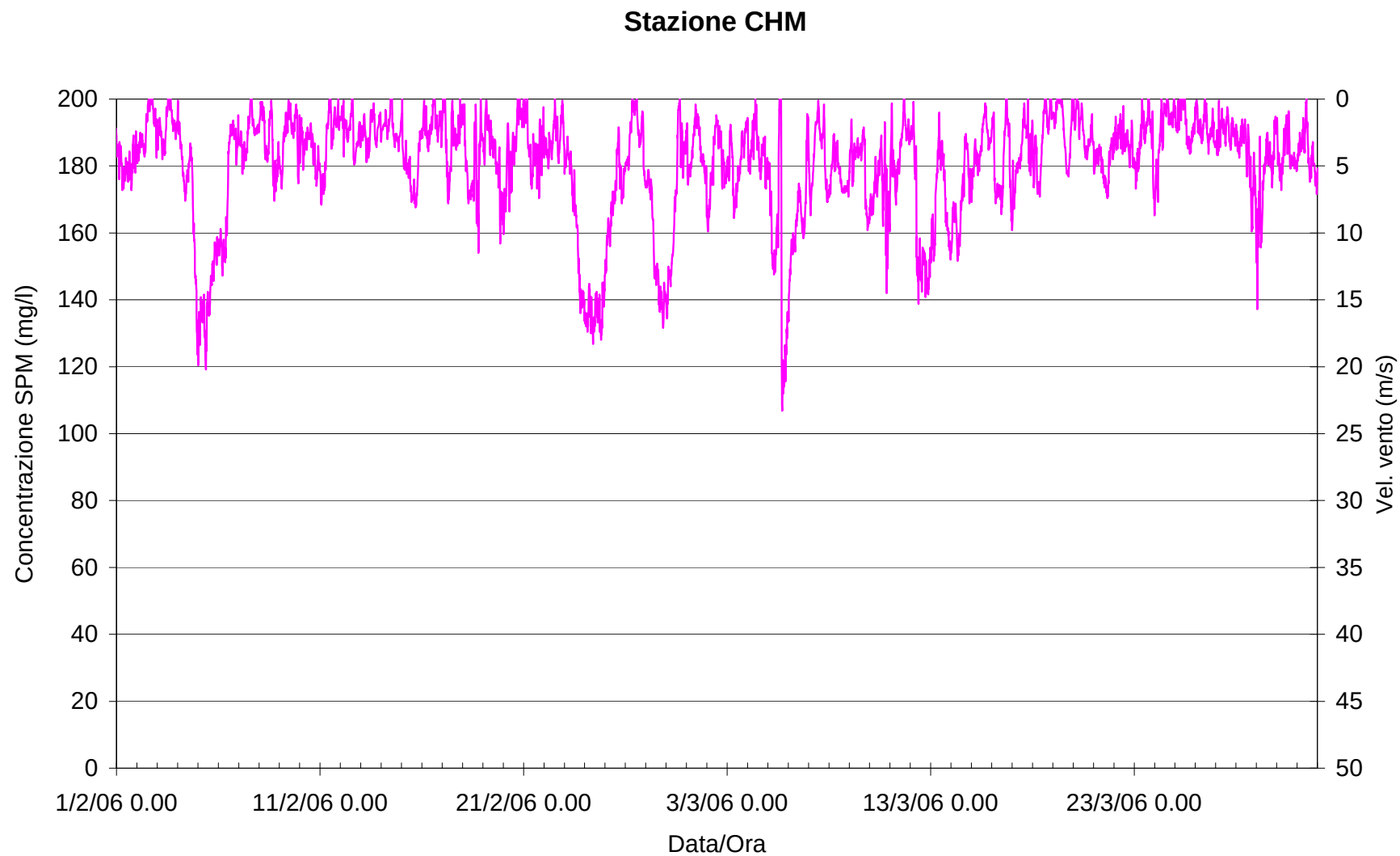


Figura 7.9 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHM nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

Stazione CHM

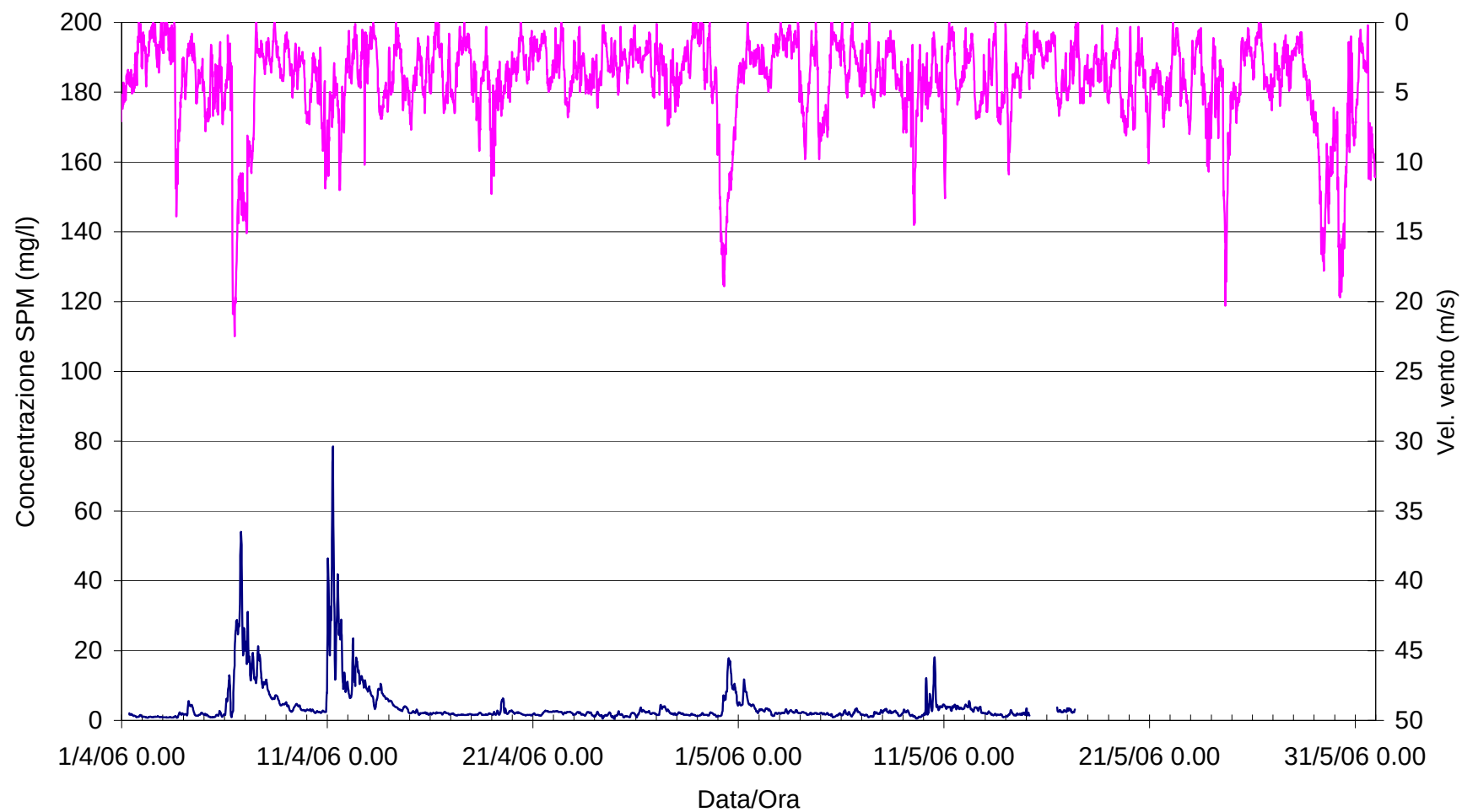


Figura 7.9 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHM nel periodo Aprile-Maggio 2006.

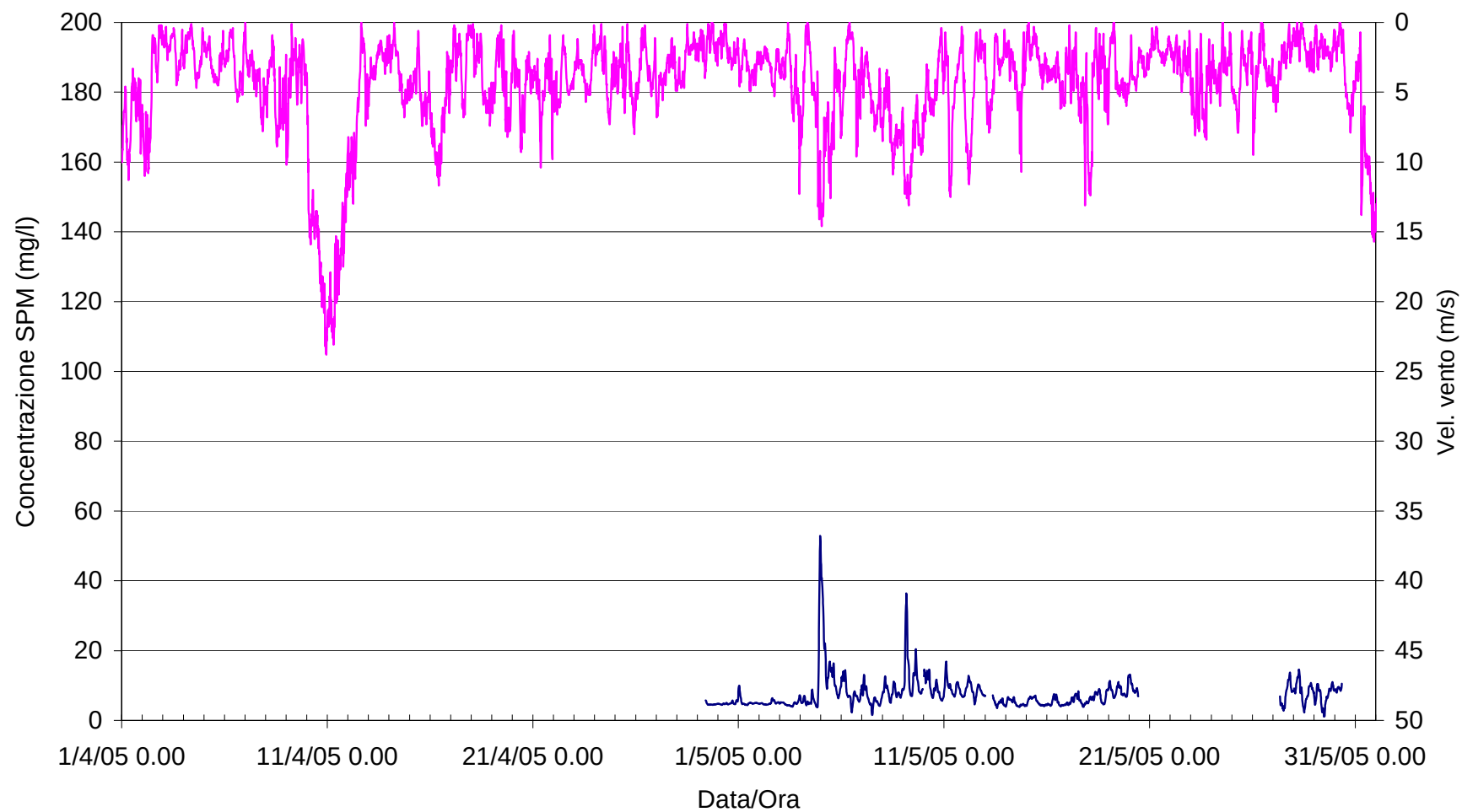
Stazione CHP

Figura 7.10 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Aprile-Maggio 2005.

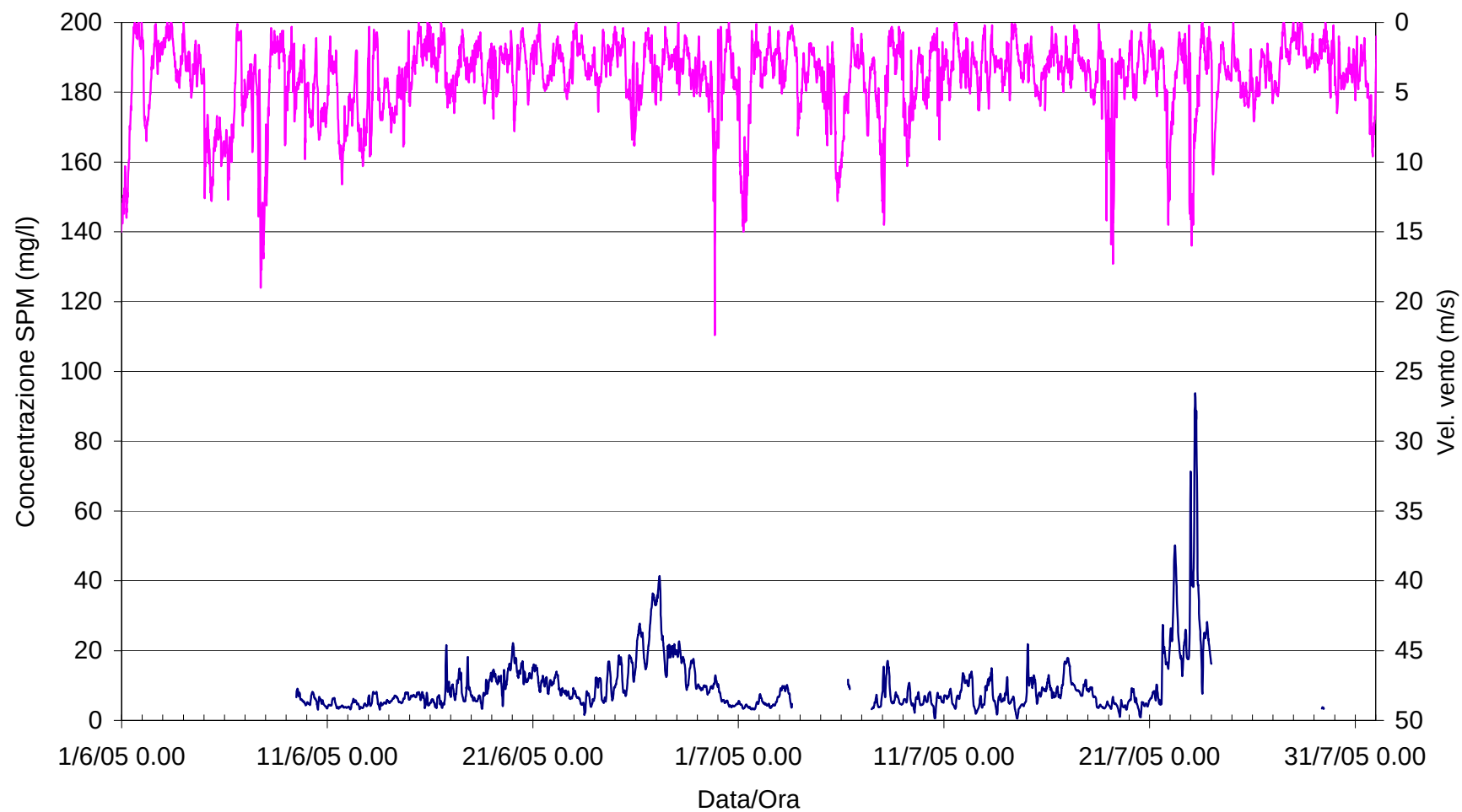
Stazione CHP

Figura 7.10 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Giugno-Luglio 2005.

Stazione CHP

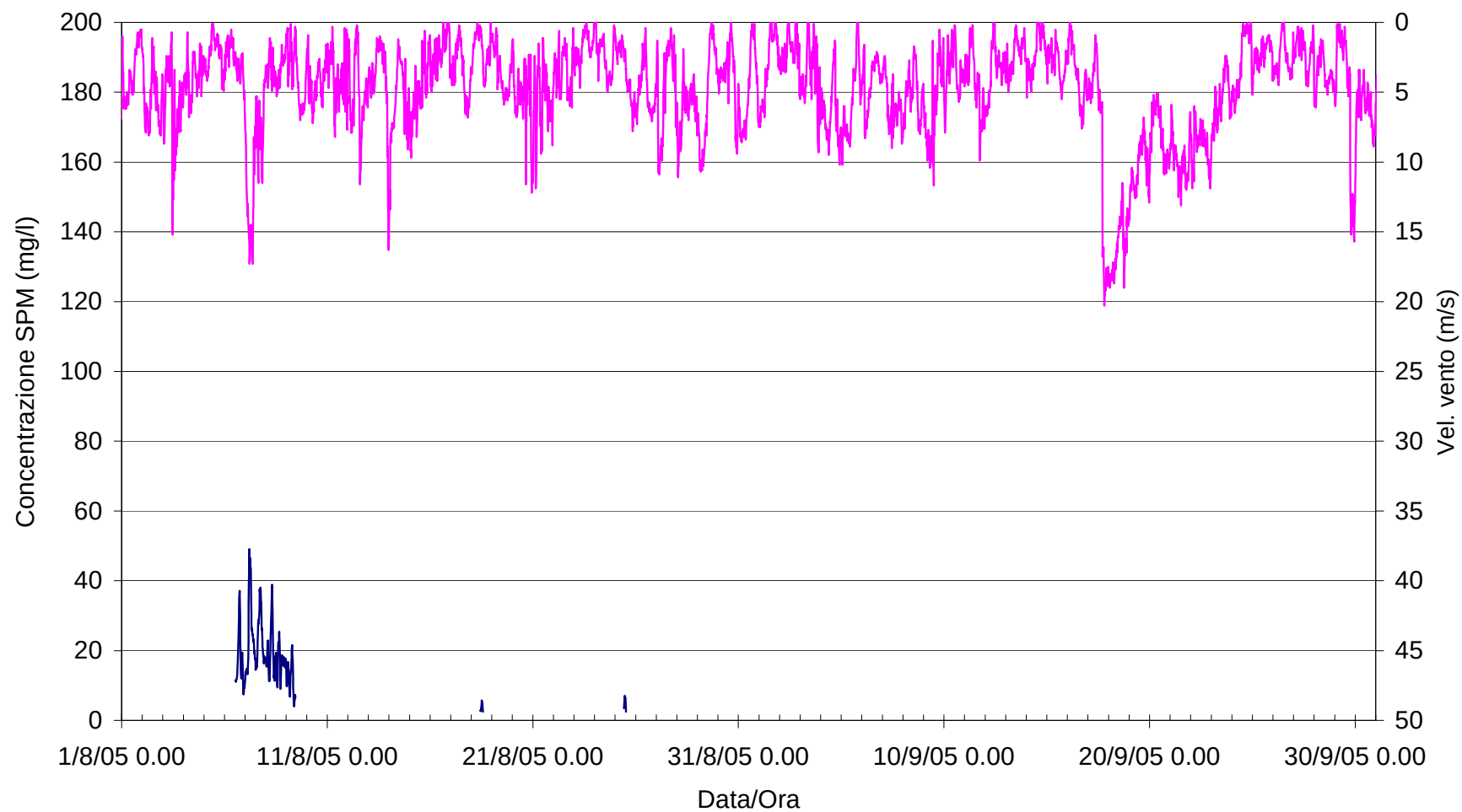


Figura 7.10 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Agosto-Settembre 2005.

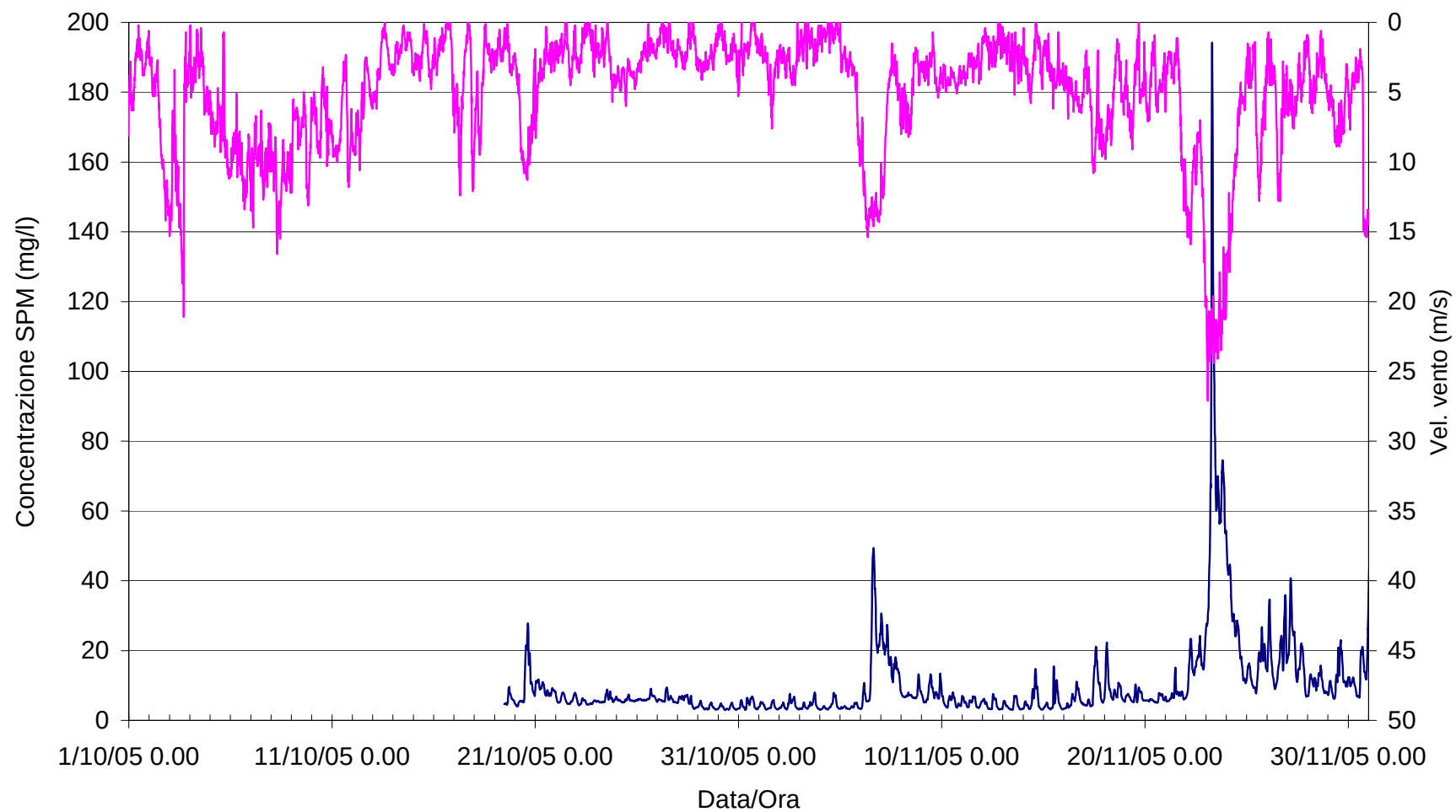
Stazione CHP

Figura 7.10 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

Stazione CHP

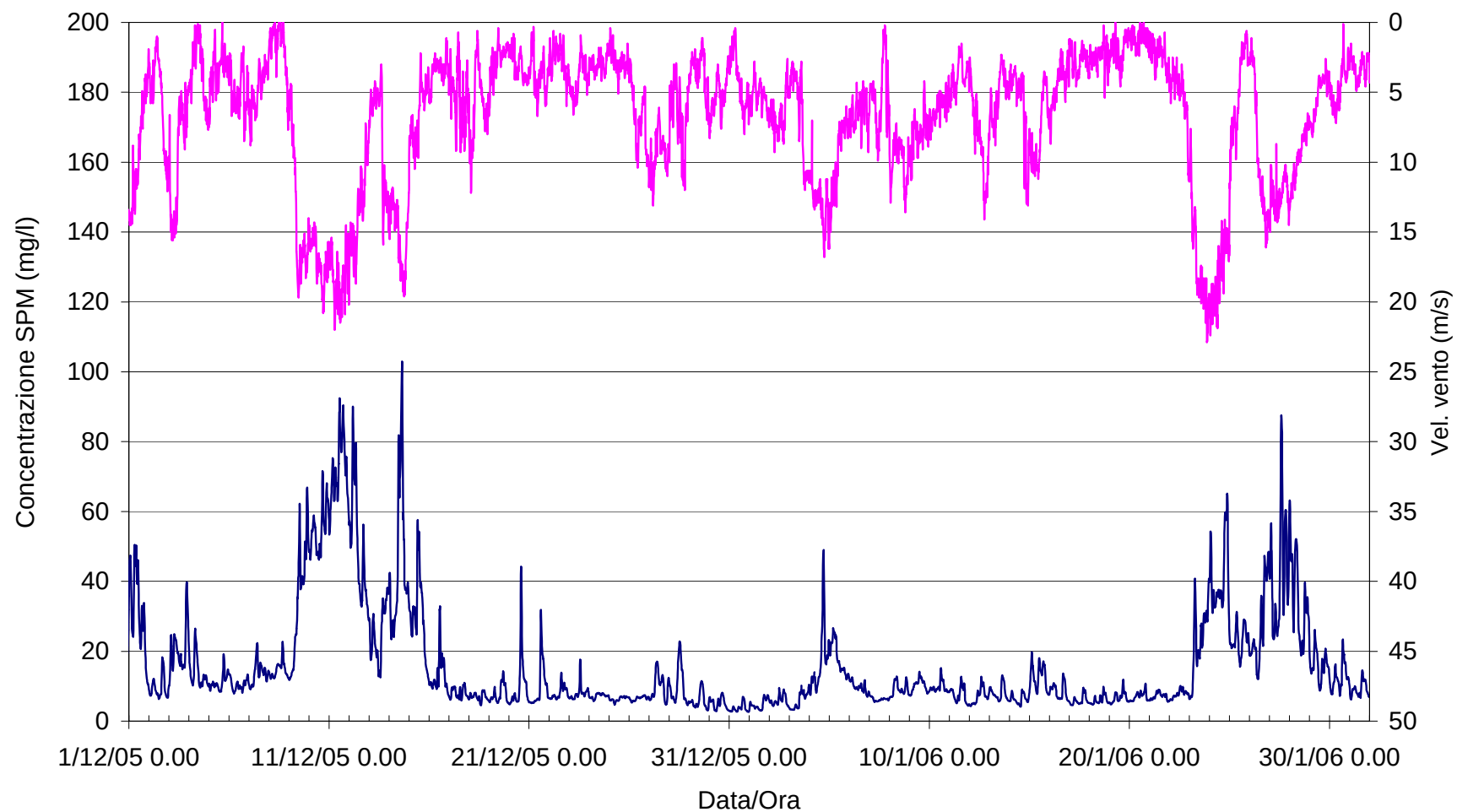


Figura 7.10 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

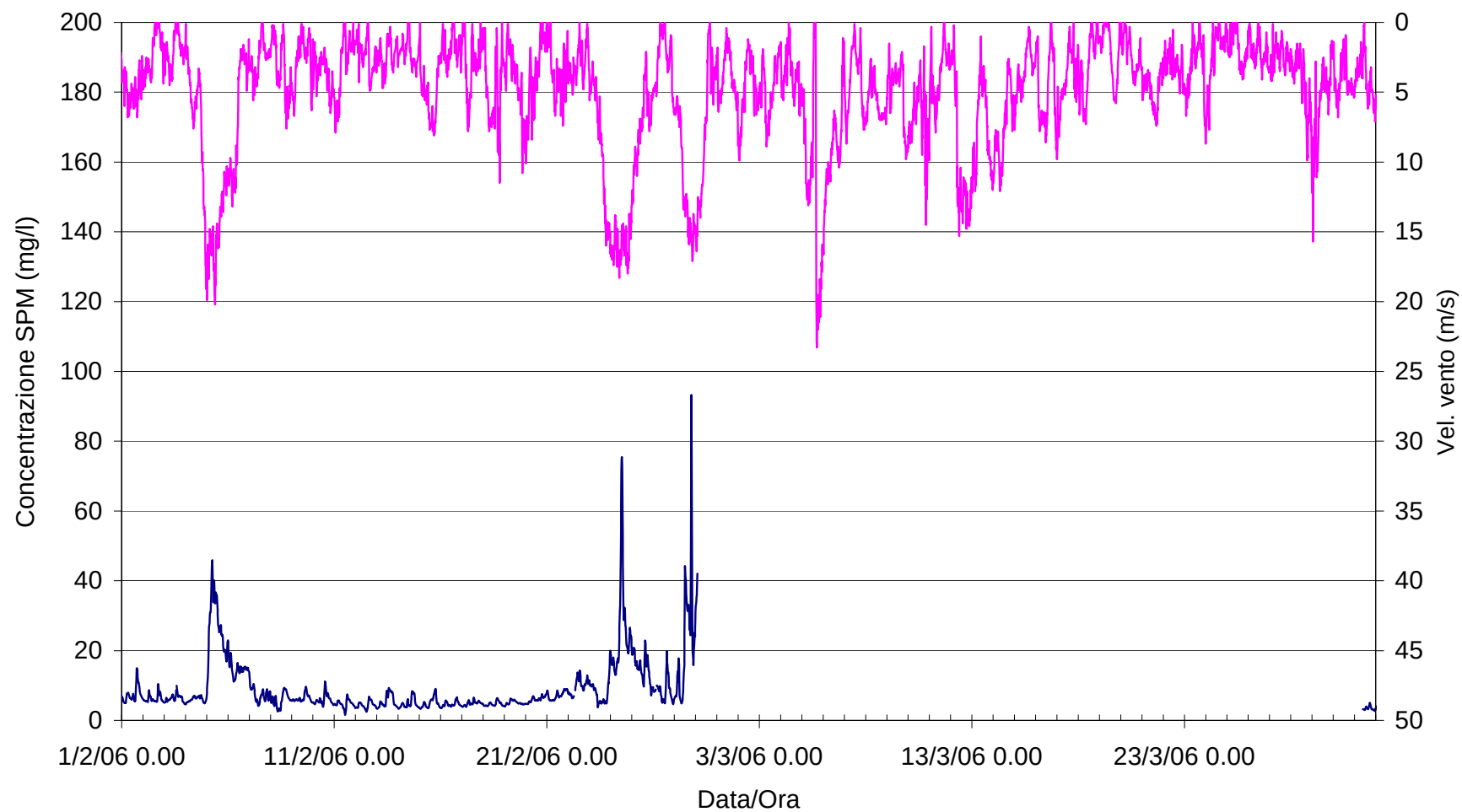
Stazione CHP

Figura 7.10 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

Stazione CHP

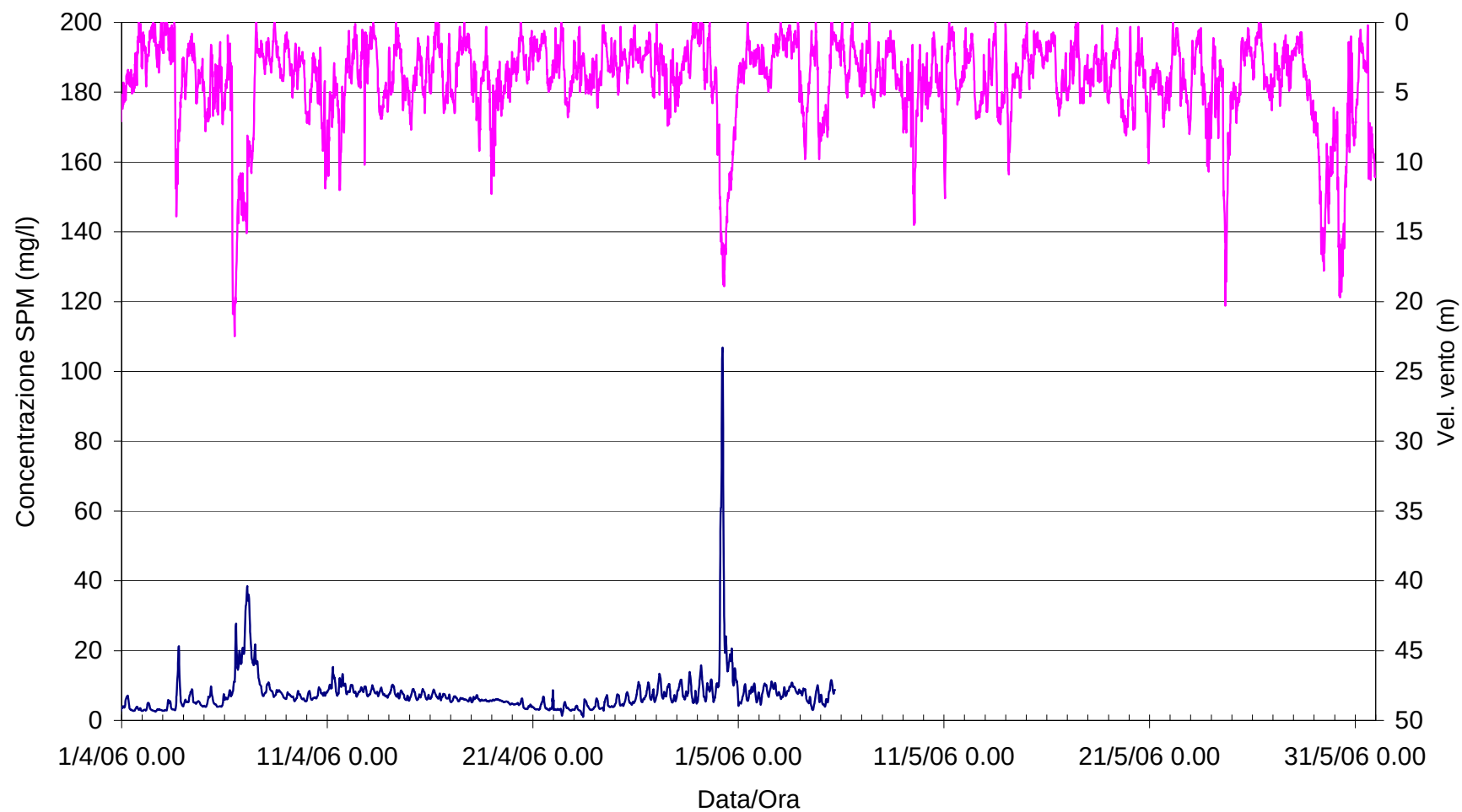


Figura 7.10 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione CHP nel periodo Aprile-Maggio 2006.

Stazione LIM

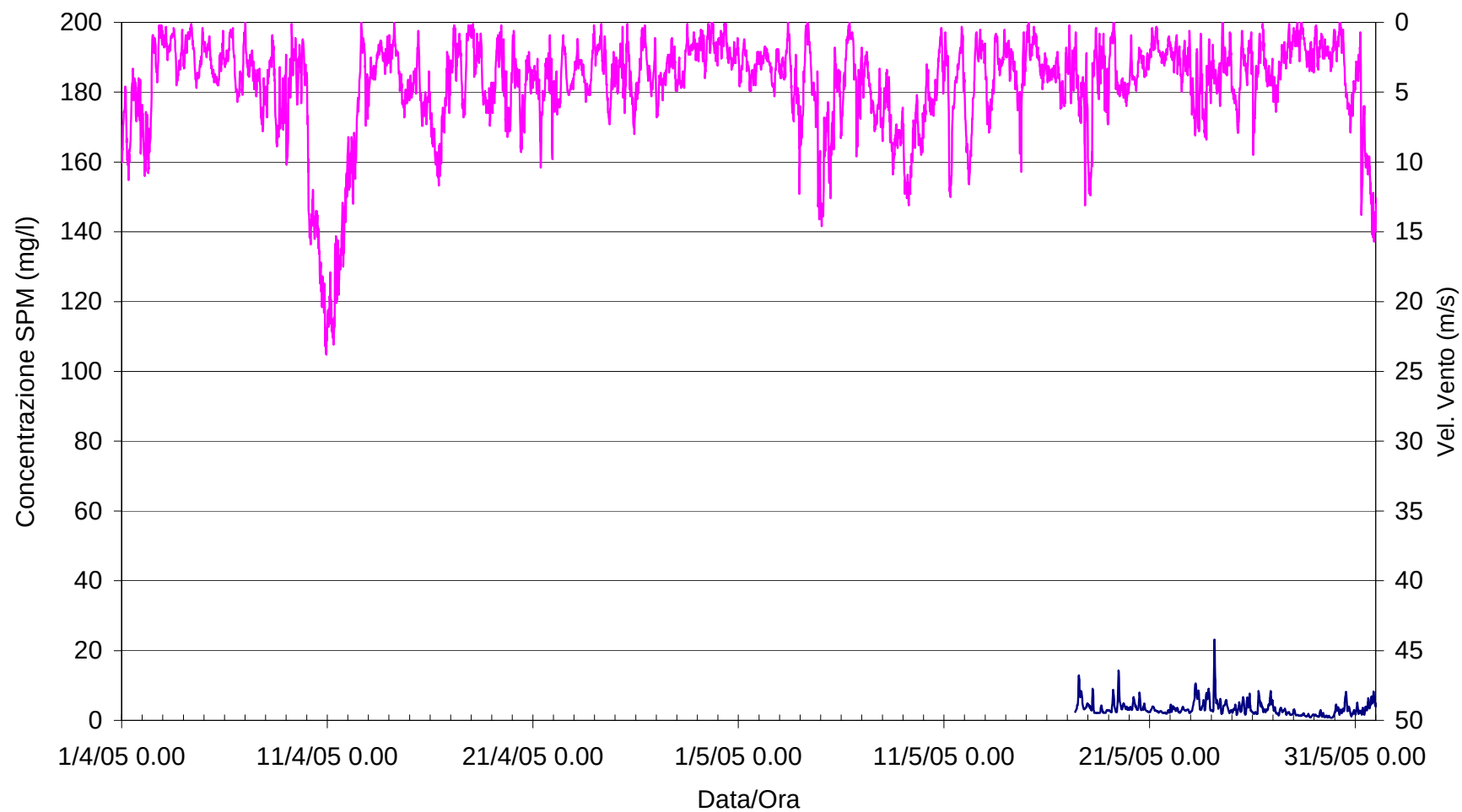


Figura 7.11 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Aprile-Maggio 2005.

Stazione LIM

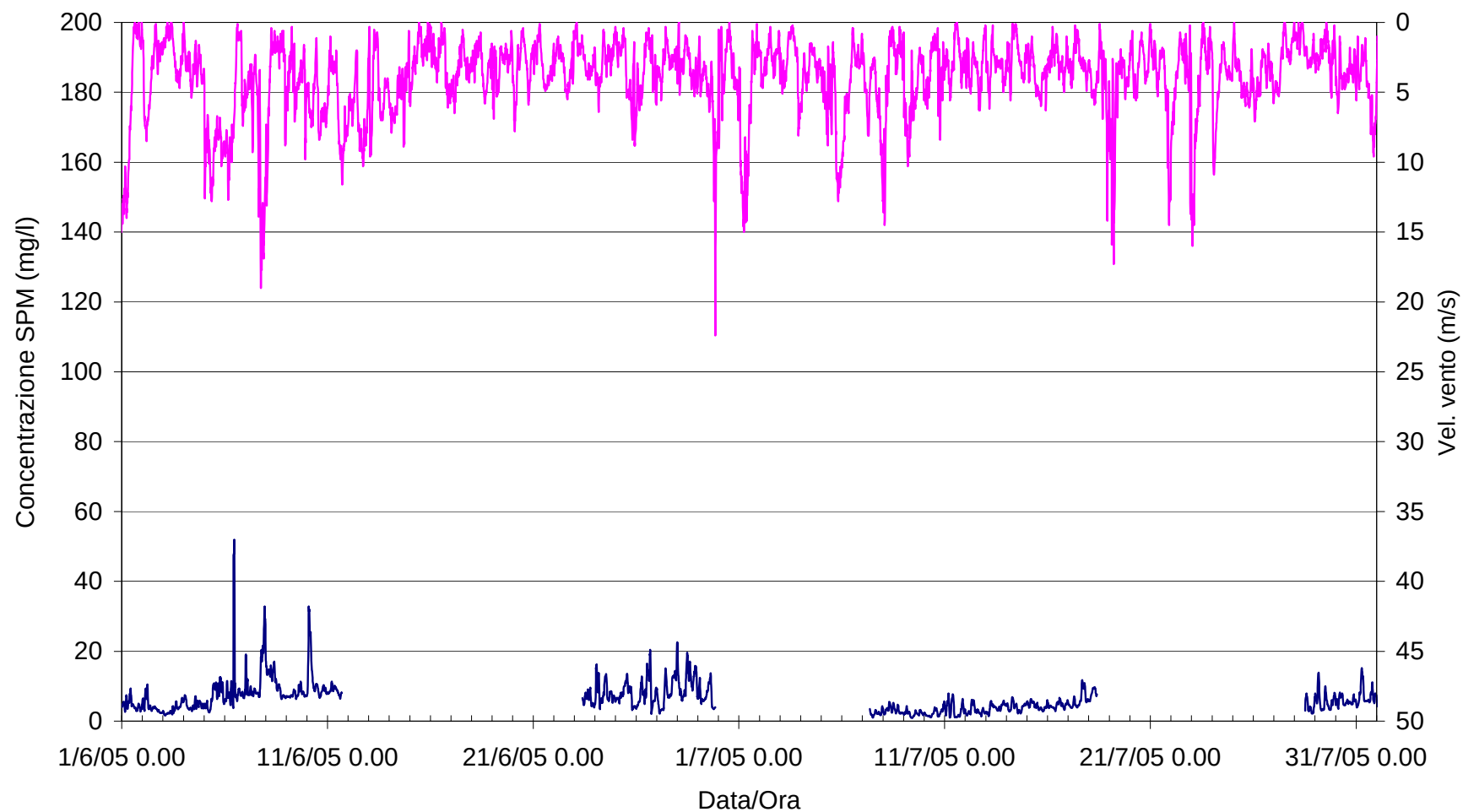


Figura 7.11 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Giugno-Luglio 2006.

Stazione LIM

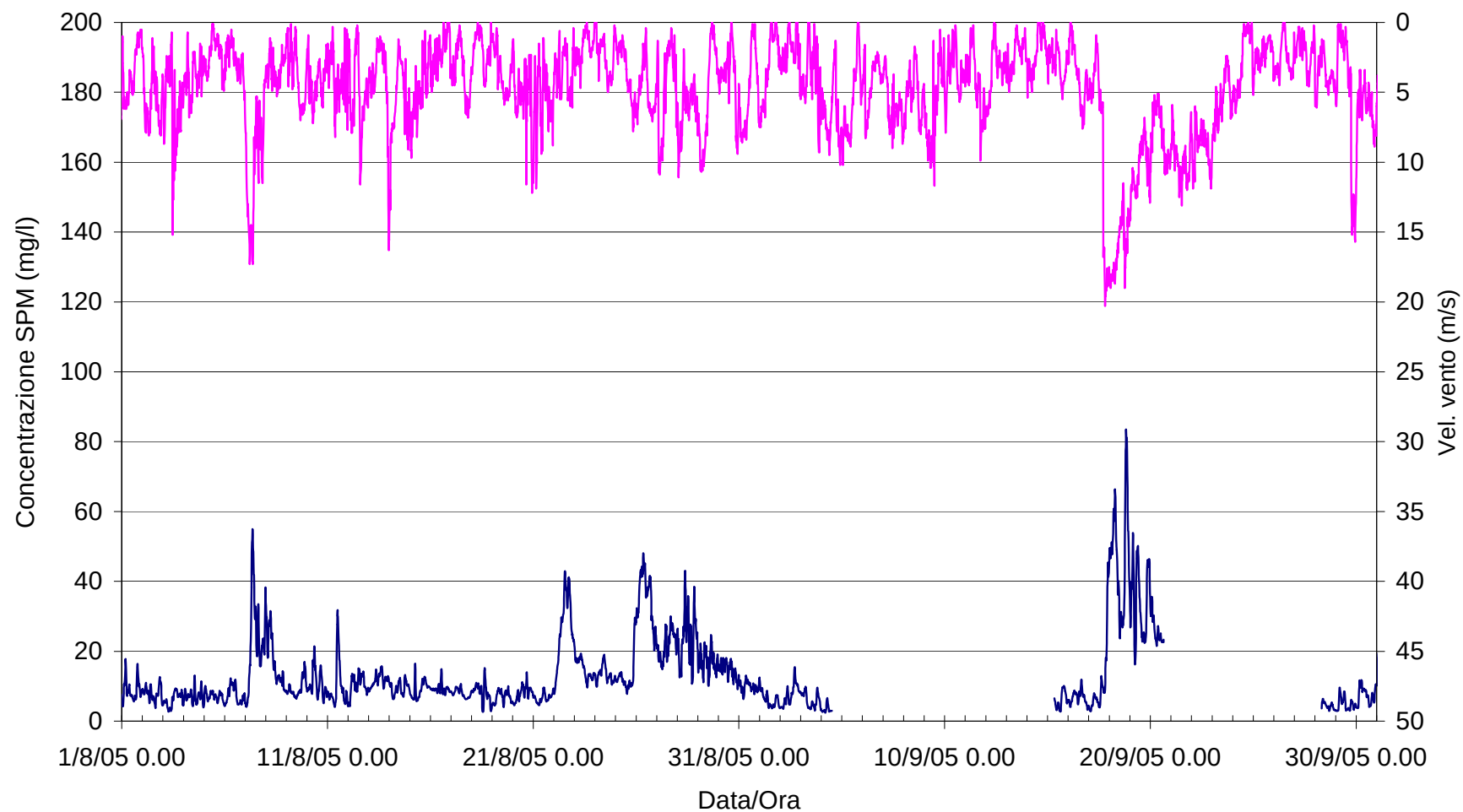


Figura 7.11 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Agosto-Settembre 2006.

Stazione LIM

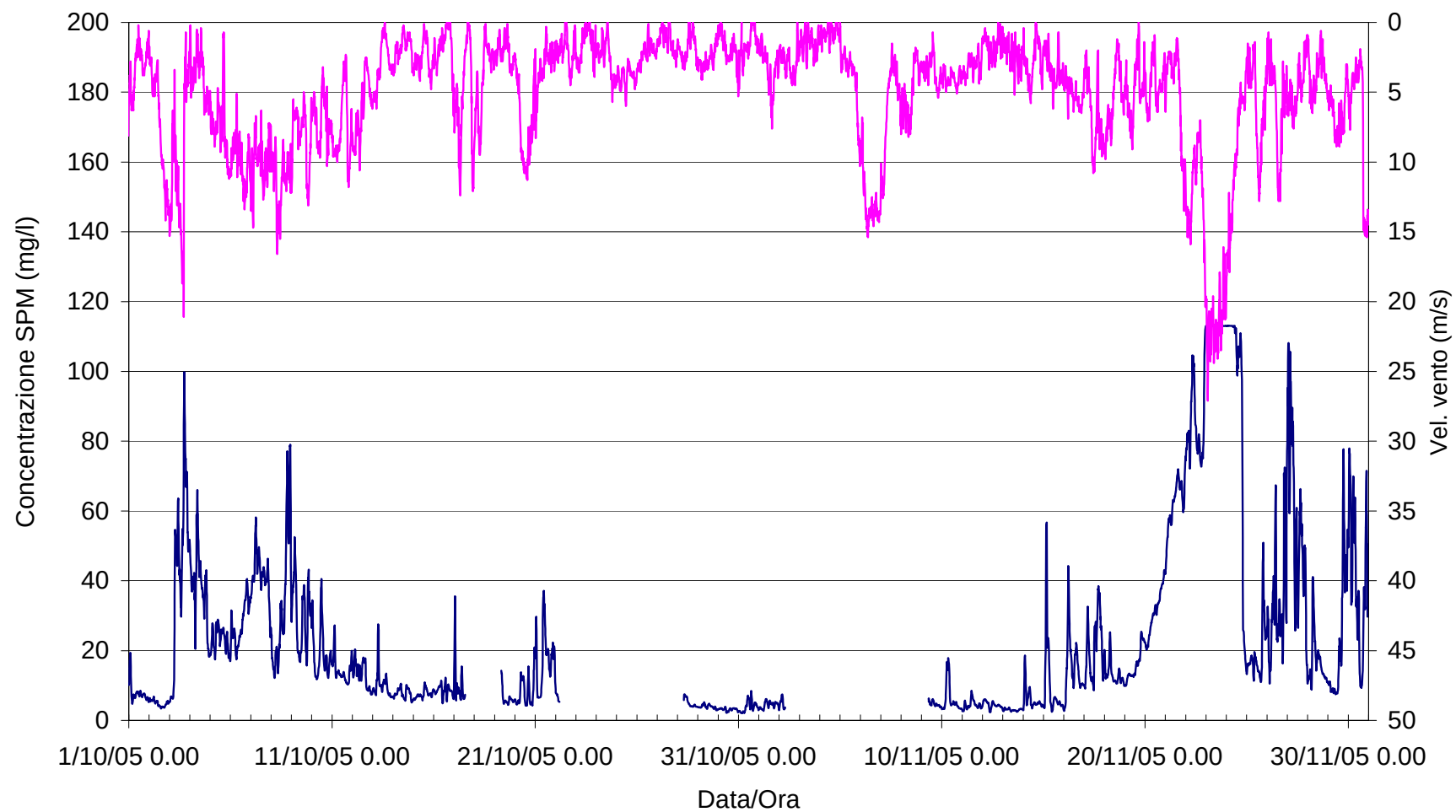


Figura 7.11 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Ottobre-Novembre 2006.

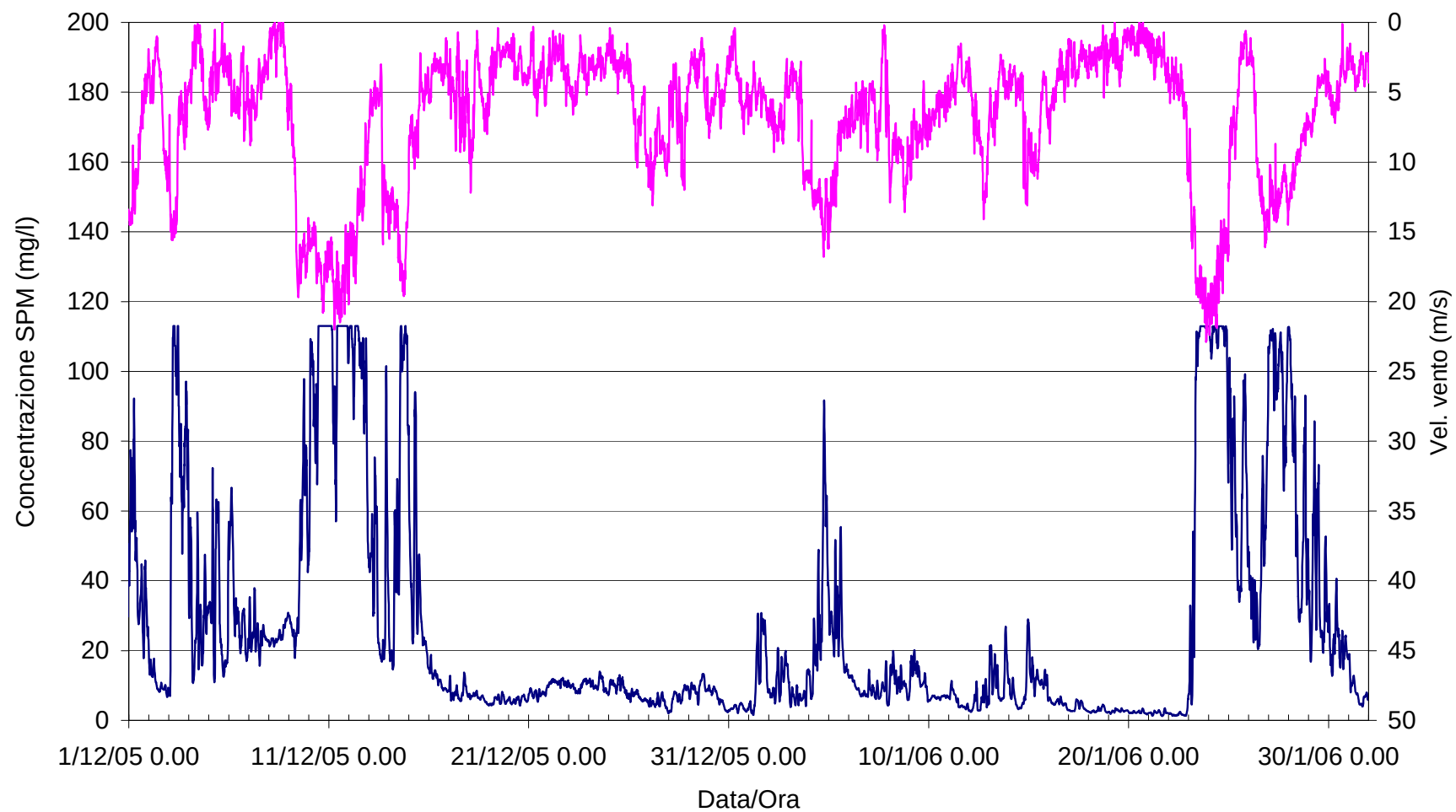
Stazione LIM

Figura 7.11 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Dicembre-Gennaio 2006.

Stazione LIM

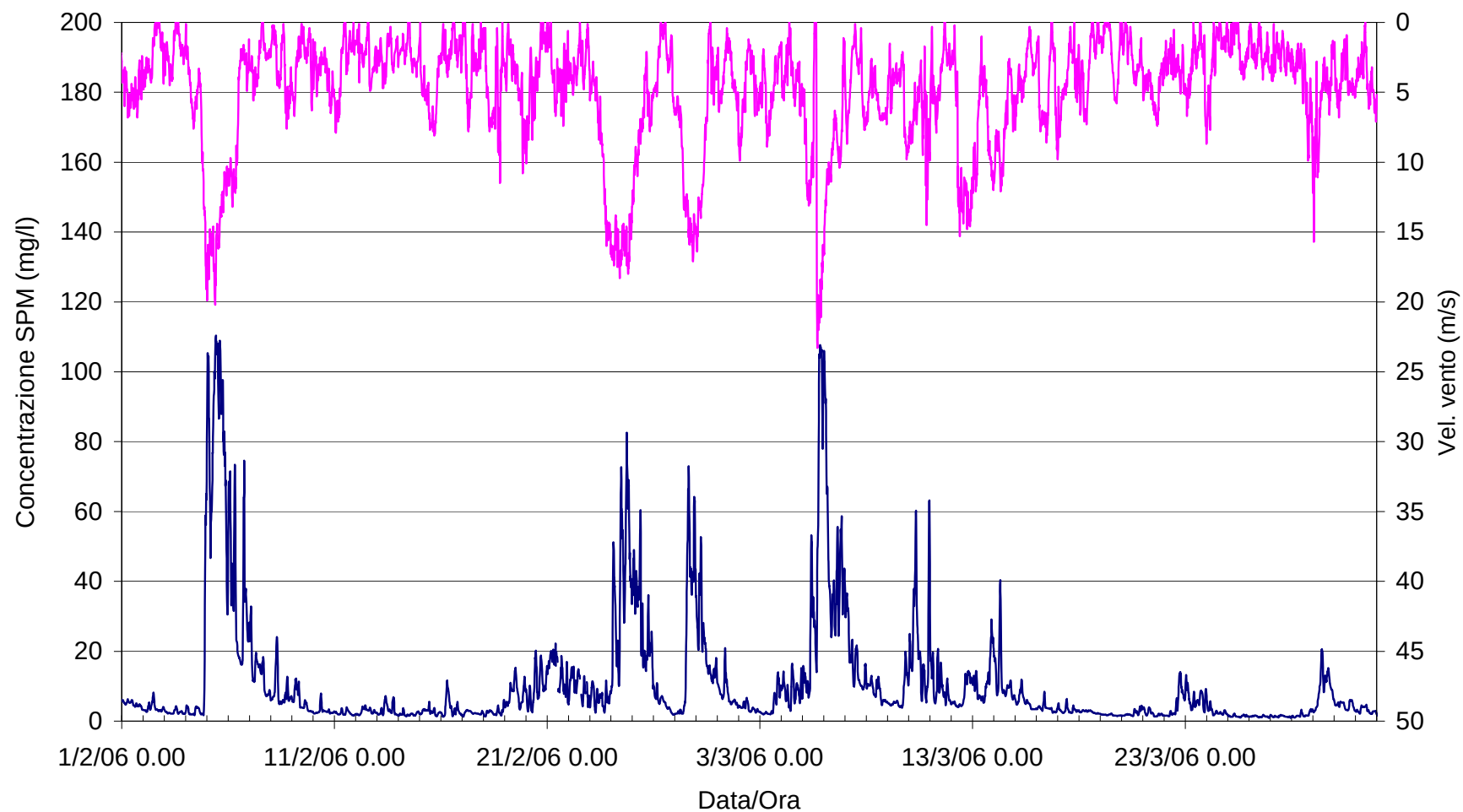


Figura 7.11 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

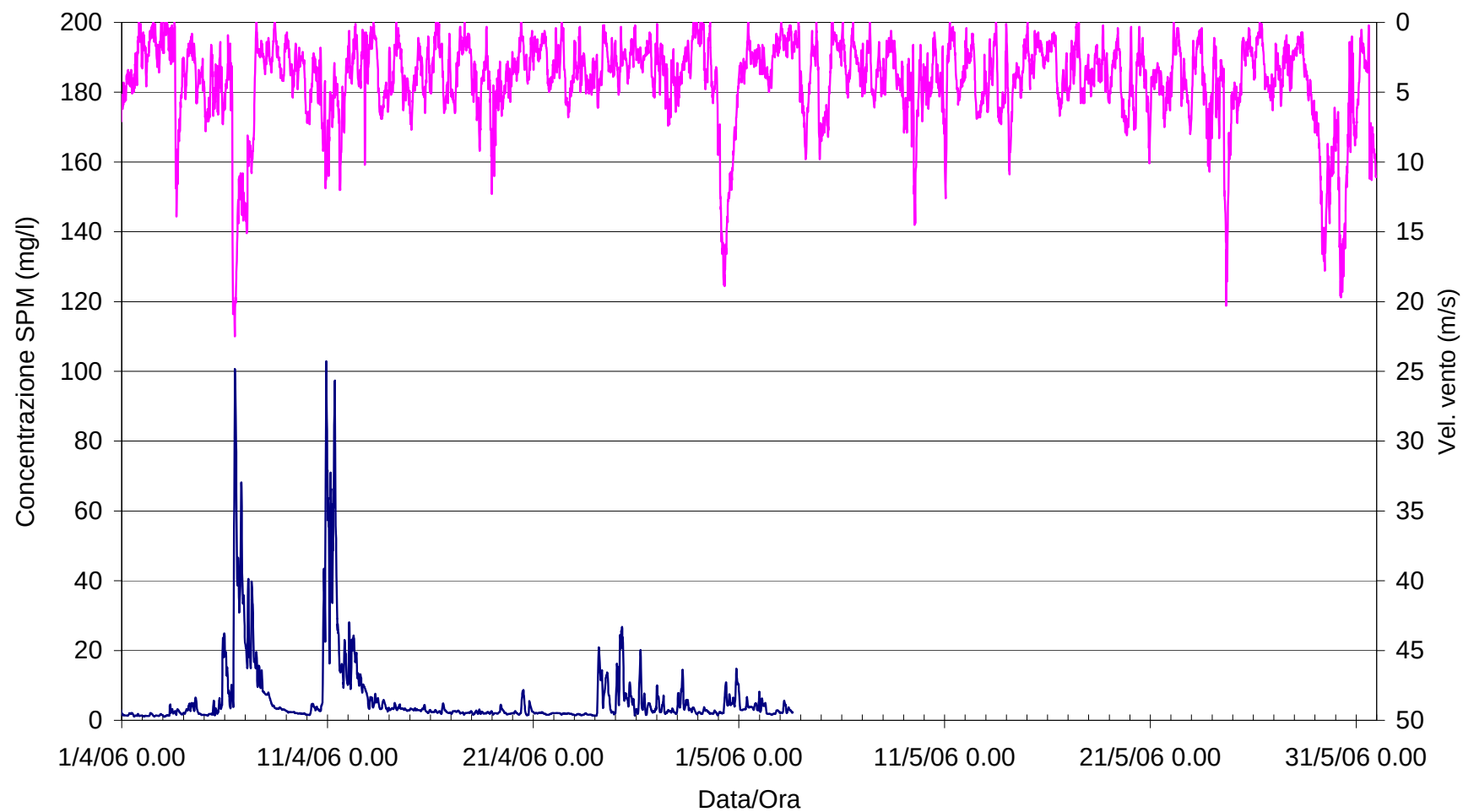
Stazione LIM

Figura 7.11 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LIM nel periodo Aprile-Maggio 2006.

Stazione LMR

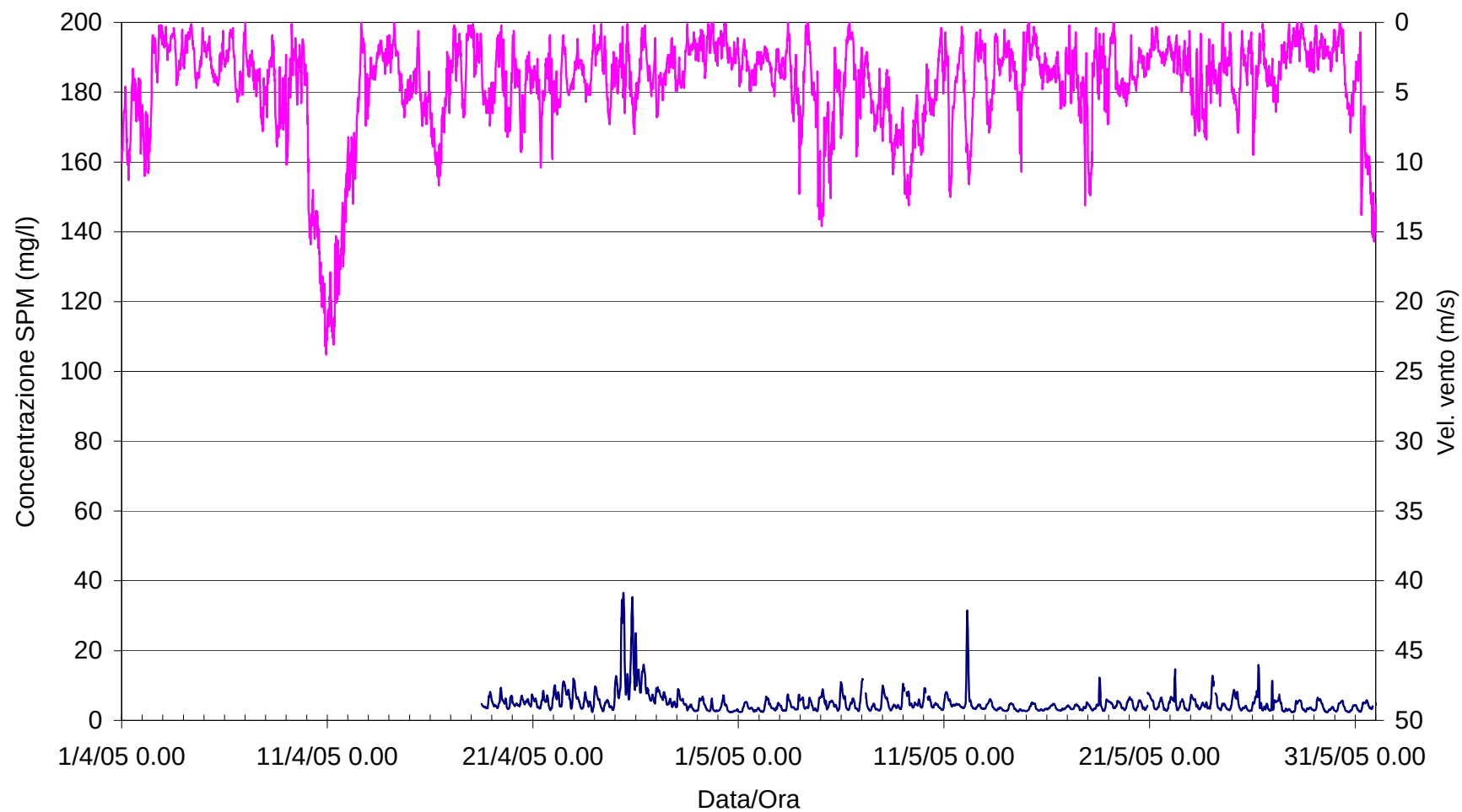


Figura 7.12 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Aprile-Maggio 2005.

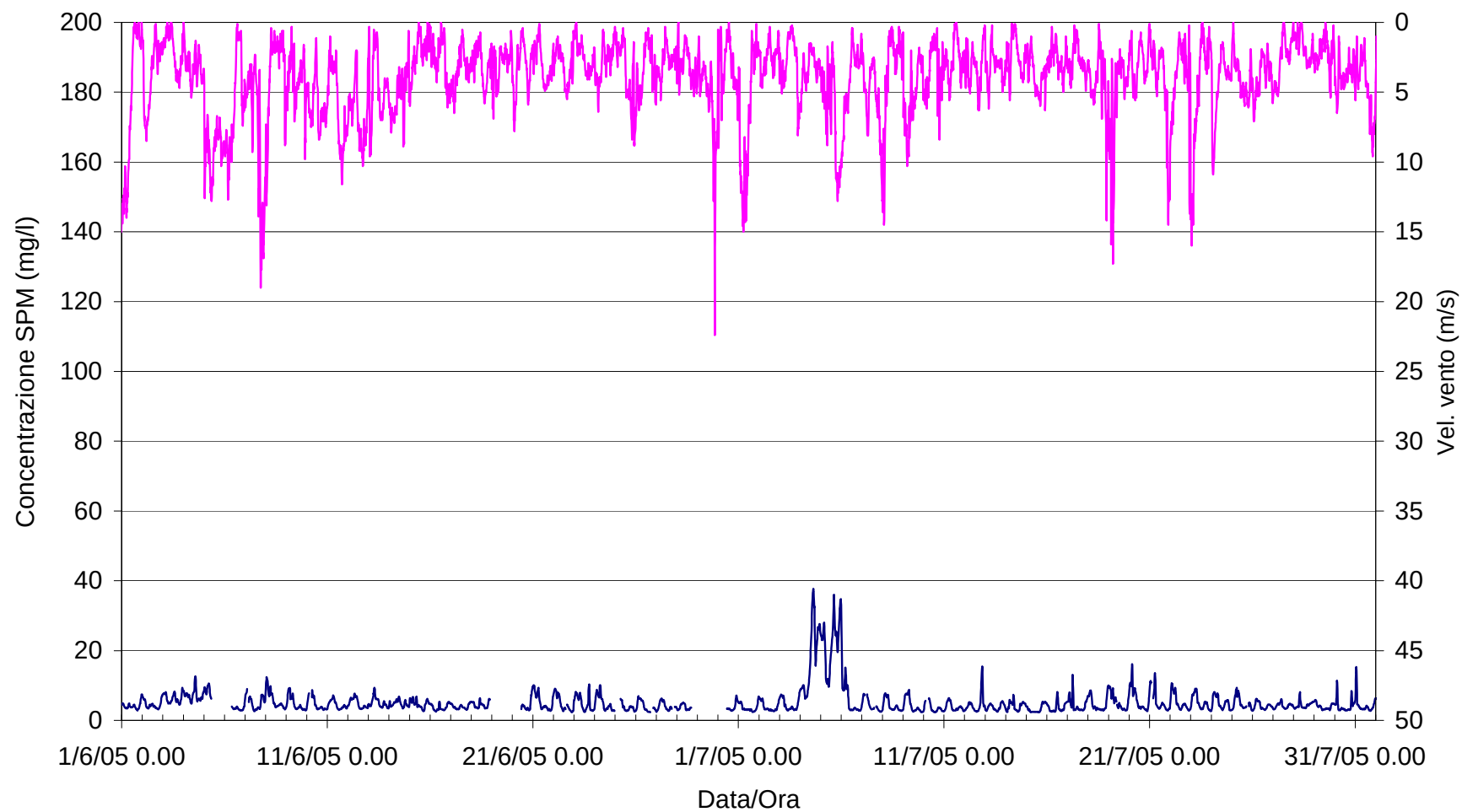
Stazione LMR

Figura 7.12 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Giugno-Luglio 2005.

Stazione LMR

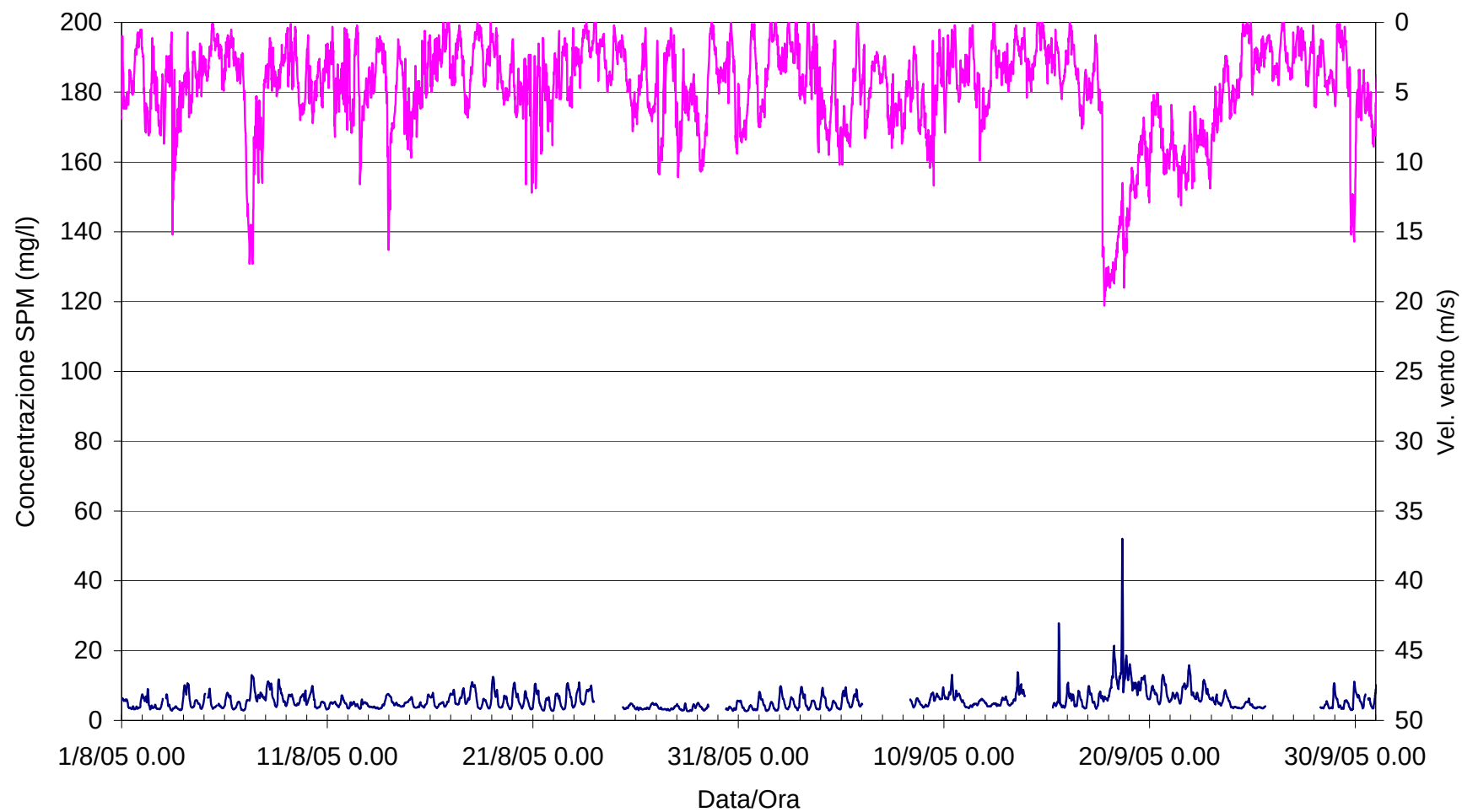


Figura 7.12 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Agosto-Settembre 2005.

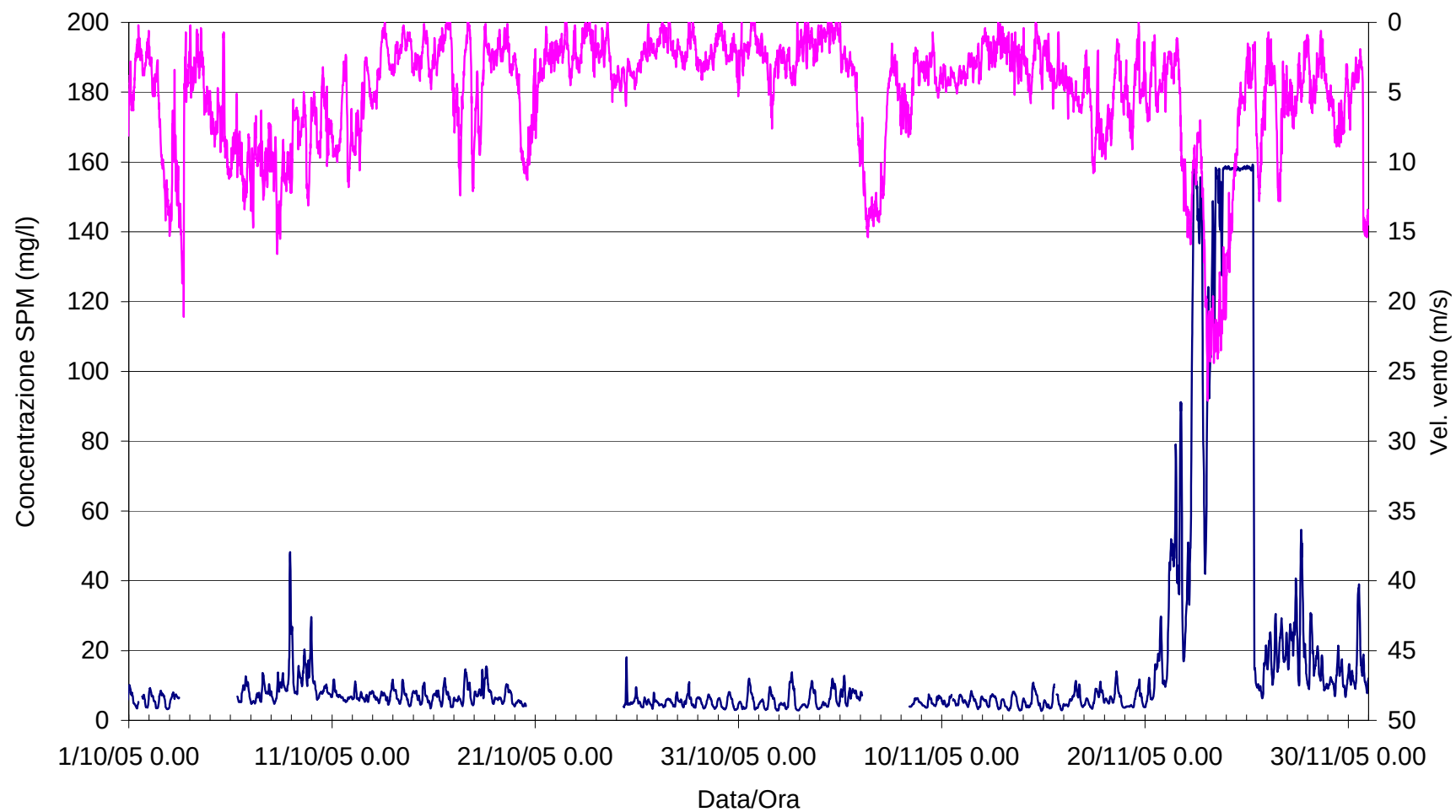
Stazione LMR

Figura 7.12 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

Stazione LMR

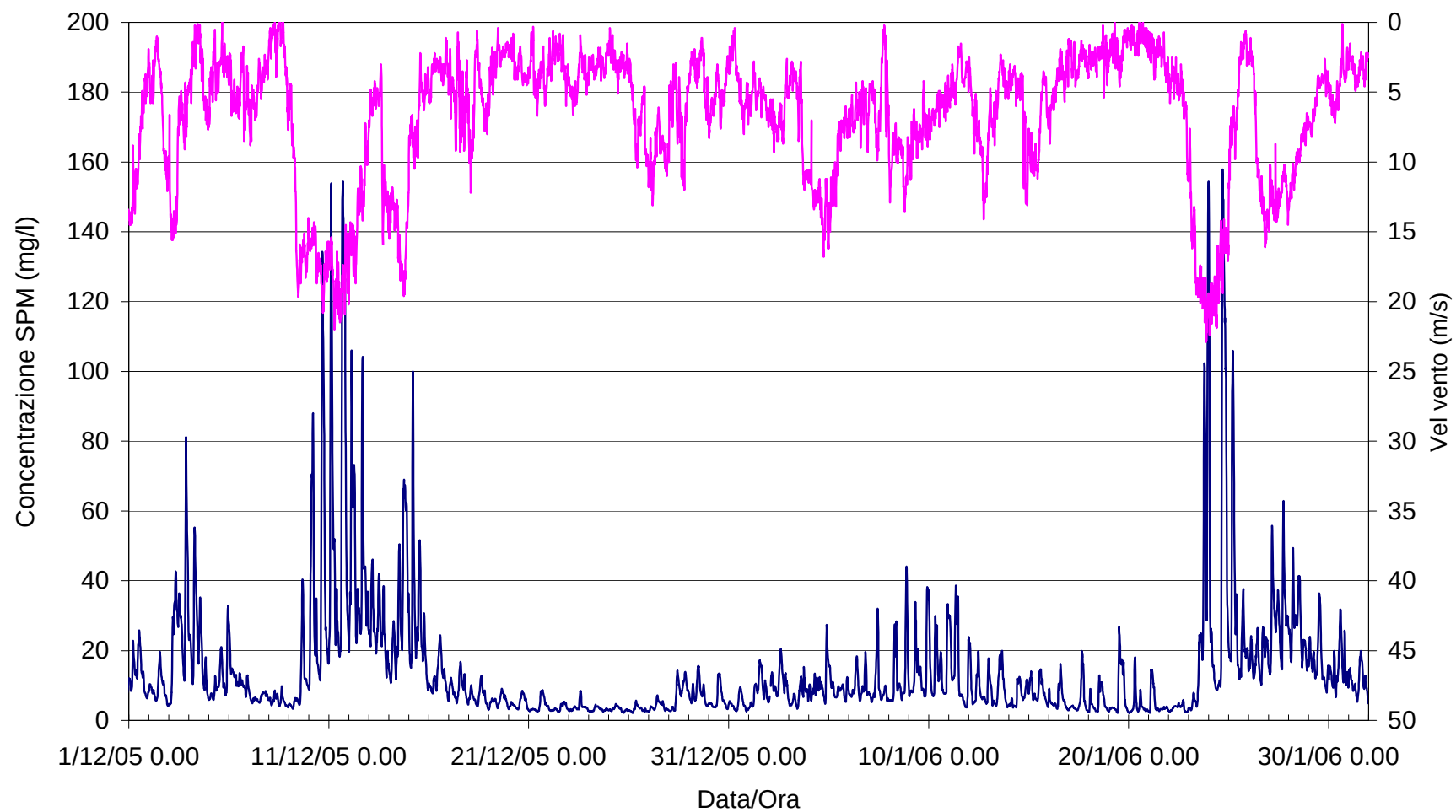


Figura 7.12 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

Stazione LMR

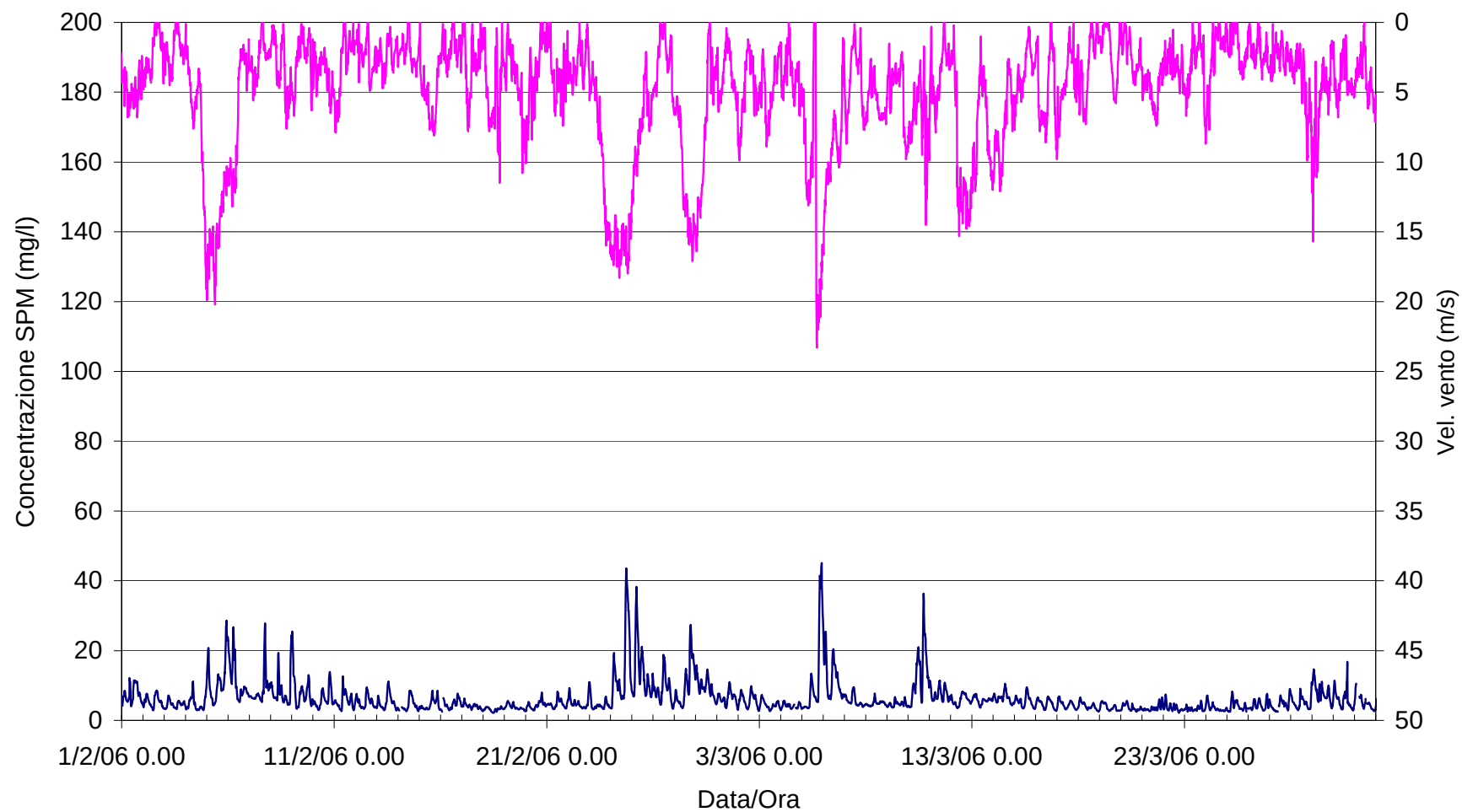


Figura 7.12 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

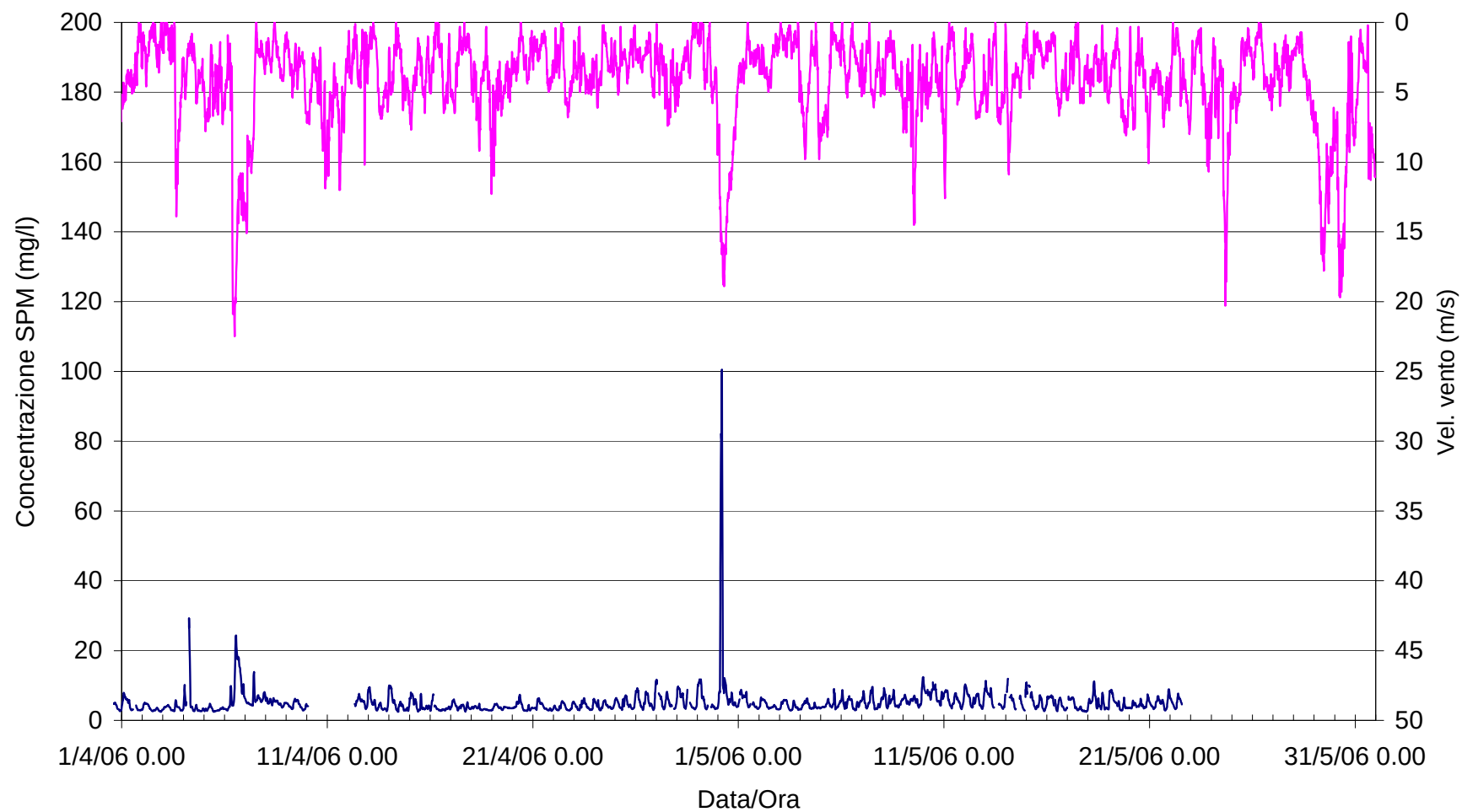
Stazione LMR

Figura 7.12 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LMR nel periodo Aprile-Maggio 2006.

Stazione LSN

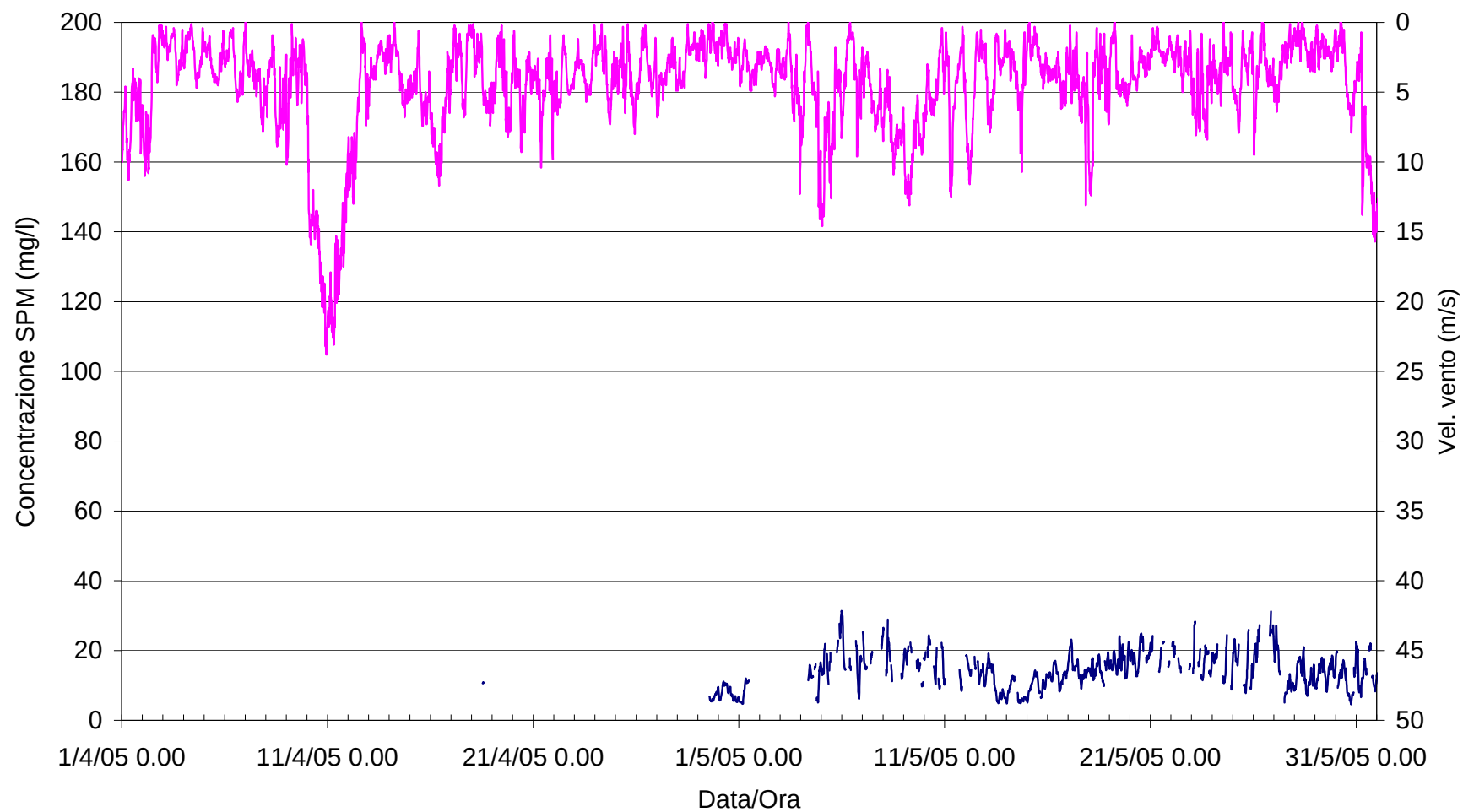


Figura 7.13 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSN nel periodo Aprile-Maggio 2005.

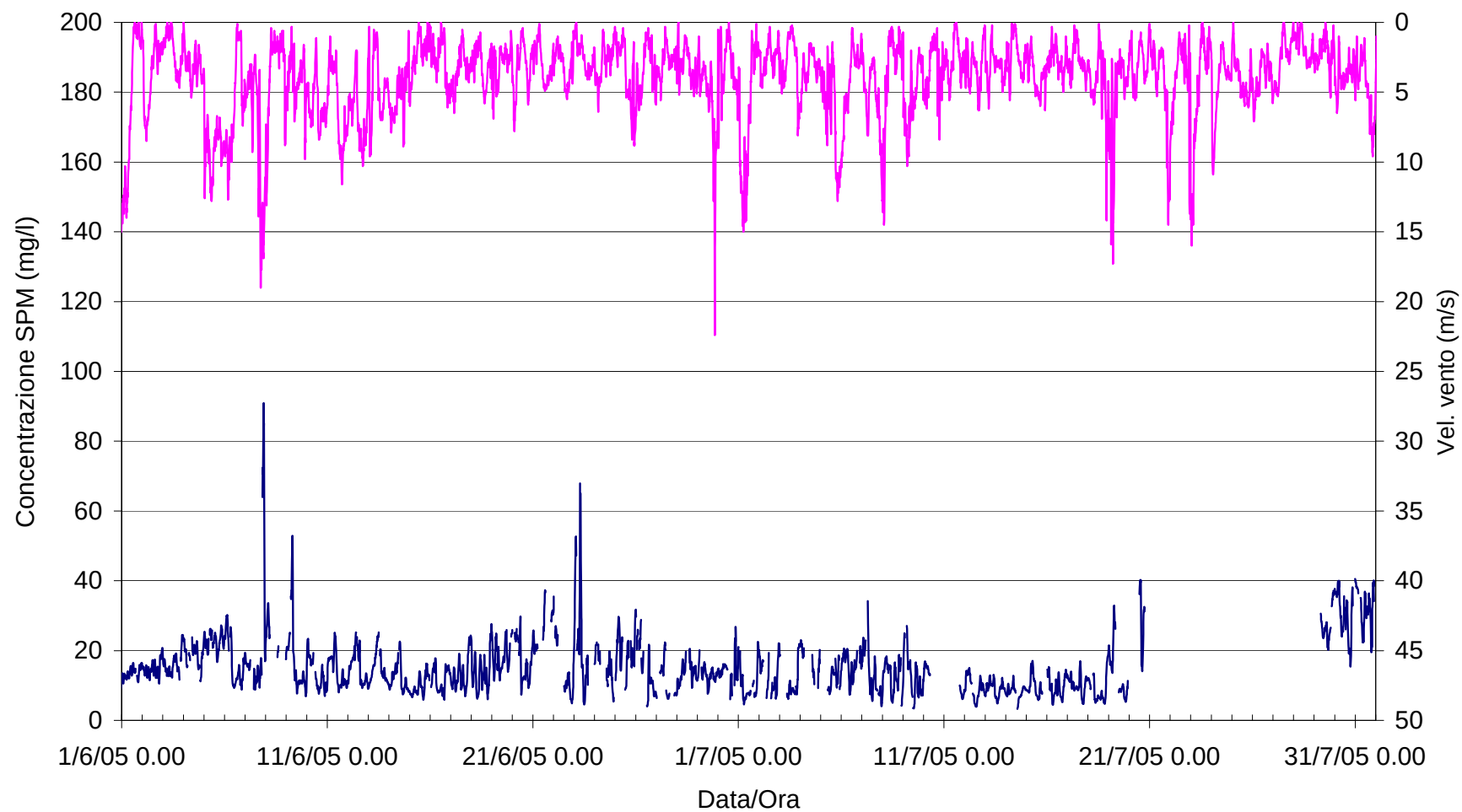
Stazione LSN

Figura 7.13 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSN nel periodo Giugno-Luglio 2005.

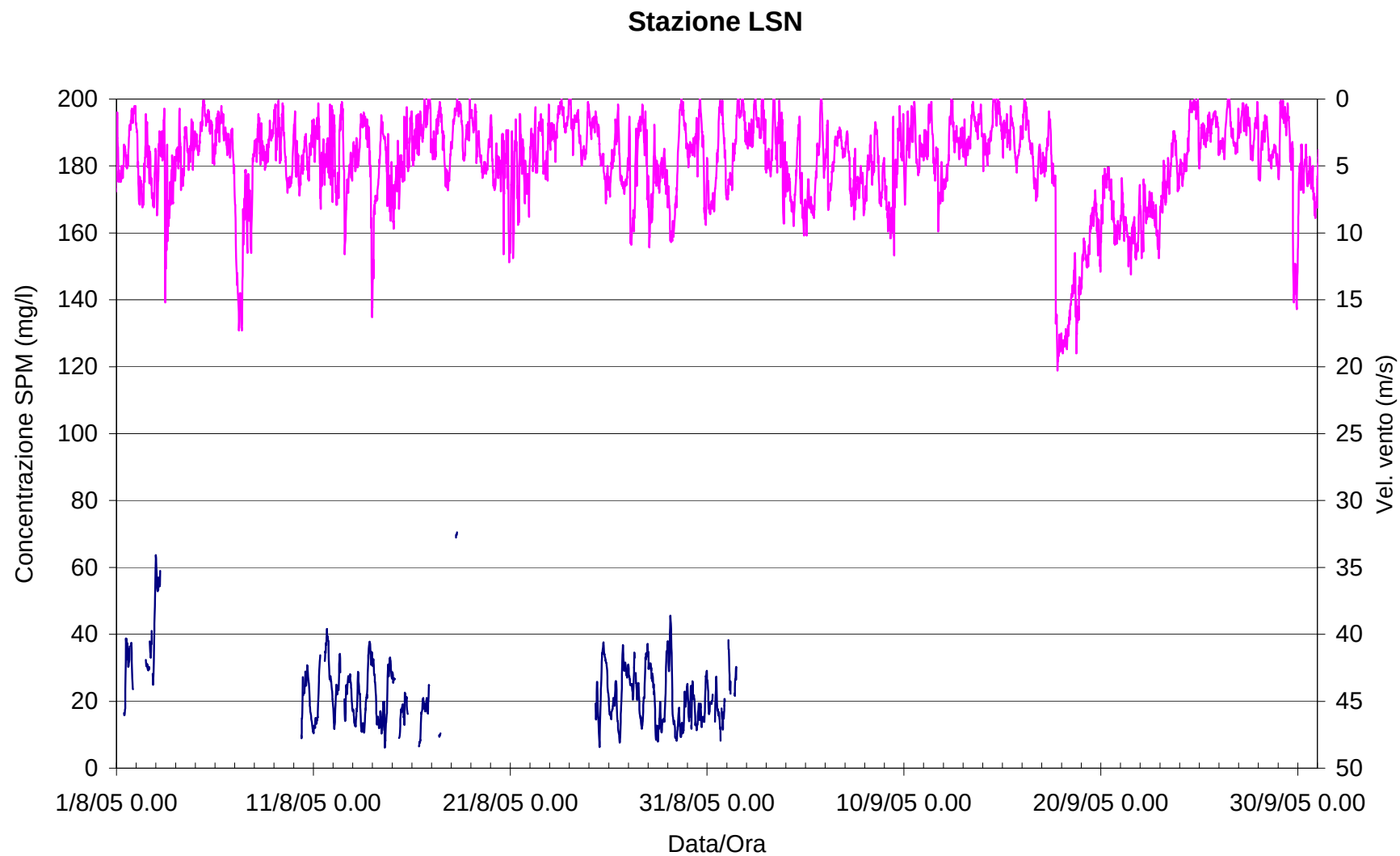


Figura 7.13 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSN nel periodo Agosto-Settembre 2005.

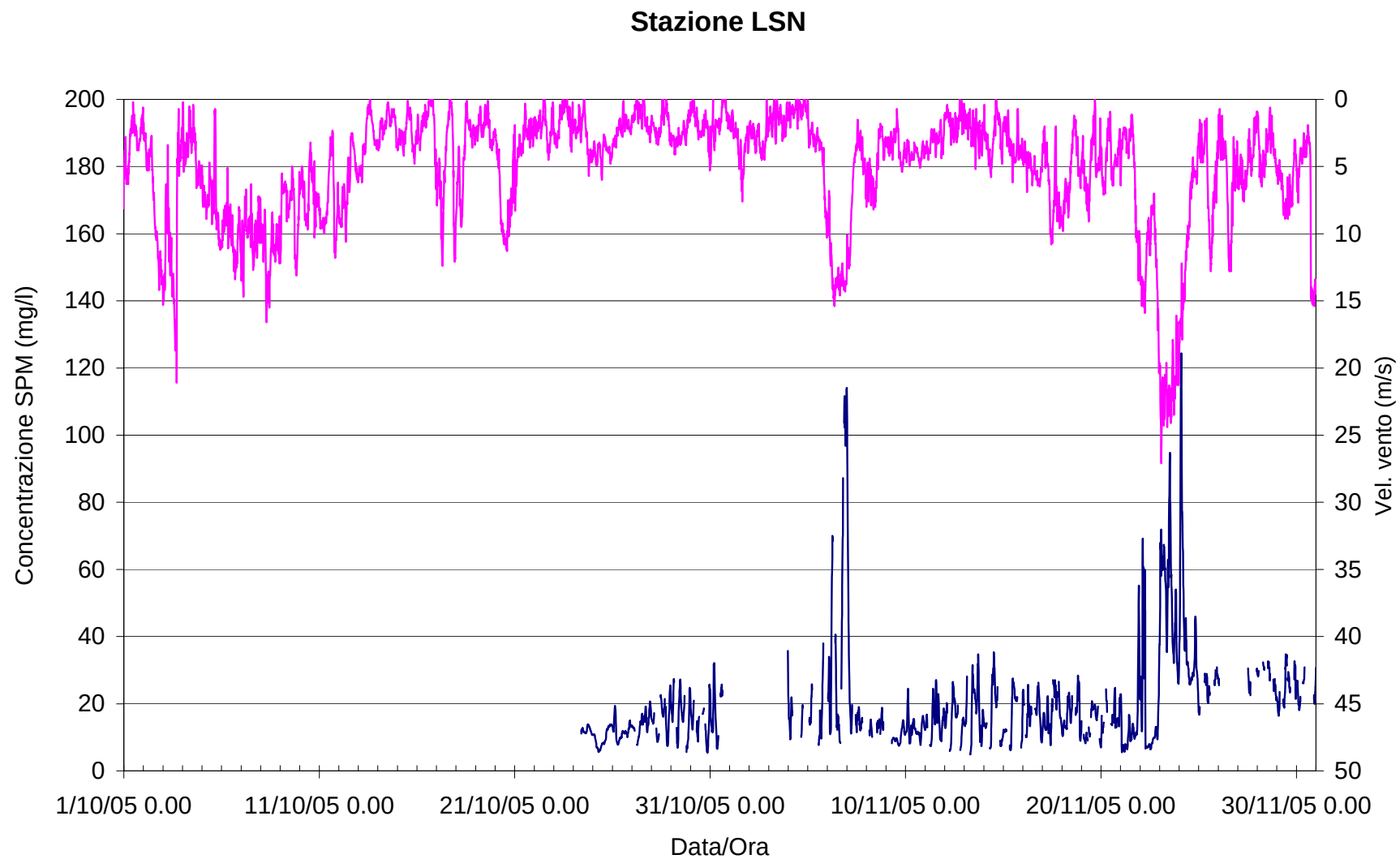


Figura 7.13 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSN nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

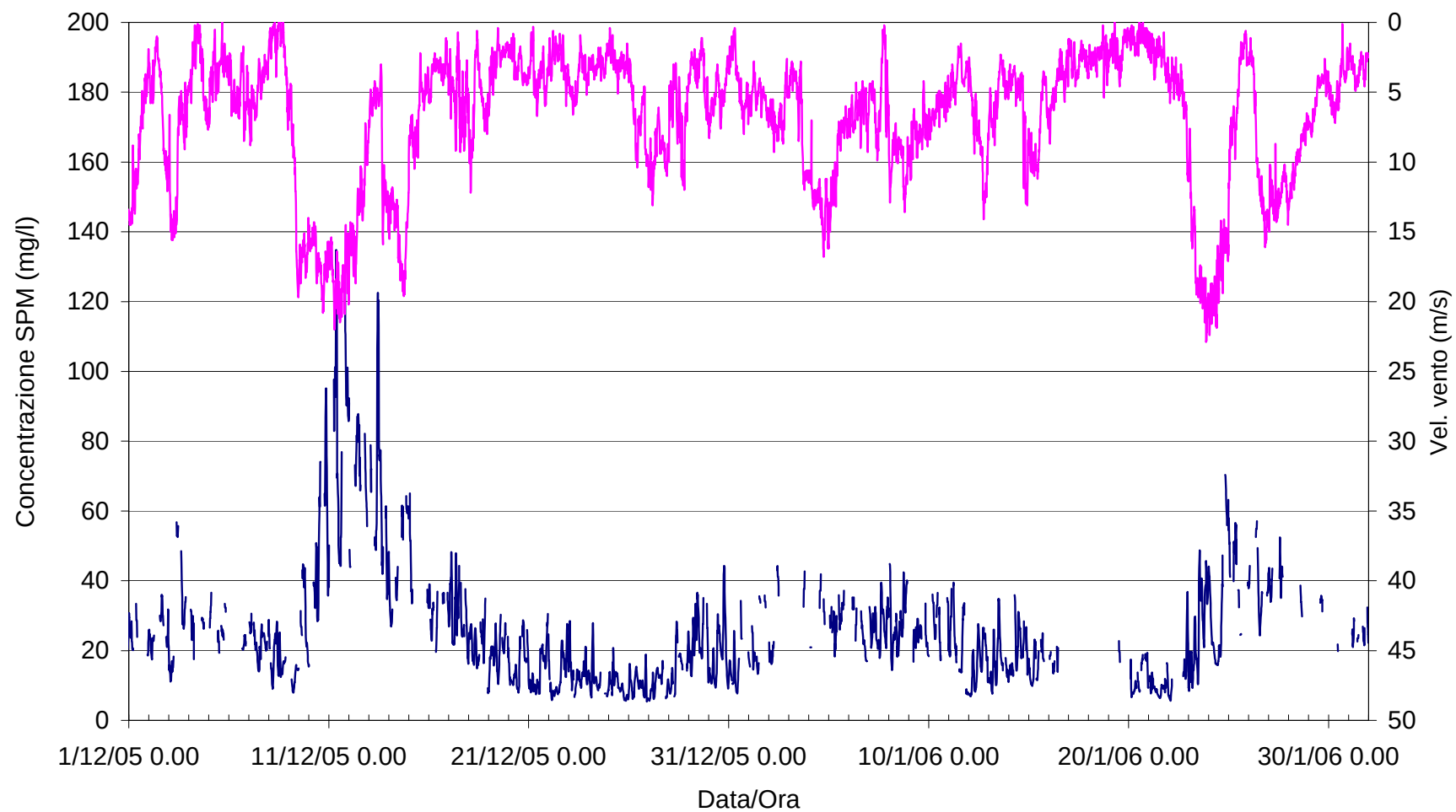
Stazione LSN

Figura 7.13 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSN nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

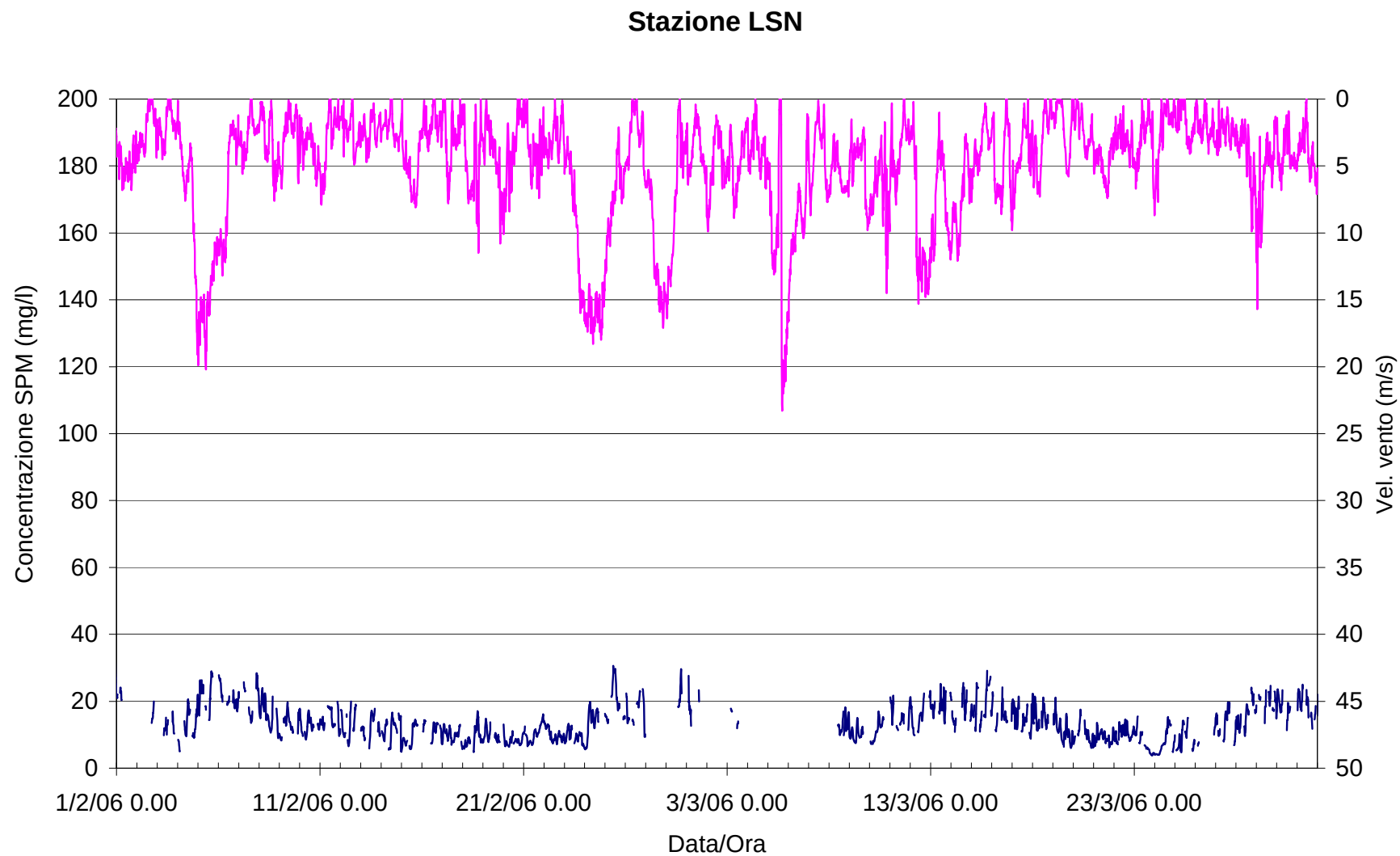


Figura 7.13 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSN nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

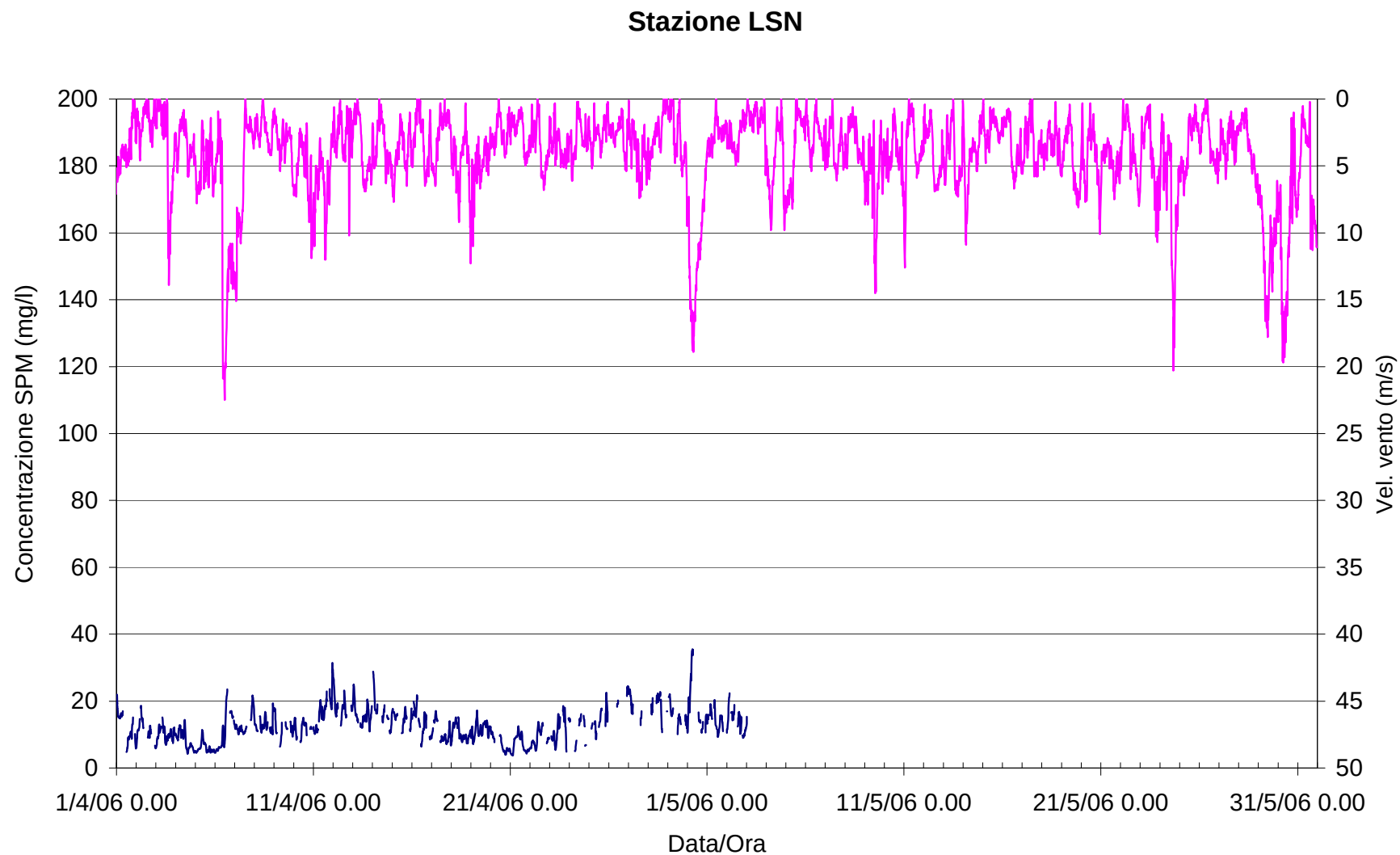


Figura 7.13 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LSN nel periodo Aprile-Maggio 2006.

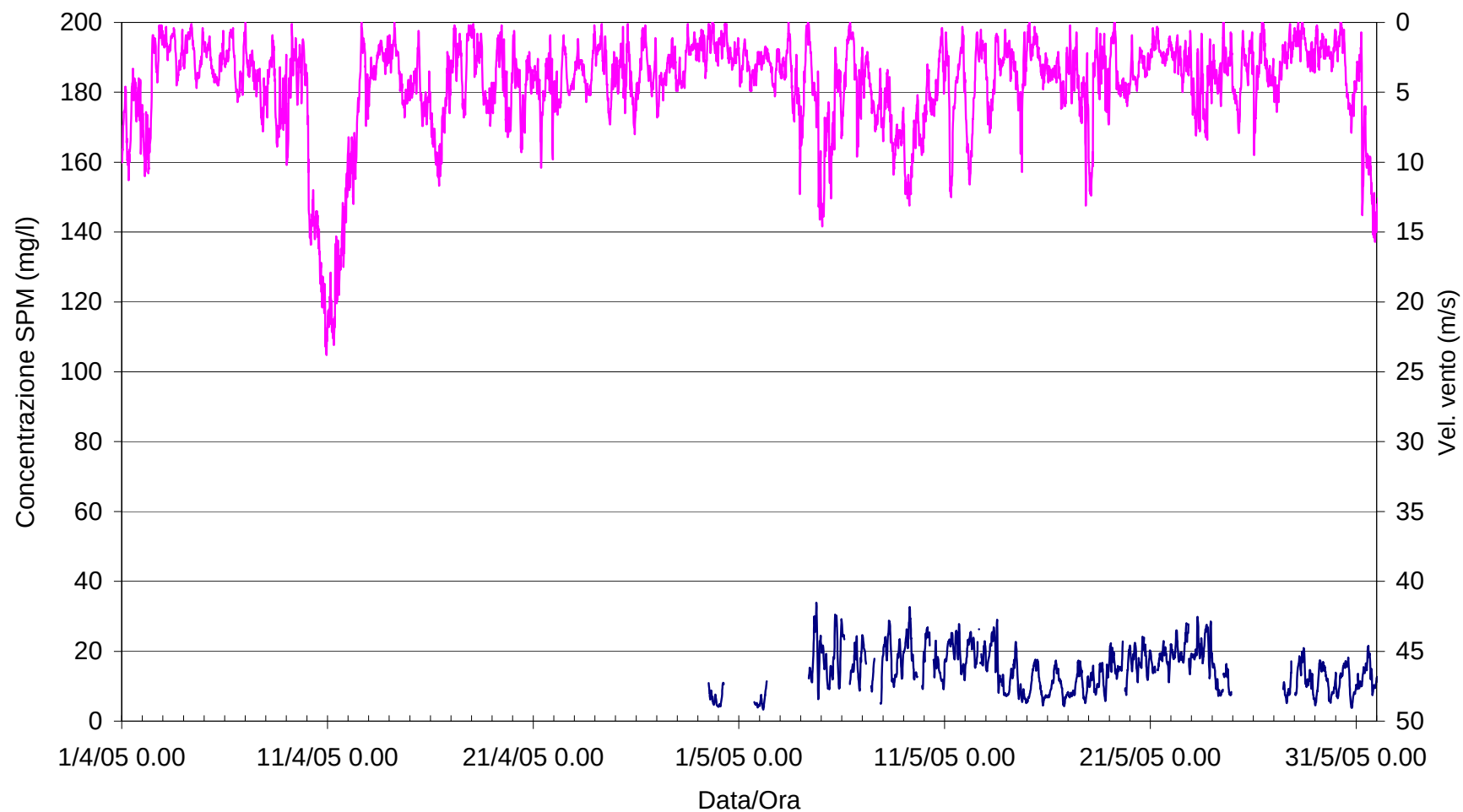
Stazione LTP

Figura 7.14 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Aprile-Maggio 2005.

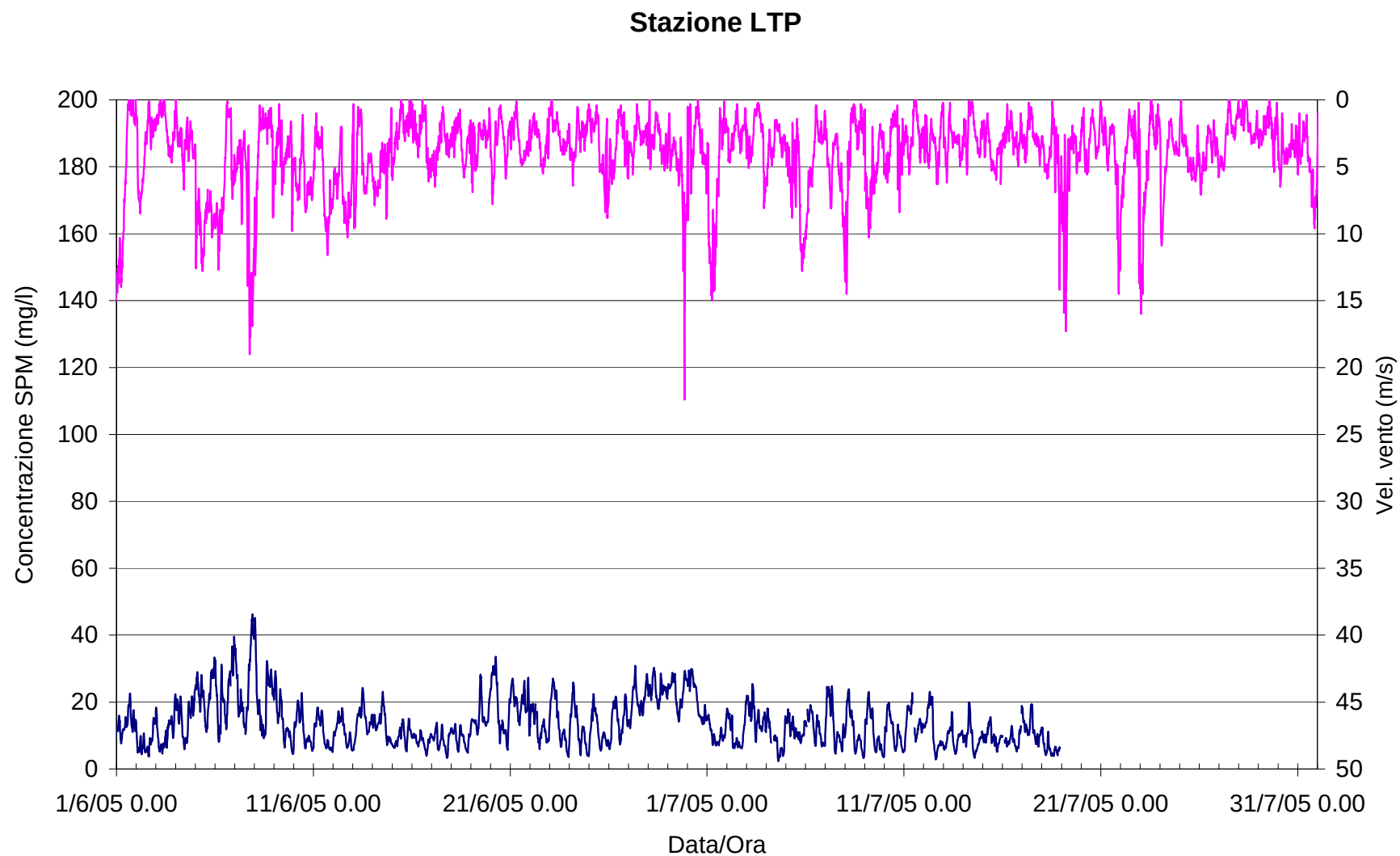


Figura 7.14 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Giugno-Luglio 2005.

Stazione LTP

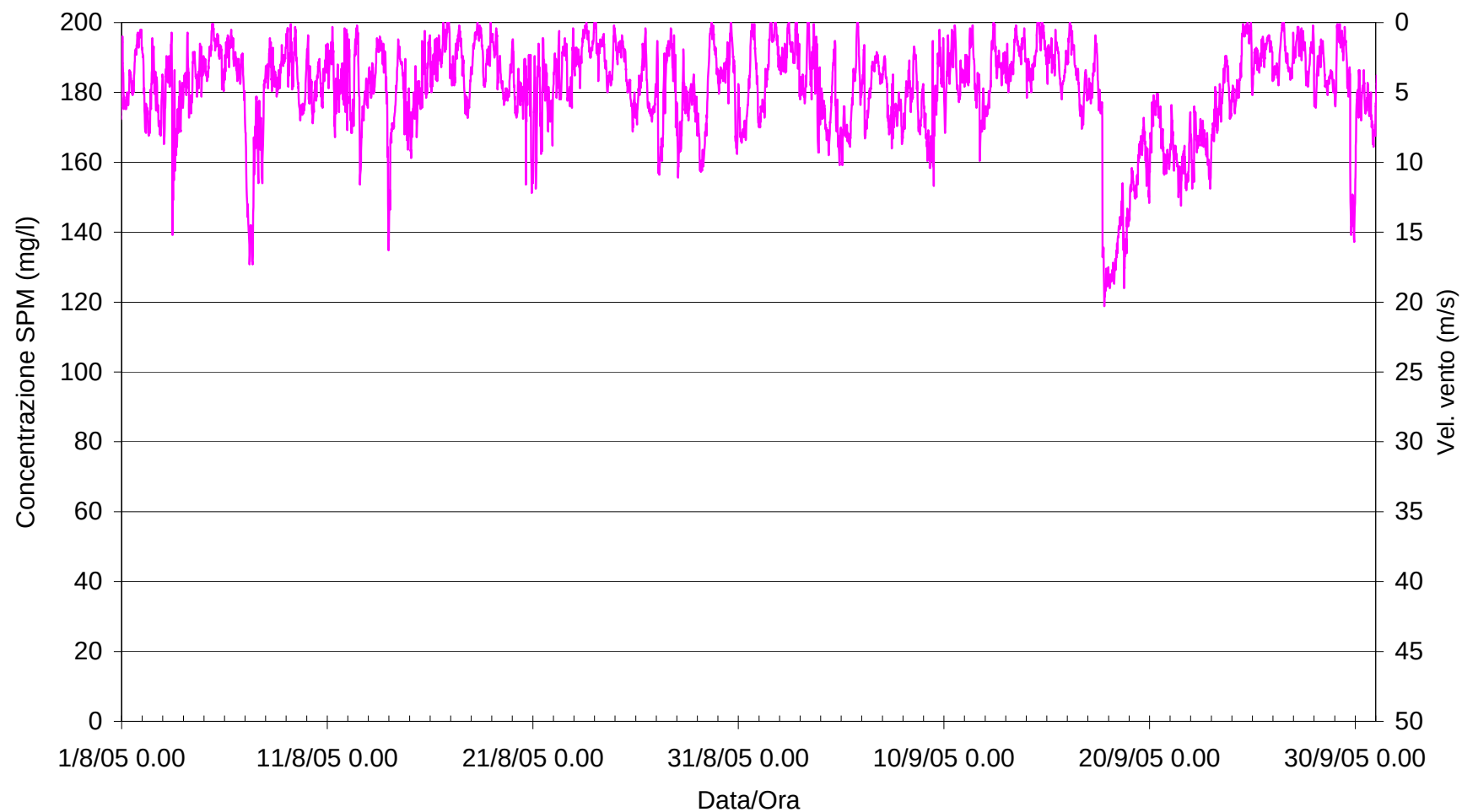


Figura 7.14 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Agosto-Settembre 2005.

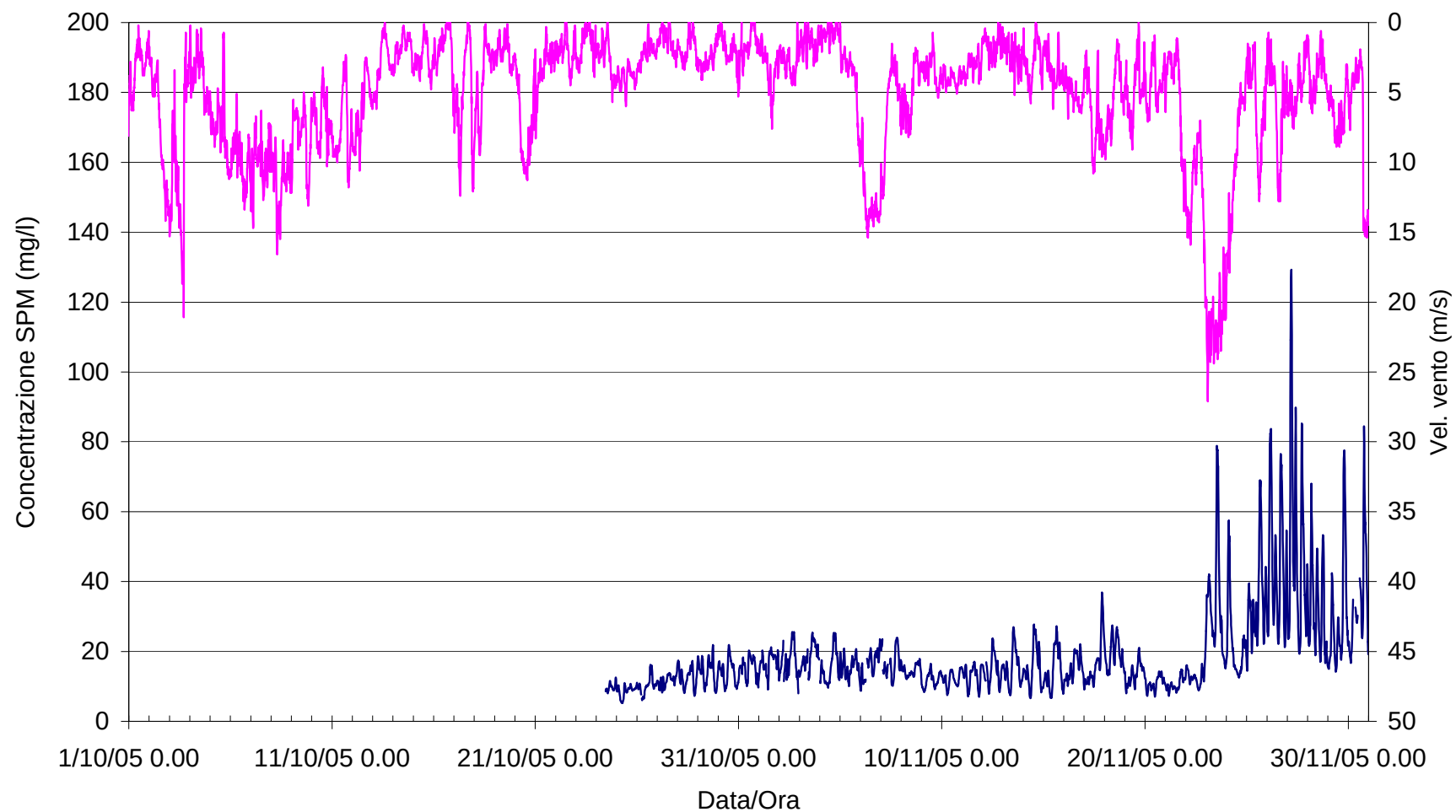
Stazione LTP

Figura 7.14 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

Stazione LTP

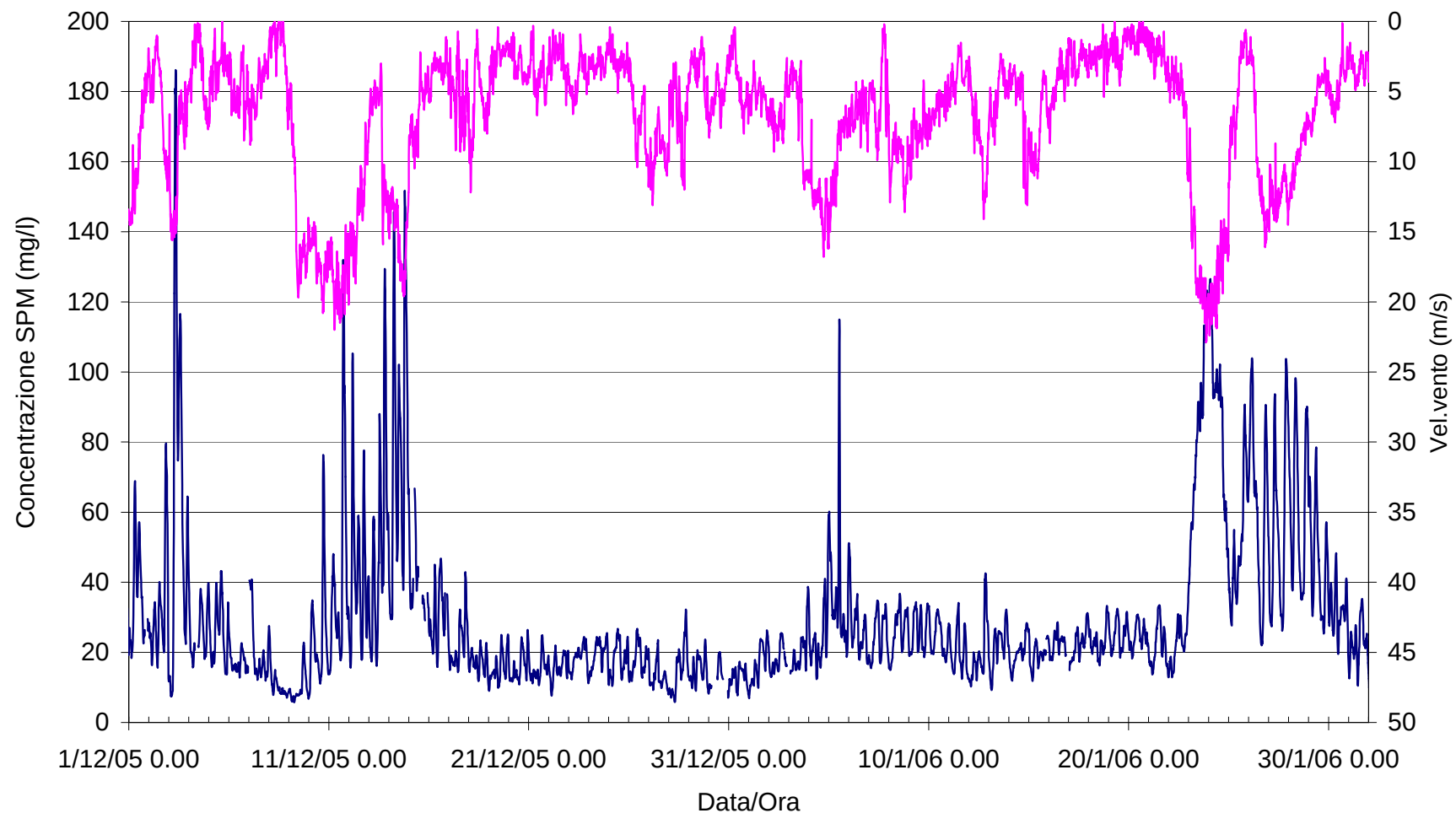


Figura 7.14 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

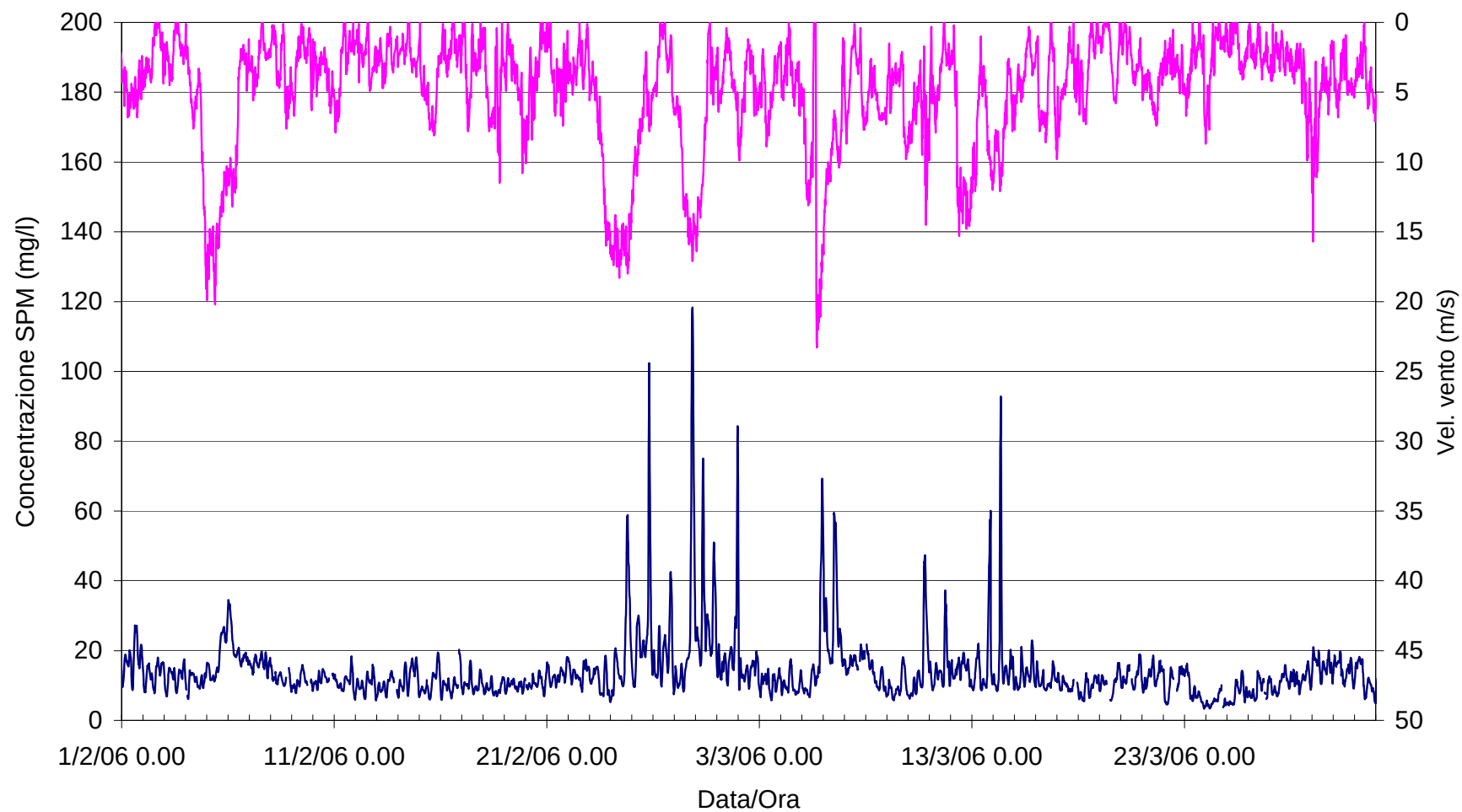
Stazione LTP

Figura 7.14 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

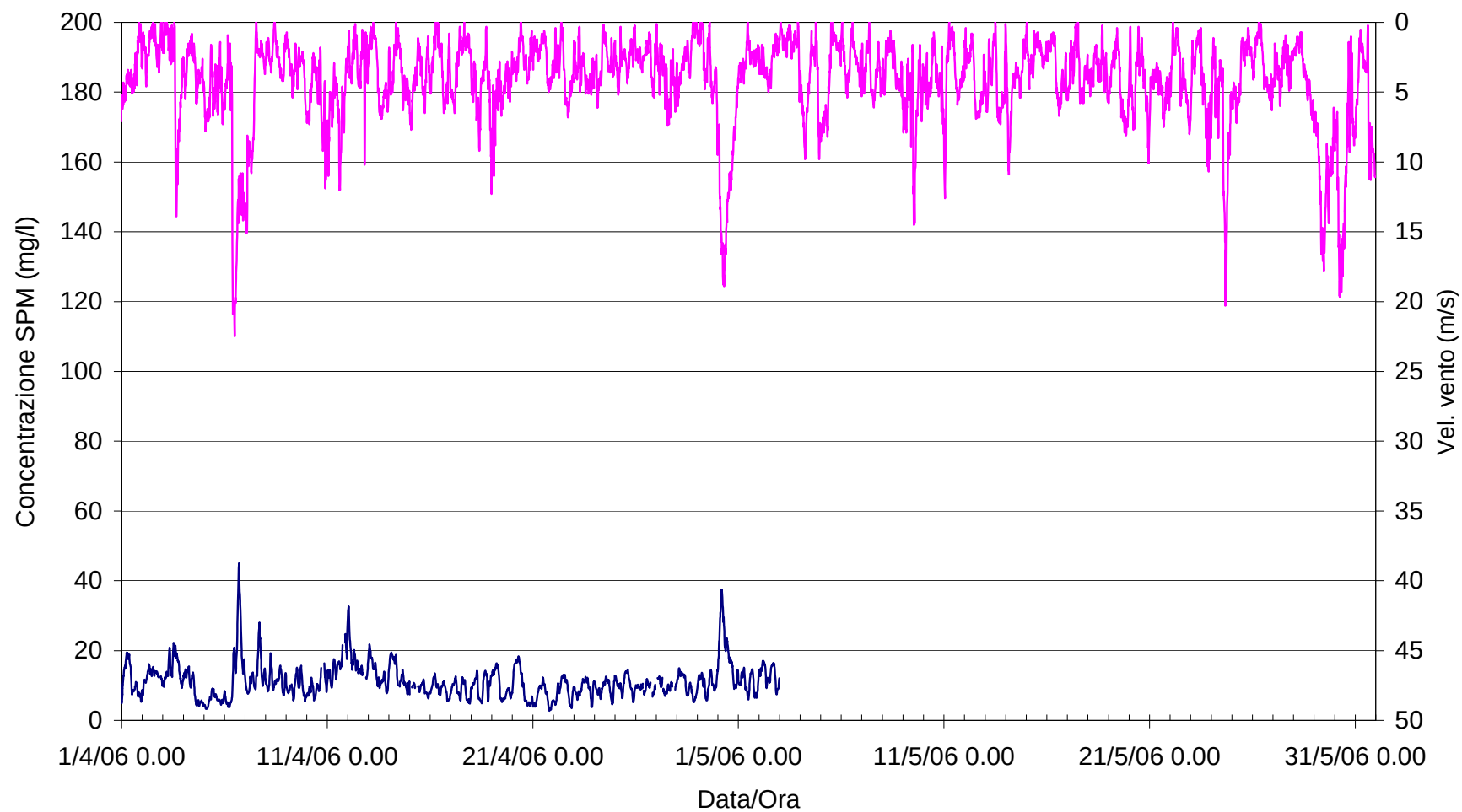
Stazione LTP

Figura 7.14 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione LTP nel periodo Aprile-Maggio 2006.

Stazione MAM

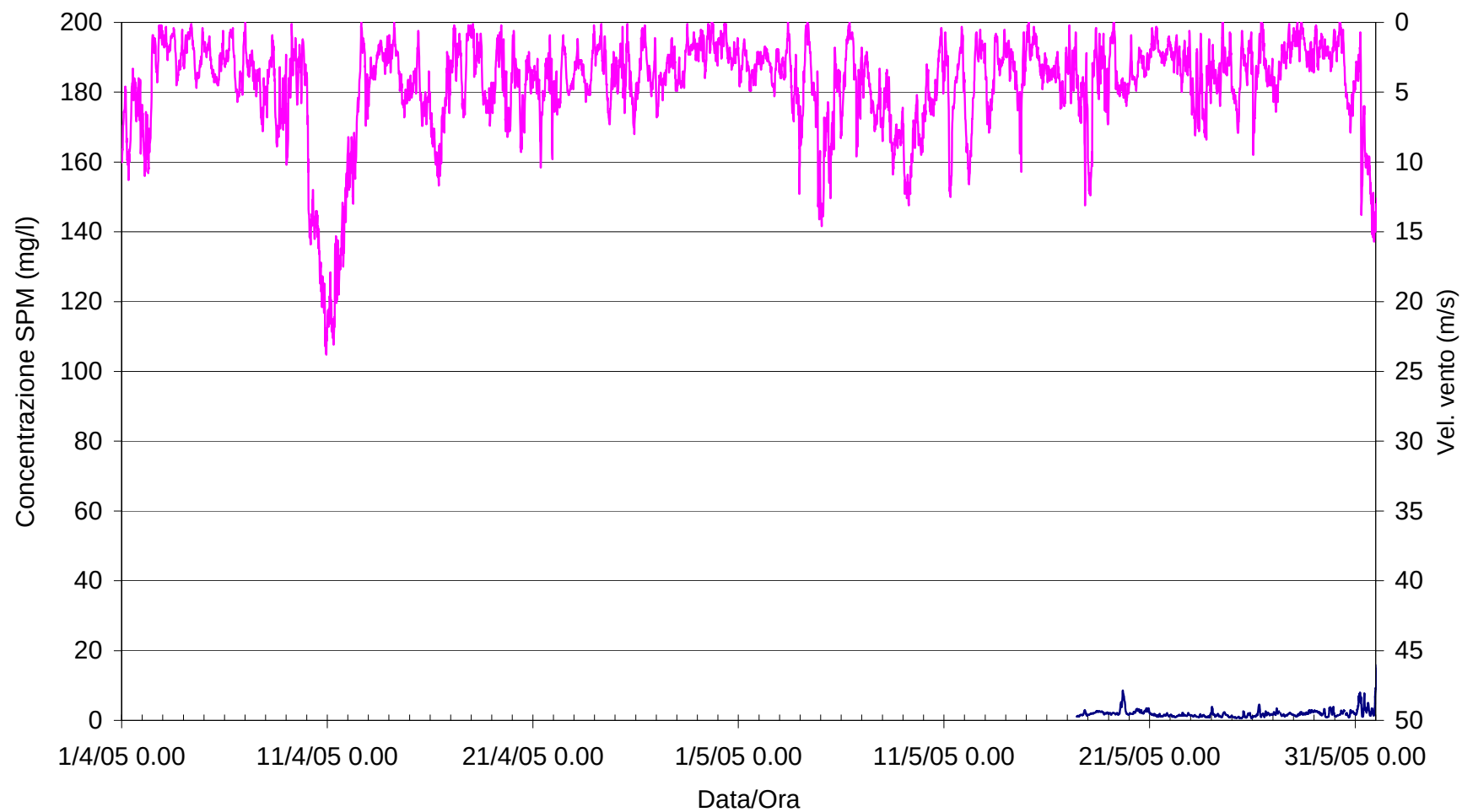


Figura 7.15 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAM nel periodo Aprile-Maggio 2005.

Stazione MAM

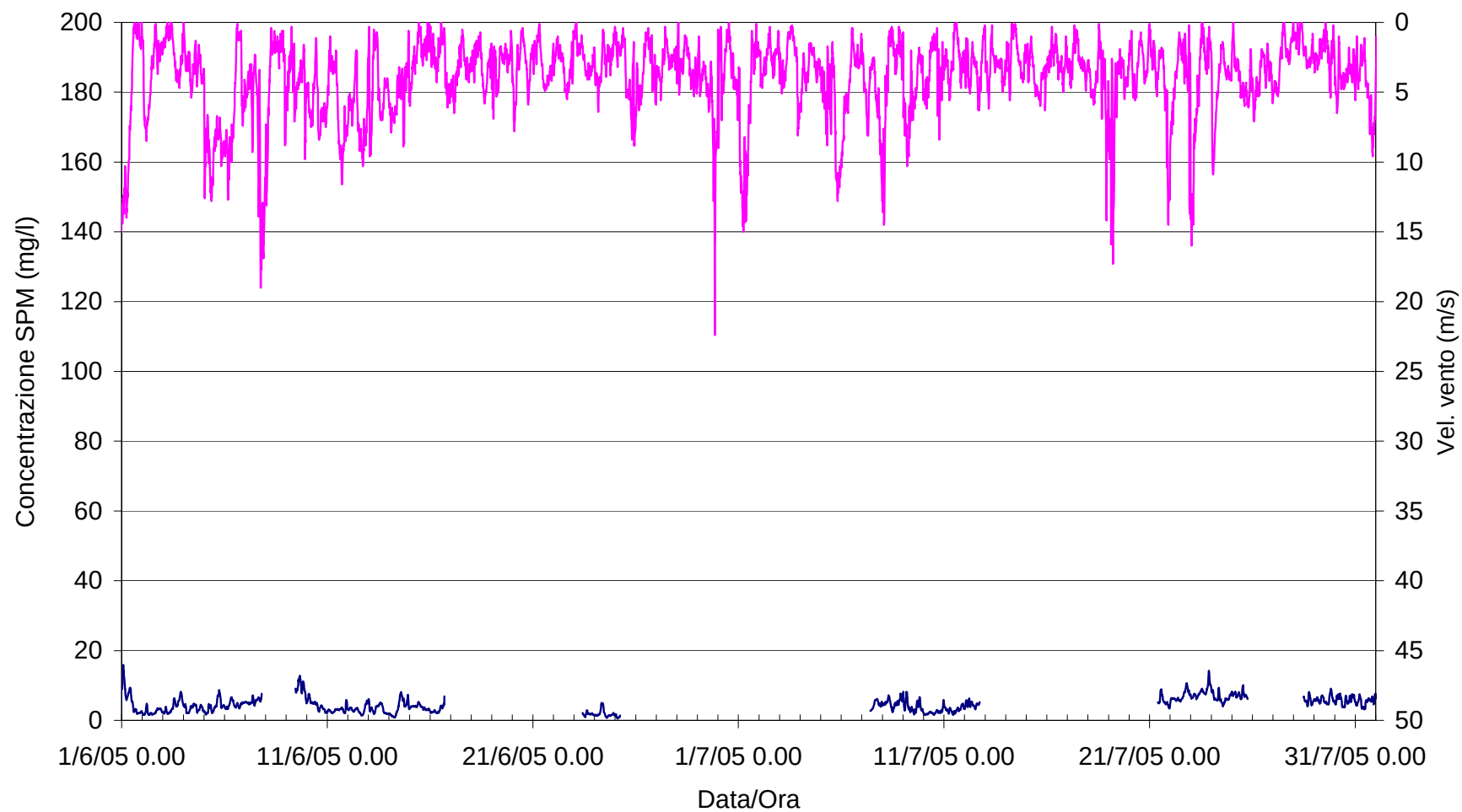


Figura 7.15 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAM nel periodo Giugno-Luglio 2005.

Stazione MAM

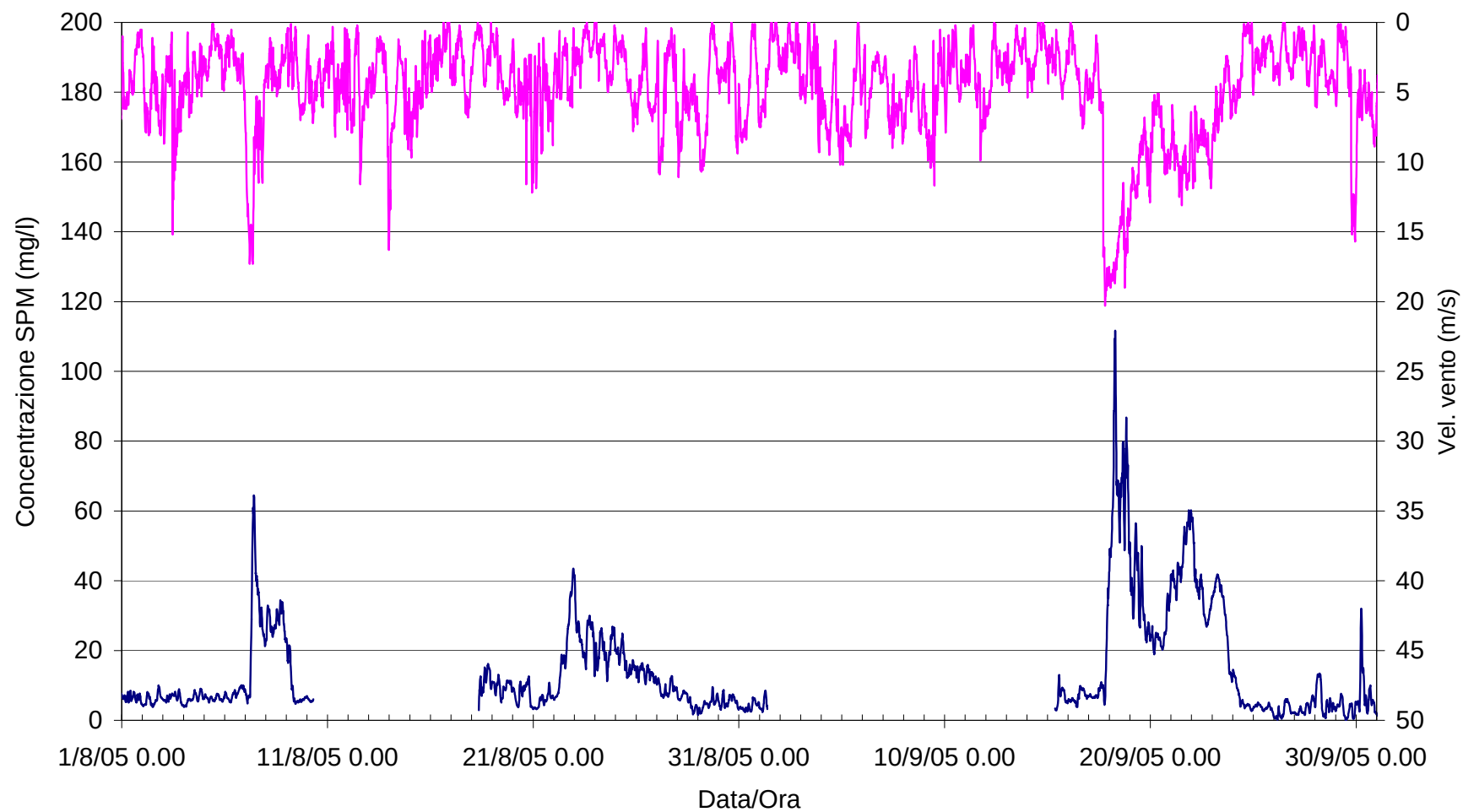


Figura 7.15 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAM nel periodo Agosto-Settembre 2005.

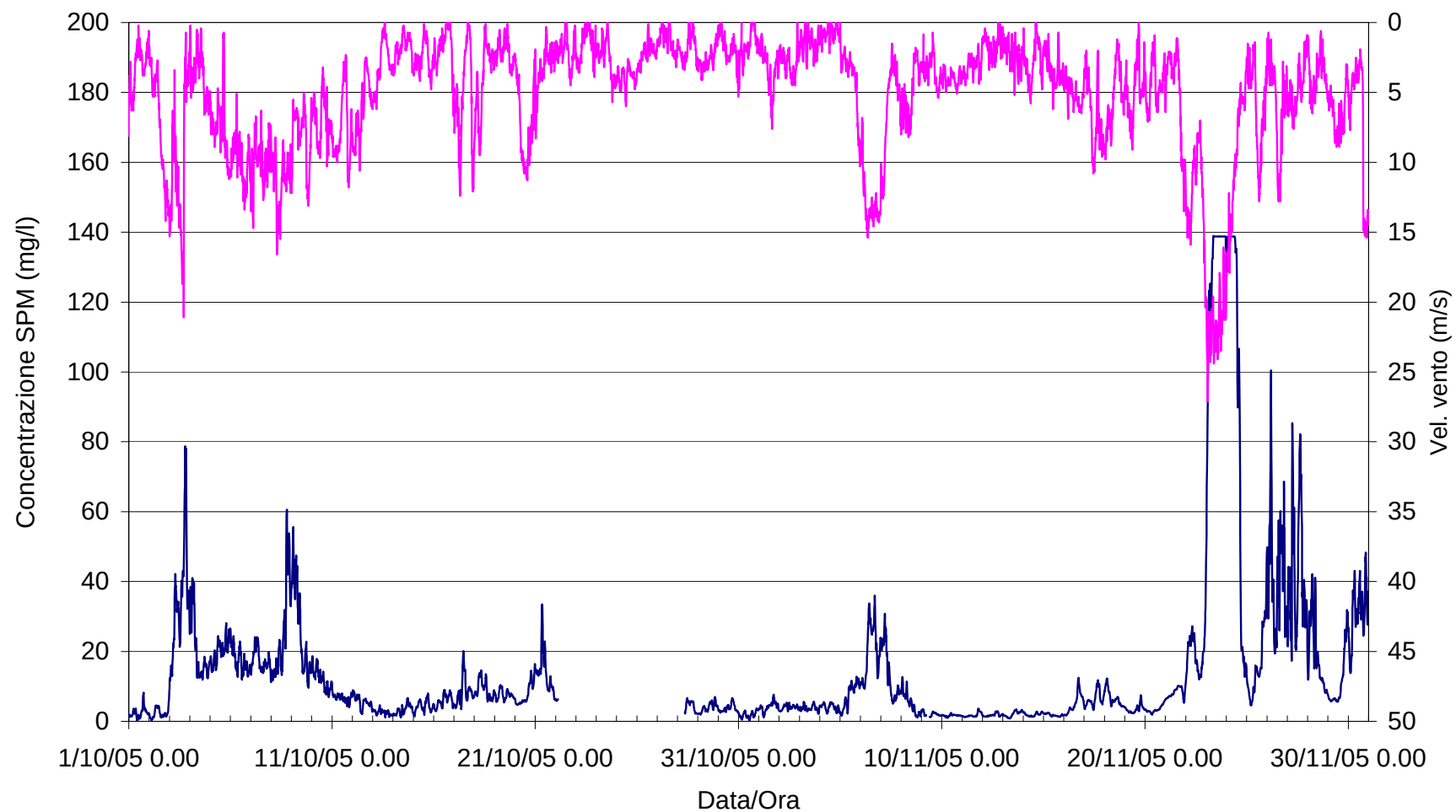
Stazione MAM

Figura 7.15 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAM nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

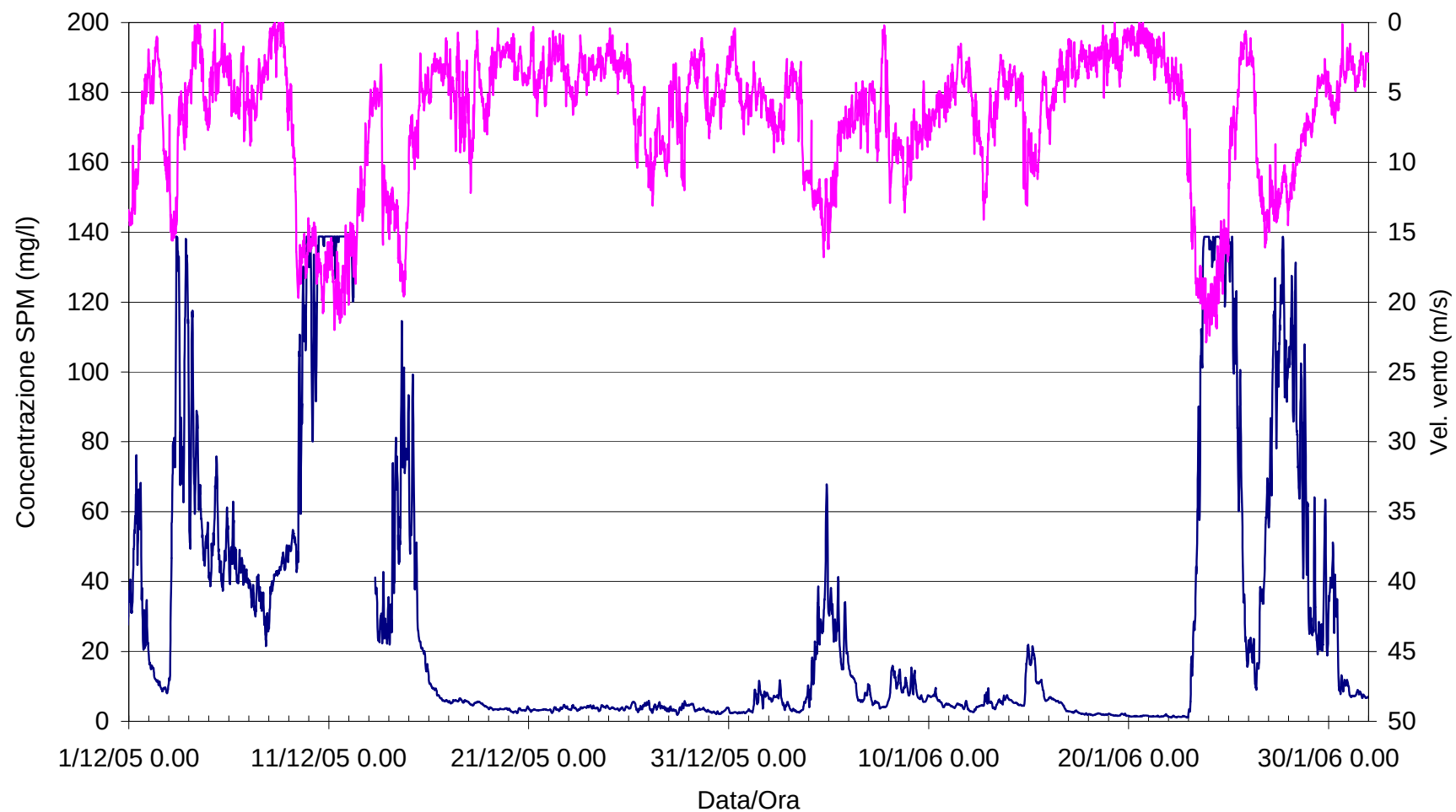
Stazione MAM

Figura 7.15 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAM nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

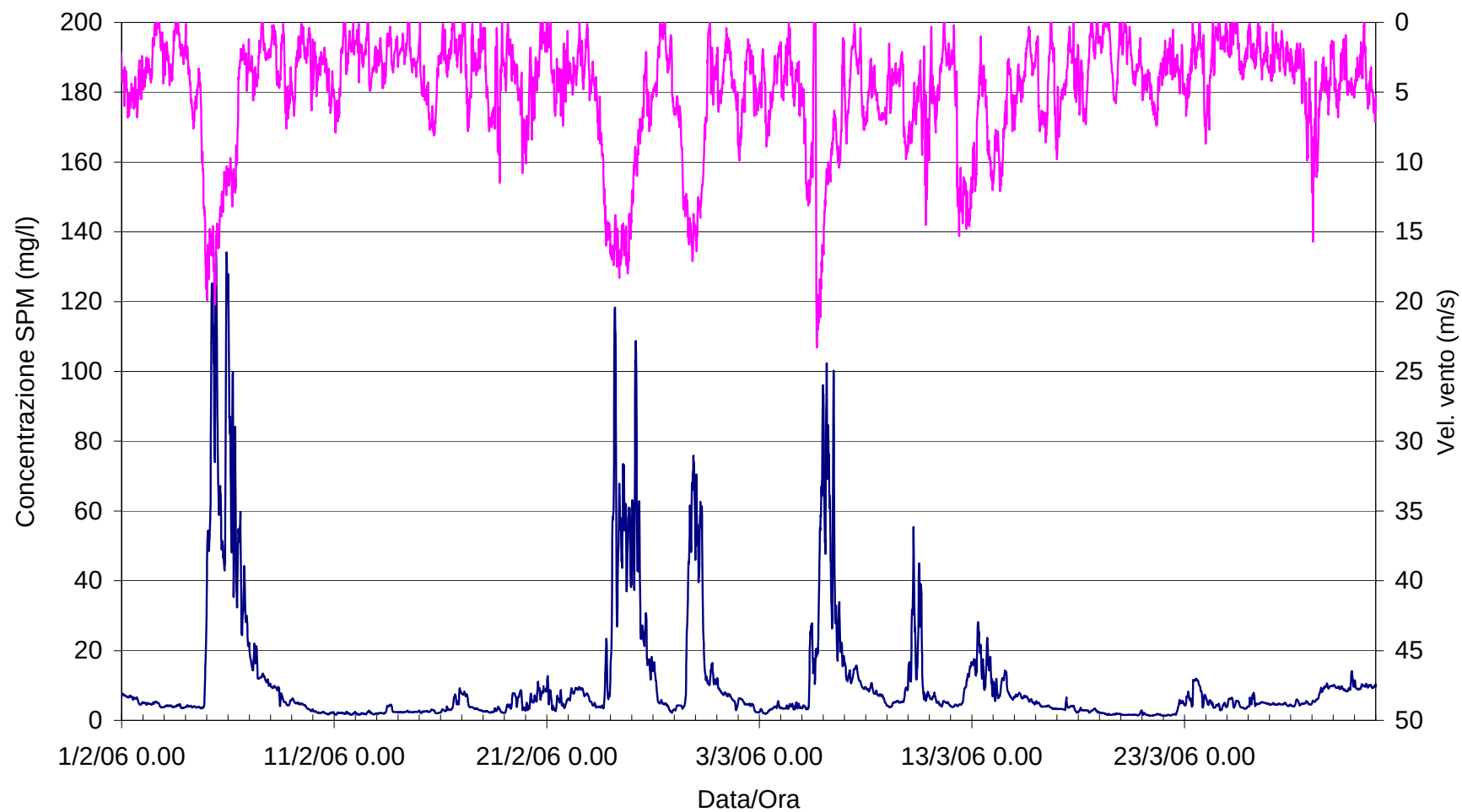
Stazione MAM

Figura 7.15 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAM nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

Stazione MAM

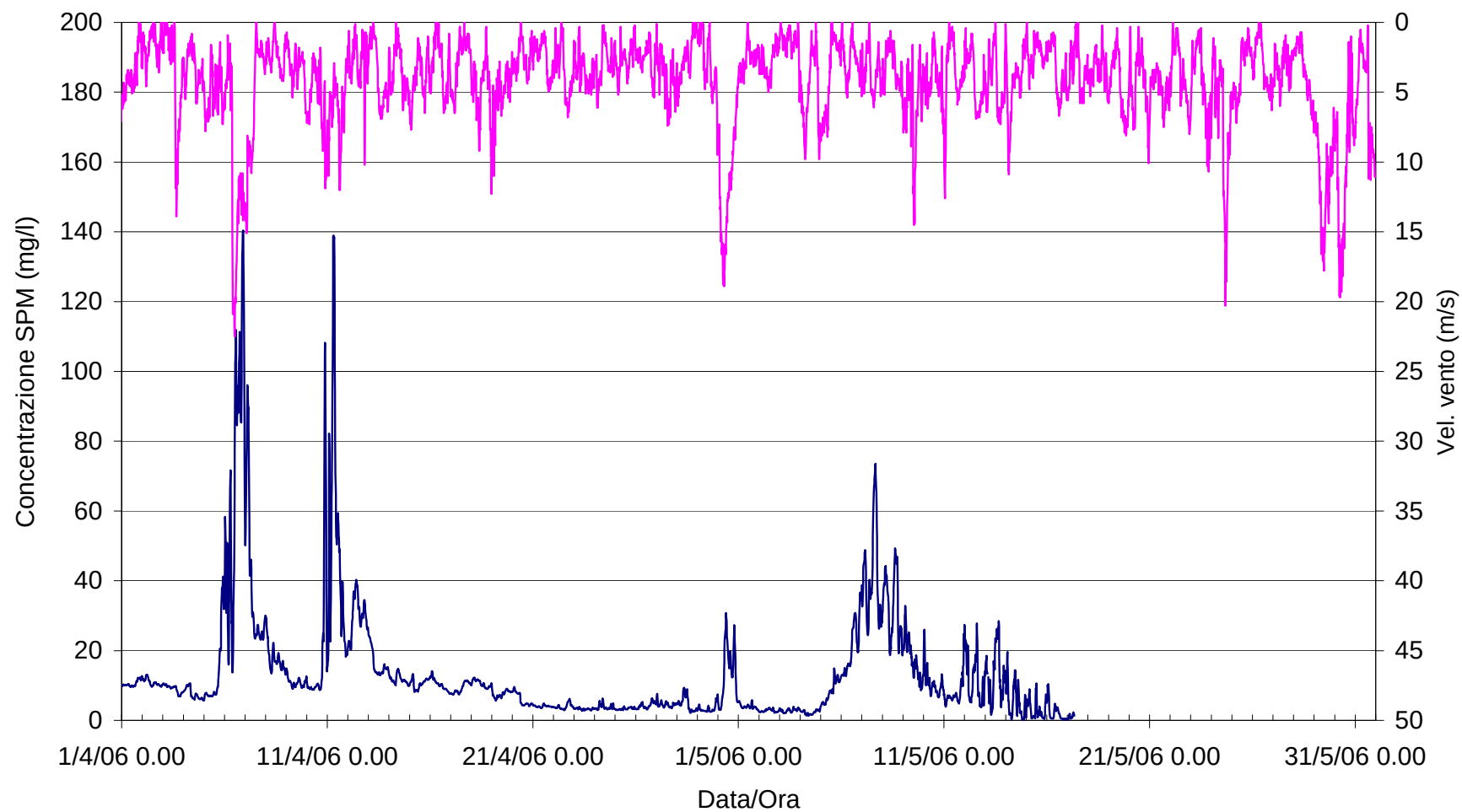


Figura 7.15 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAM nel periodo Aprile-Maggio 2006.

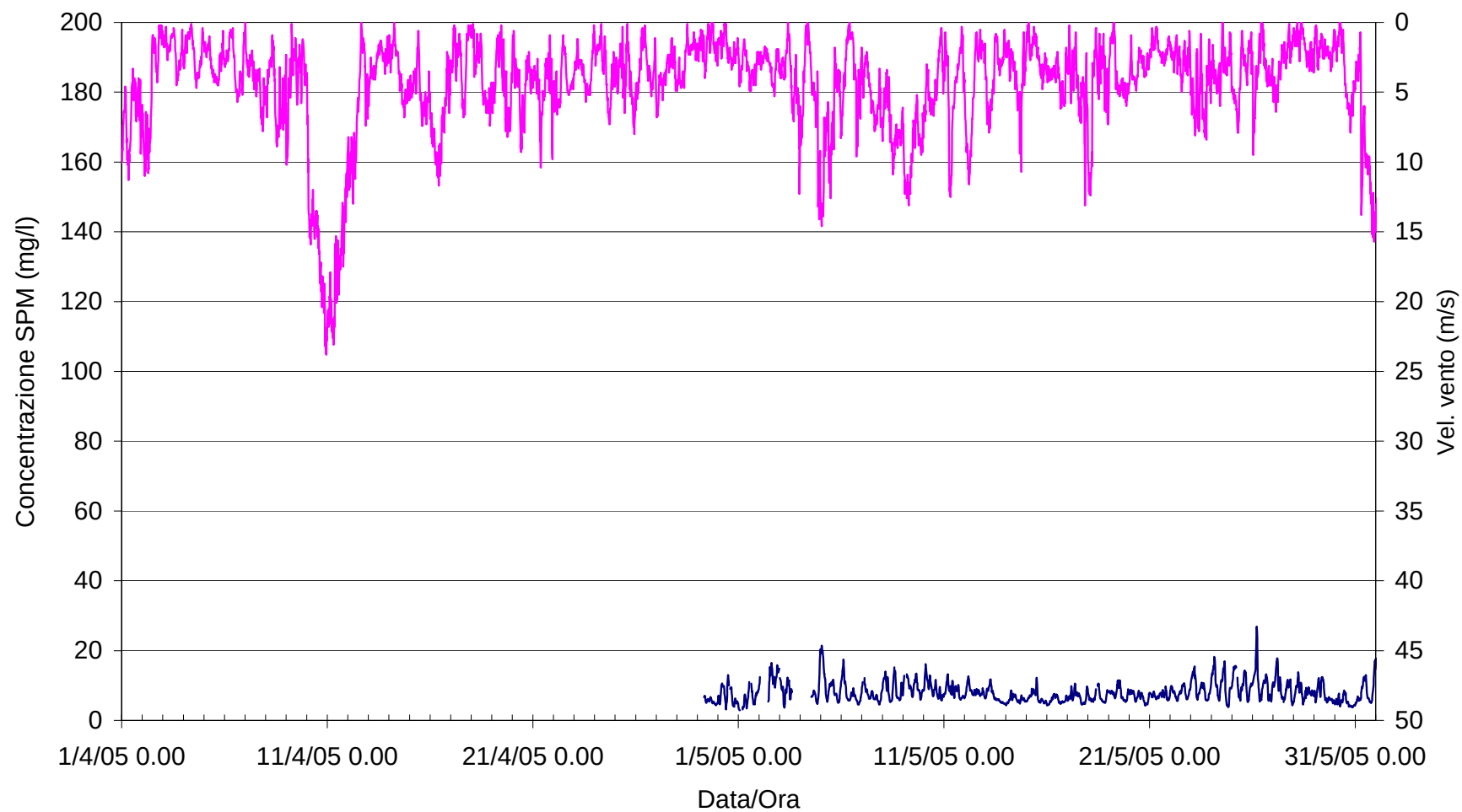
Stazione MAP

Figura 7.16 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Aprile-Maggio 2005.

Stazione MAP

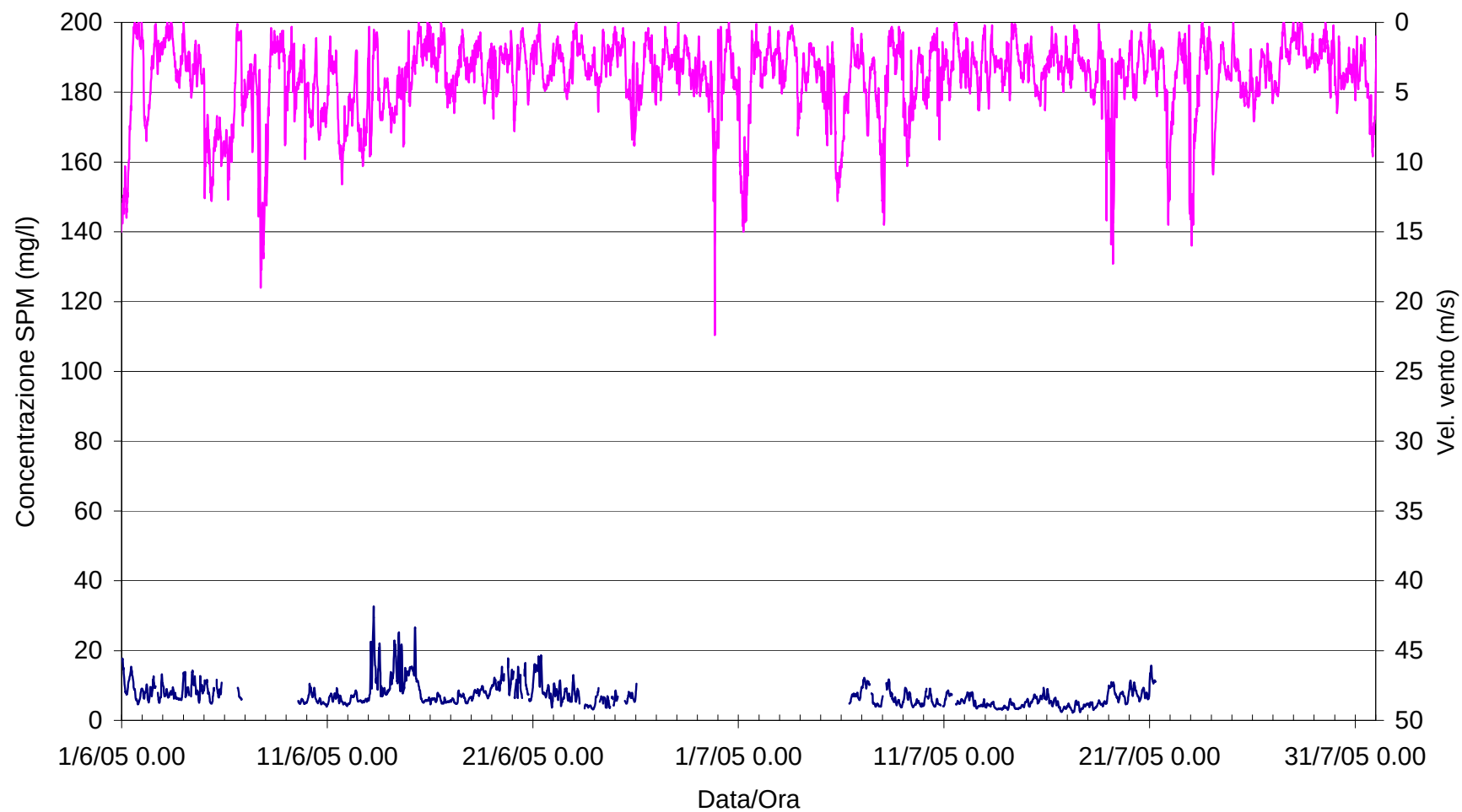


Figura 7.16 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Giugno-Luglio 2005.

Stazione MAP

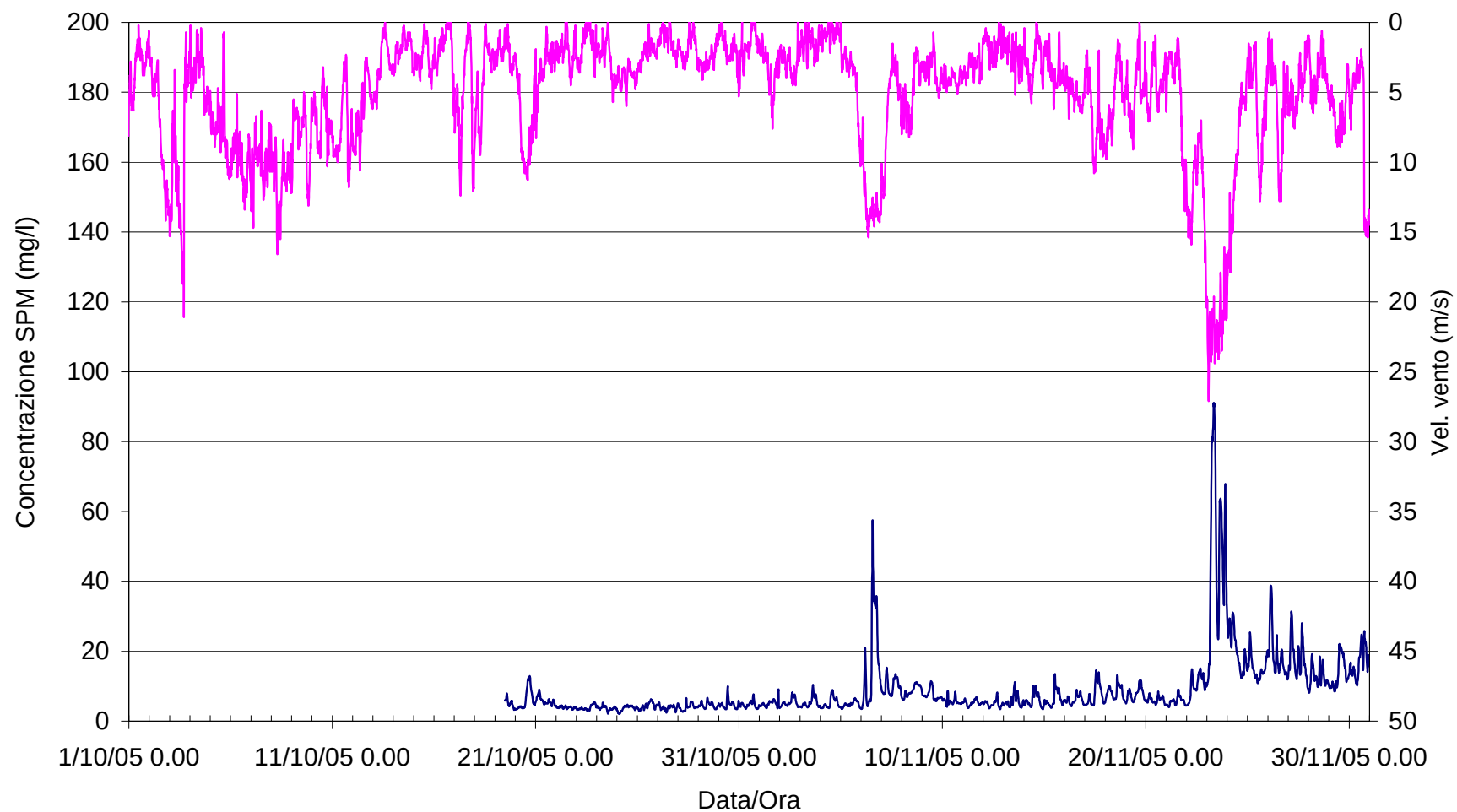


Figura 7.16 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Ottobre-Novembre 2005.

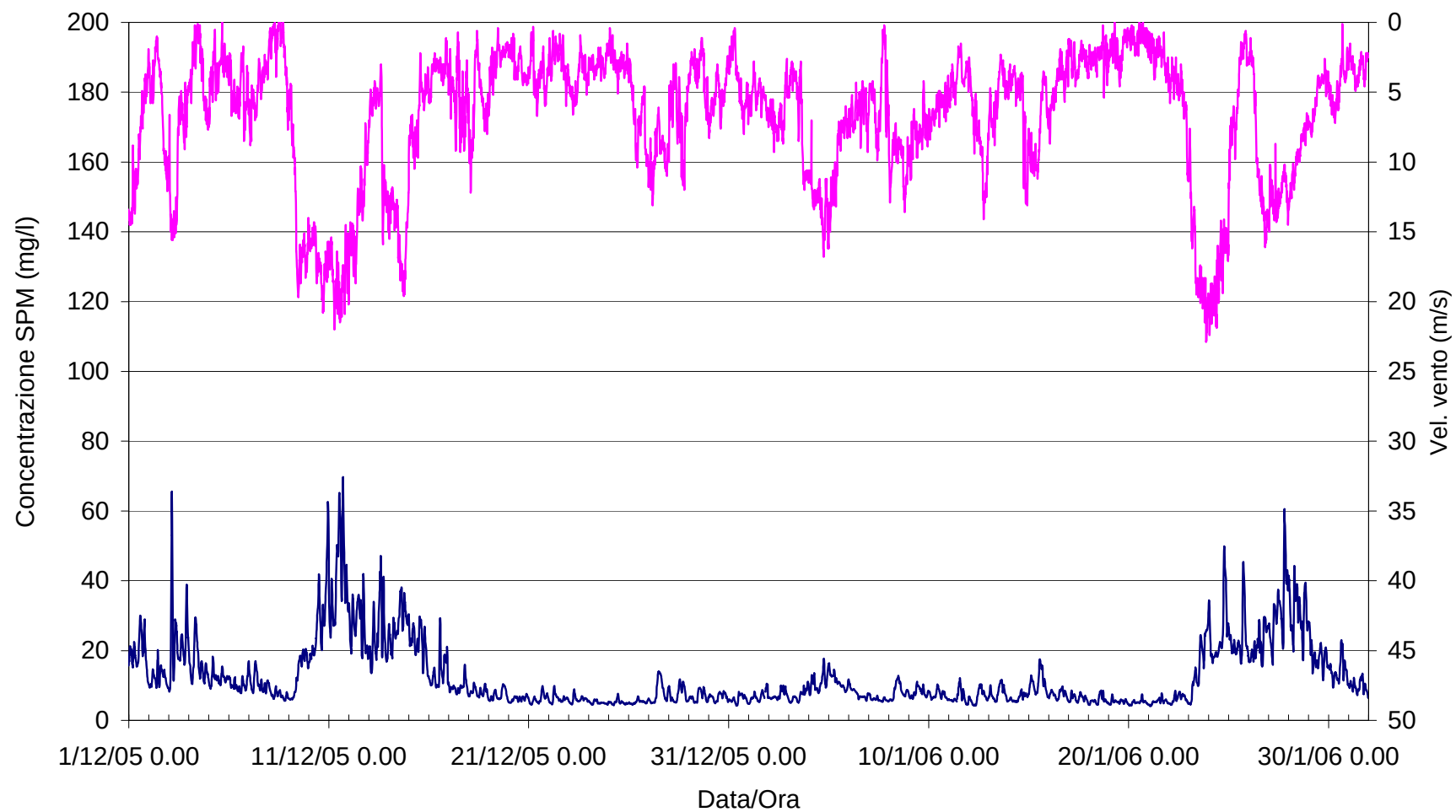
Stazione MAP

Figura 7.16 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Dicembre 2005-Gennaio 2006.

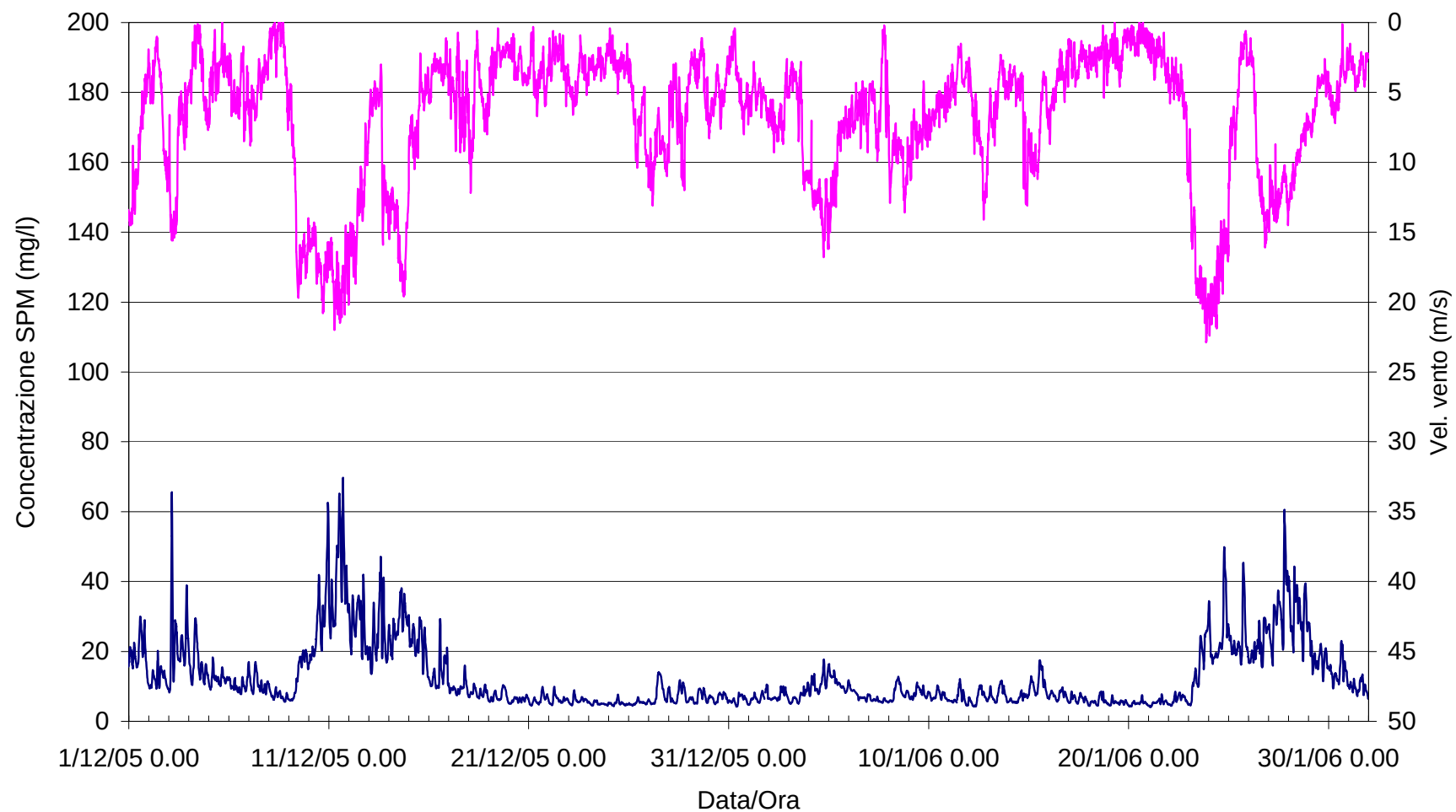
Stazione MAP

Figura 7.16 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Febbraio-Marzo 2006.

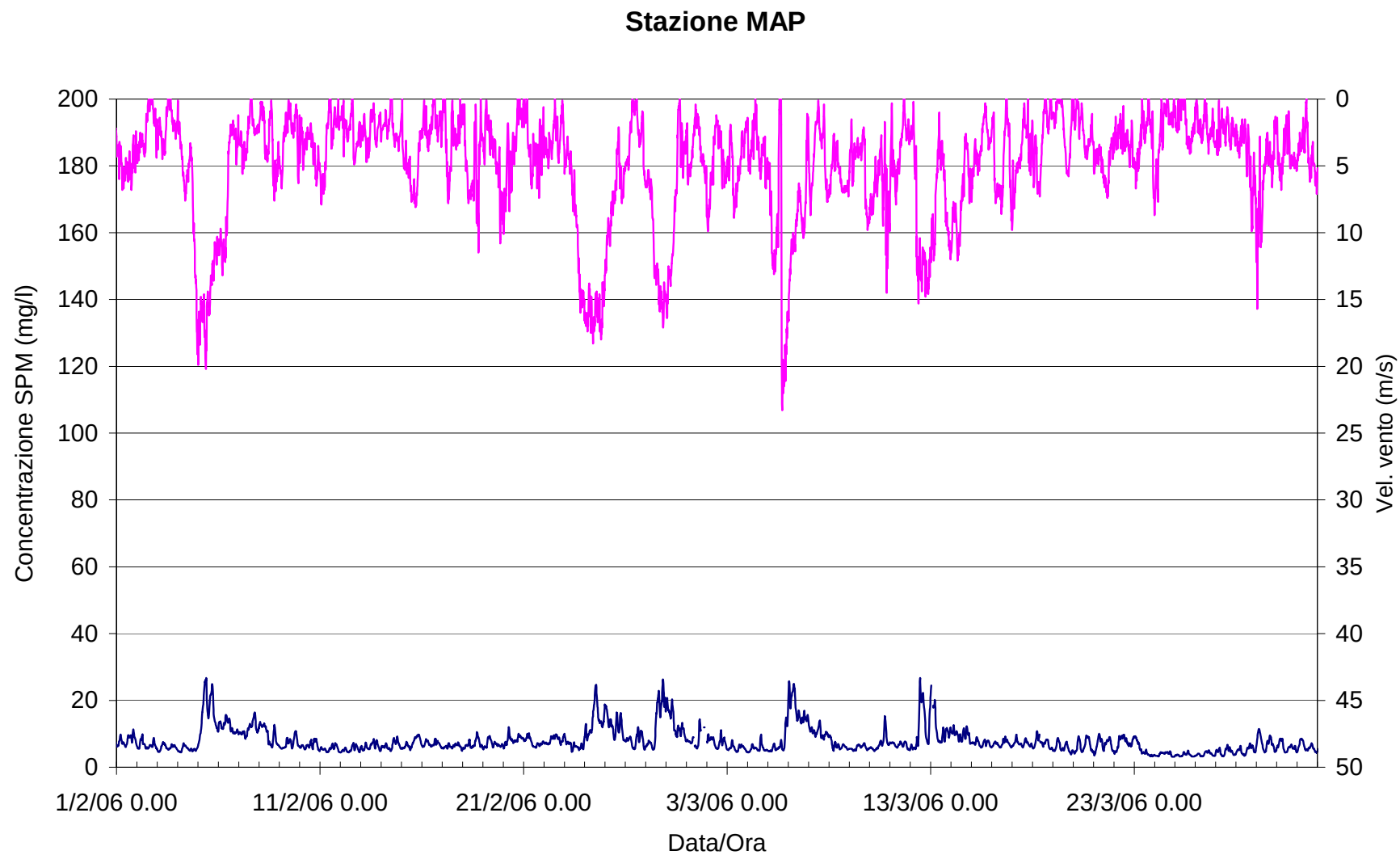


Figura 7.16 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e della velocità del vento alla stazione MAP nel periodo Aprile-Maggio 2006.

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

Tabella 7.1. 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. La serie su cui è stato effettuato il calcolo per la stazione CHM non comprende l'evento meteomarinico del mese di Novembre 2005.

	CHM	CHP	LIM	LMR	LSN	LTP	MAM	MAP
N_{tot}	15241	22510	27679	35429	18598	24722	29119	24968
Media	17.4	10.9	15.0	8.5	17.0	17.9	14.6	9.0
Max.	422.3	194.2	113.1	159.3	134.8	186.1	140.4	91.1
Min.	0.4	0.5	0.7	2.1	3.3	2.3	0.1	2.0
Dev. Std.	35.2	11.6	22.2	15.5	11.4	14.9	24.4	6.7
95° Percentile	70.9	33.2	66.3	22.5	35.2	41.5	61.1	21.3
III Quartile	15.2	11.1	14.4	7.5	20.2	20.1	12.6	9.8
II Quartile	6.8	7.1	7.0	5.1	14.4	14.2	5.8	7.0
I Quartile	3.1	5.2	3.4	3.7	10.3	10.2	3.3	5.5

(*) Valori inferiori al limite strumentale

Sono stati esclusi dal calcolo i valori relativi all'evento del mese di Novembre 2005 per la stazione CHM per la quale l'attendibilità risulterebbe limitata, in base a quanto precedentemente descritto.

Per quanto riguarda i risultati, si osserva, in generale, come la mancanza di una percentuale considerevole di dati nel periodo estivo (Figure 7.1-7.8 e 7.9-7.16), caratterizzato dall'assenza di eventi meteomarinici significativi, comporti un maggior "peso" relativo degli eventi del periodo invernale, con la possibilità che i valori ottenuti rappresentino una sovrastima del dato reale.

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 8.5-10.9 mg/l. Decisamente più elevati sono, invece, i valori medi delle stazioni a mare (compresi fra 14.6 e 17.4 mg/l) e delle stazioni localizzate in laguna, nelle aree laterali ai canali di marea principali nella bocca di porto di lido (LSN e LTP, 17.0 e 18.9 mg/l rispettivamente).

Interessante è anche la distribuzione dei valori relativi al 95° percentile che individuano una serie di gruppi omogenei: un gruppo costituito dalle stazioni a mare, con concentrazioni superiori a 60 mg/l (fino a oltre 70 mg/l per la stazione CHM) ed un gruppo costituito dalle stazioni nei canali di bocca, con concentrazioni comprese fra 21.3 e 33.2 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 35-42 mg/l.

I valori del I quartile rappresentano con una buona approssimazione le condizioni di assenza di perturbazioni nelle stazioni considerate ed è interessante osservare come le stazioni a mare e quelle collocate entro i canali di bocca presentino valori molto simili ed inferiori a 5.5 mg/l in tutti i casi. Questo dimostrerebbe come la qualità 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 ai 10 mg/l. Queste stesse considerazioni valgono anche per il II quartile, 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 sei stazioni risultano, infatti, tutti compresi nell'intervallo 5.1-7.0 mg/l, mentre le concentrazioni relative ai siti in laguna raggiungono i 20 mg/l circa.

I parametri statistici significativi dei valori di concentrazione di particolato solido in sospensione misurati nell'ambito dei diversi studi effettuati da CNR-ISMAR, OGS, CORILA e APAT tra il 2001 ed il 2004 [10] (vedi Tabella 7.2) 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 7.2. Parametri statistici significativi dell'insieme dei dati di concentrazione del particolato 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.

4.7 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche

L'obiettivo del monitoraggio è stato 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. Come ci si attendeva, i risultati hanno evidenziato che i torbidimetri non intercettano il plume generato dalle draghe, che invece è stato monitorato e segnalato nei rapporti di campagna della torbidità.

Nel periodo successivo al 31 Maggio 2005 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 il molo sud, nel canale di San Nicolò e la posizione corrispondente verso il molo nord, nel canale di

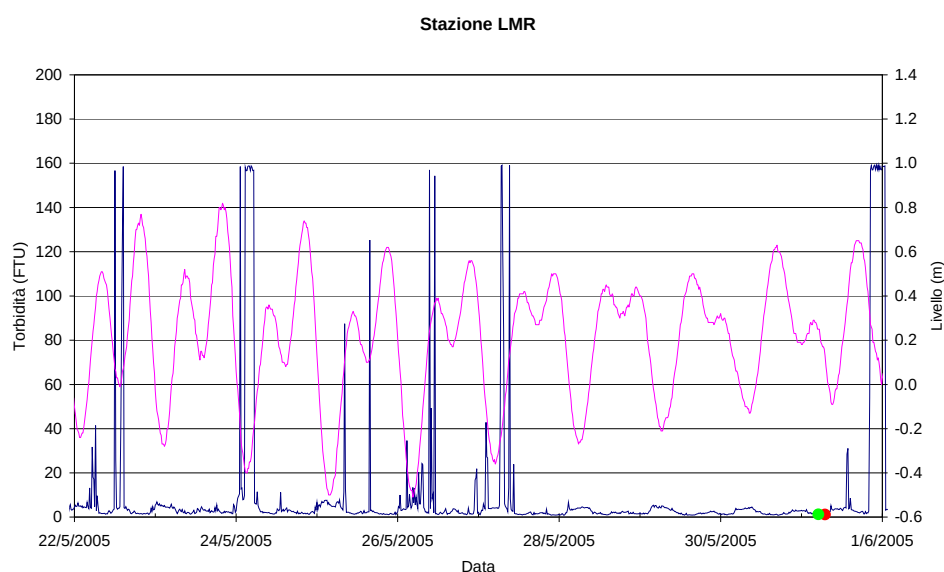
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Treporti. Si è pensato pertanto di analizzare la serie temporale della stazione LMR, localizzata a circa 700 m verso mare rispetto all'area di cantiere, 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.

Per il periodo corrispondente all'intervallo Maggio 2005 e Maggio 2006 sono stati resi disponibili dalla direzione lavori gli orari di lavoro coincidenti con le giornate di attività del monitoraggio della torbidità da parte dei gruppi di CNR-ISMAR ed OGS. Si tratta, quindi, di un numero limitato di fasi di scavo rispetto a quelle complessivamente effettuate, per un totale di 36 casi, sulla base dei quali le conclusioni mantengono carattere preliminare, come già evidenziato nel rapporto relativo al periodo di acquisizione Maggio 2005 – Dicembre 2005.

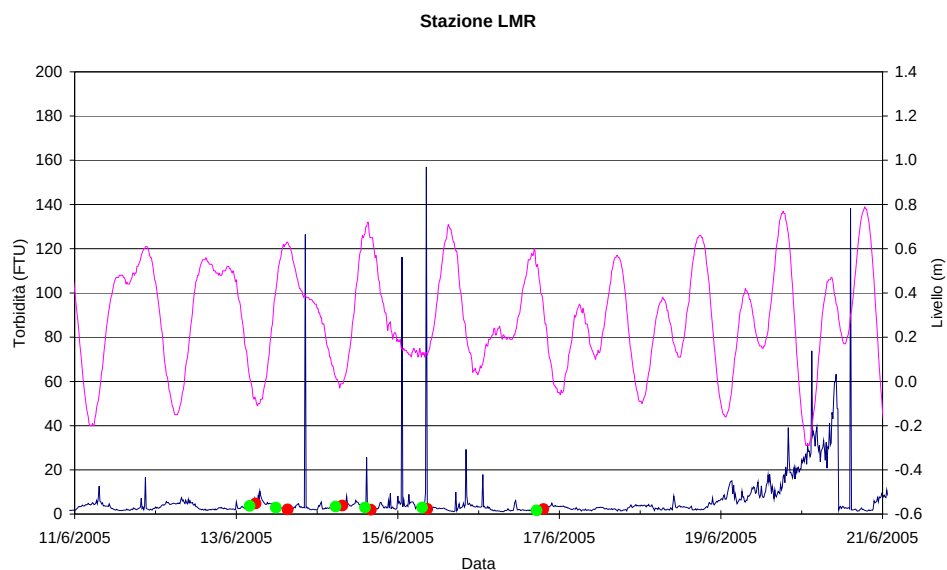
La successione degli interventi di scavo di cui è stato possibile raccogliere le informazioni è riportata, insieme all'andamento della torbidità e del livello di marea nelle Figure 8.1a-h. La serie temporale della torbidità che è stata considerata è quella originariamente registrata dallo strumento e, quindi, non ancora sottoposta alle procedure di controllo e filtrazione, in modo da poter accertare l'eventuale presenza di picchi istantanei legati alla stessa attività di scavo piuttosto che ad accumulo di materiale sullo strumento. Come si può notare dalle figure, vi sono solo 5 casi su un totale di 36 nei quali l'intervallo di scavo coincide con la presenza di un picco della torbidità. Fra questi ve ne sono alcuni, in particolare il ciclo di scavo del 15 Settembre (13.50-18.20 UT) e quello del 28 Ottobre (12.20-14.30 UT) 2005, per i quali il picco presenta caratteristiche molto simili a quelle dei picchi anomali legati all'accumulo di depositi sullo strumento nella fase di minimo della marea, già riscontrati anche precedentemente all'inizio delle attività della draga ASTRA alla bocca di Lido.

I picchi istantanei rilevati in dicembre potrebbero essere dovuti alle avverse condizioni meteorologiche o potrebbero essere legati alla stessa attività di scavo.

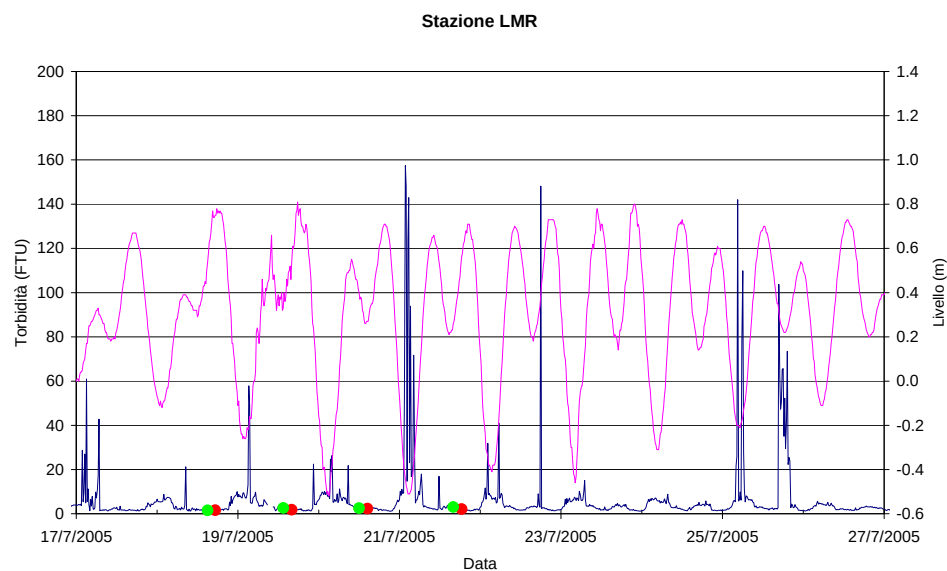


(a)

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

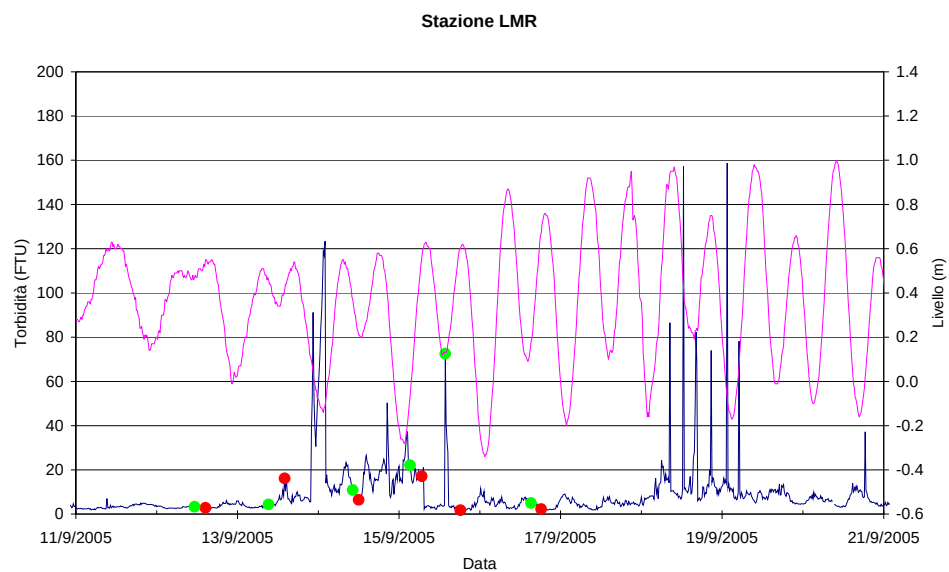


(b)

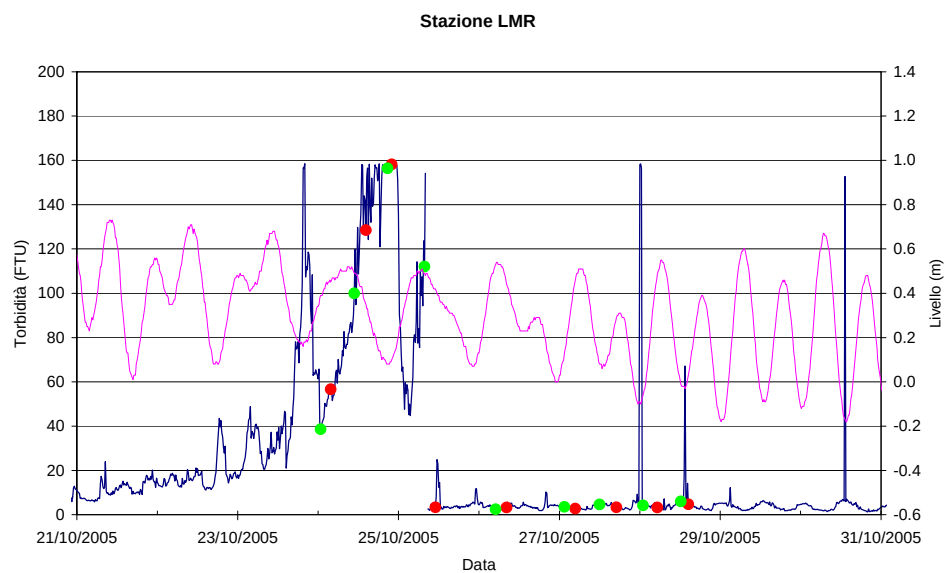


(c)

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

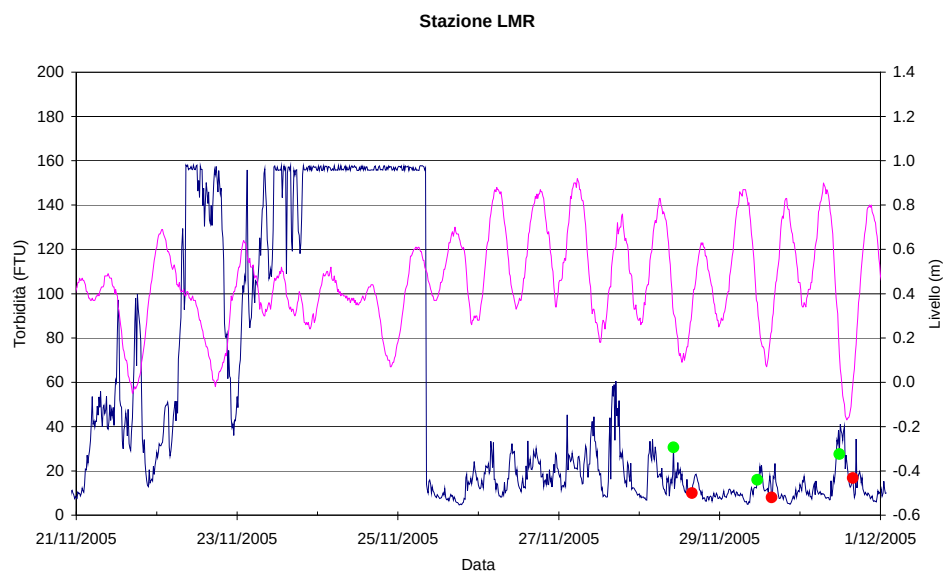


(d)

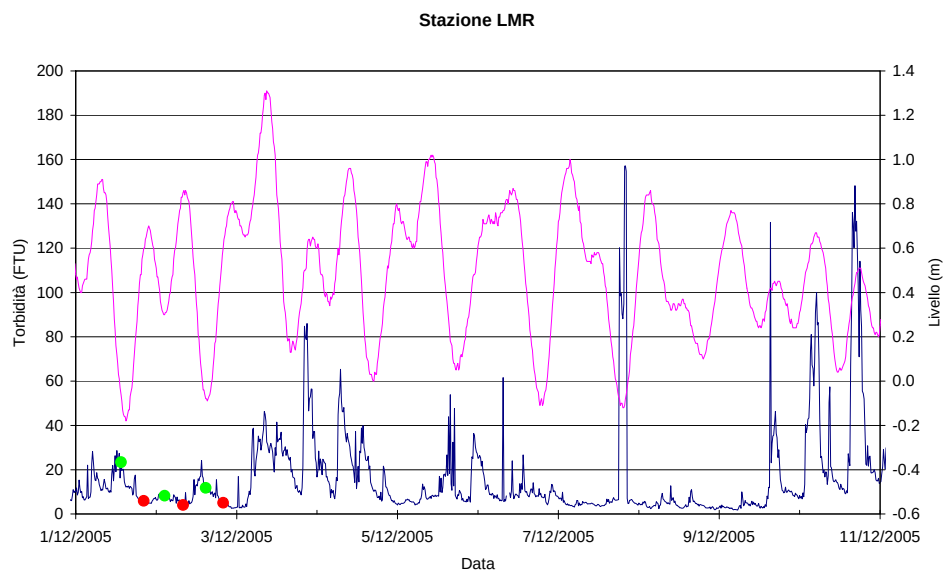


(e)

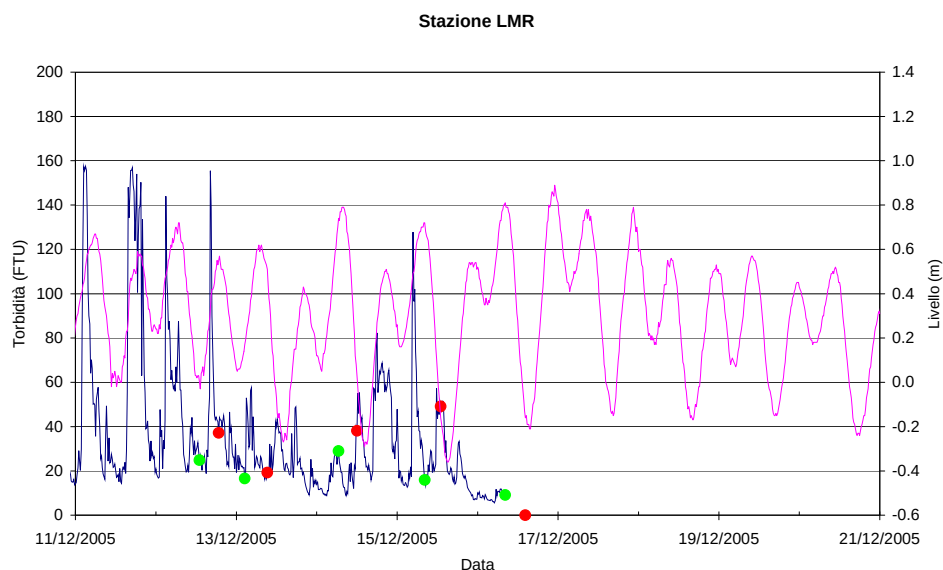
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI



(f)



(g)



(h)

Figura 8.1. Sovrapposizione delle fasi di scavo della draga idrorefluente a sfioro ASTRA alla serie di torbidità della stazione LMR. Gli istanti iniziale e finale di ciascun periodo di scavo sono indicati, rispettivamente, con punti di colore verde e rosso. (a) 22 Maggio-01 Giugno 2005; (b) 11-21 Giugno 2005; (c) 17-27 Luglio 2005; (d) 11-21 Settembre 2005; (e) 21-31 Ottobre 2005; (f) 21 Novembre-01 Dicembre 2005; (g) 01-11 Dicembre 2005; (h) 11-21 Dicembre 2005.

Per quanto riguarda il periodo 21-25 Ottobre 2005, nel quale i dati di torbidità sono marcatamente influenzati dall'accumulo di *fouling* sul sensore, non è possibile discriminare la presenza di eventi significativi.

Sulla base dei soli dati disponibili al momento dell'elaborazione non sembra, quindi, si possa affermare che il pennacchio di torbida generato dall'imbarcazione al lavoro sia facilmente intercettato dallo strumento, per quanto la posizione della stazione LMR sia favorevole, essendo localizzata a valle della cella di scavo, rispetto alle situazioni di corrente uscente. La limitata dispersione del pennacchio di torbida, peraltro già riscontrata in diverse occasioni nel monitoraggio con il correntometro acustico montato sull'imbarcazione, ridurrebbe, quindi, la probabilità dello strumento di rilevare incrementi temporanei della concentrazione del particolato sospeso ai soli casi in cui l'imbarcazione sta operando in prossimità del molo sud della bocca di Porto di Lido. Per le stesse ragioni sembra alquanto improbabile che la perturbazione possa riflettersi nelle acquisizioni degli strumenti delle stazioni a mare, per i quali, in questa fase, non si è ritenuto di effettuare lo stesso tipo di verifica, poiché l'entità della variazione attesa è ancor più limitata e, data la distanza, la probabilità degli strumenti di intercettare il pennacchio dei materiali risospesi dall'attività di scavo è notevolmente inferiore.

4.8 Struttura dell'archivio dei dati

L'archivio dei dati, allegato al presente rapporto, raggruppa le serie temporali di ciascuna delle otto stazioni. Le serie temporali sono organizzate in file, ciascuno dei quali contiene le acquisizioni di una singola stazione ed è identificato con la sigla della stazione stessa secondo lo schema della Tabella 3.1.

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

Ogni cartella, in formato Microsoft Excel comprende una serie di fogli che contengono:

- diagrammi bimestrali della concentrazione di SPM (mg/l) e dell'intensità del vento (m/s) alla piattaforma CNR (fogli identificati con la sigla abbreviata dei mesi del bimestre di riferimento, p.e. "Apr05-Mag05-W");
- diagrammi bimestrali della concentrazione di SPM (mg/l) e del livello di marea al mareografo più prossimo alla stazione di misura (fogli identificati con la sigla abbreviata dei mesi del bimestre di riferimento, p.e. "Apr05-Mag05");
- un grafico di regressione della torbidità (FTU) in funzione della concentrazione di SPM (mg/l) nei campioni prelevati per la calibrazione del sensore ottico e la corrispondente equazione della retta di regressione (foglio identificato con la dicitura Calibrazione);
- un foglio di lavoro contenente l'intero insieme di dati utilizzati per la calibrazioni e la costruzione del grafico di regressione della torbidità (FTU) in funzione della concentrazione di SPM (mg/l) (foglio identificato con la dicitura Dati-Calibrazione);
- foglio di lavoro contenente tutti i dati in successione temporale (foglio identificato con la sigla della stazione p.e. "CHP-tutti").

La struttura del foglio di lavoro contenente i dati è visualizzata nella Figura 9.1. Il foglio contiene un'intestazione con le informazioni relative alla posizione della stazione al tipo di sonda e la data/ora dell'inizio e fine delle acquisizioni. È inoltre indicato il mareografo dal quale sono stati derivati i dati del livello idrico riportati nel file. I dati di marea sono relativi agli strumenti dell'Istituzione Centro previsione e Segnalazione Maree del Comune di Venezia posizionati nelle stazioni Diga Nord di Lido, Diga Nord di Malamocco, Diga sud di Chioggia. Le variabili sono riportate in colonne secondo lo schema e con le unità di misura visualizzati in Figura 9.1. Esse comprendono, oltre alla data, l'orario e il livello di marea, la temperatura dell'acqua (Temp), la conducibilità (Cond), la salinità (Sal), la torbidità (Torb), la torbidità filtrata secondo la procedura precedentemente descritta (Torb*), la concentrazione di SPM derivata dalla torbidità filtrata in base alla curva di calibrazione ottenuta dai campioni (SPM), il valore della concentrazione di SPM nei campioni prelevati per la calibrazione (SPM camp), la velocità e direzione della corrente, solo per la stazione LMR (Velocità, Direzione), la velocità e direzione del vento alla piattaforma CNR (Vel vento, Dir vento). Per semplicità, ciascun file ha inizio alle 00.00 del 1 Aprile 2005 indipendentemente dall'inizio effettivo dell'acquisizione.

Stazione	CHM										
Sensore	304CTD-T SN. 60										
Start	26/5/05 9.45										
Stop	17/5/06 8.45										
Livello	Mareografo diga sud Chioggia										
Vento	Piattaforma CNR										
Data/Ora	Livello	Temp	Cond	Sal	Torb	SPM	SPM camp	Velocità	Direzione	Vel vento	Dir Vento
UT	m	deg C	mS	PSU	FTU	mg/l	mg/l	cm/sec	deg	m/s	deg

Figura 9.1. Struttura del foglio di lavoro contenente la serie temporale dei dati acquisiti da ciascuno strumento.

4.9 Riferimenti bibliografici

- [1] Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/I - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Disciplinare Tecnico, Venezia, Settembre 2004.
- [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 particolato in sospensione in ambienti acquatici. Rassegna bibliografica", Serie Documenti 9/1999, Settembre 1999.
- [4] 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.
- [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.
- [6] Idronaut Srl. "OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL", Brugherio (Milan), February 2005.
- [7] Idronaut Srl. "Seapoint Turbidity Meter USER MANUAL", Brugherio (Milan), March 2005.
- [8] InterOcean Systems Inc. "S4 CURRENT METER USER MANUAL (Rev B)", June 1995.
- [9] F. Simionato. "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 (in stampa).
- [10] Magistrato alle Acque, 2006. "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 Attesa. Matrice: Acqua