



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

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/3**

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

Contratto prot.n. 16514 si/gce/fbe

Documento **MATRICE: ACQUA**

**MACROATTIVITÀ: RILEVAZIONE DELLA
TORBIDITÀ IN CONTINUO**

I RAPPORTO DI VALUTAZIONE

**PERIODO DI RIFERIMENTO: DA MAGGIO AD
AGOSTO 2007**

Versione **1.0**

Emissione **15 settembre 2007**

Redazione

Dott.ssa Caterina Dabalà
(CORILA)

Verifica

Dott. Luca Zaggia
(ISMAR-CNR)

Verifica

Prof. Giampaolo Di Silvio

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

1. INTRODUZIONE E METODOLOGIA.....	4
1.1 La rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.....	5
1.2 Strumentazione per la misura della torbidità.....	9
1.3 Descrizione dell'attività di gestione della rete di stazioni fisse.....	10
1.4 Metodologia per il trattamento dei dati registrati.....	12
1.4.1 Procedura per la filtrazione dei picchi istantanei.....	13
1.4.2 Correzione per il fouling.....	13
1.5 Calibrazione dei sensori di torbidità per la stima della concentrazione di SPM.....	13
2. ANALISI DEI DATI.....	15
2.1 Serie temporali della torbidità/SPM.....	21
2.2 Analisi dei picchi di torbidità.....	38
2.3 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche.....	39
2.4 Struttura dell'archivio dei dati.....	39
3. BIBLIOGRAFIA.....	41

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

Alla stesura del presente rapporto hanno contribuito:

- F. Costa (ISMAR - CNR, Venezia)
- C. Dabalà (CORILA)
- C. Dall' Angelo (CORILA)
- V. Defendi (ISMAR - CNR, Venezia)
- G. Di Silvio (IMAGE - UNIPD)
- S. Donà (ISMAR - CNR, Venezia)
- F. Simionato (ISMAR - CNR, Venezia)
- L. Zaggia (ISMAR - CNR, Venezia)

1. INTRODUZIONE E METODOLOGIA

I programmi di monitoraggio ambientale dei cantieri ove sono previste operazioni di scavo e dragaggio di fondali prevedono ormai abitualmente la determinazione del particolato solido in sospensione (Suspended Particulate Matter - SPM) e della torbidità in acqua. Ciò è particolarmente valido quando ci si trova in prossimità di habitat sensibili, quali sono quelli presso le tre bocche di porto della laguna di Venezia.

Il Disciplinare Tecnico dello Studio B.6.72 B/3, come i precedenti, 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), trattato in questo rapporto, 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.

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 [ANPA, 1999]. 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.

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

La misura della torbidità in continuo alle bocche di porto ha un doppio obiettivo: valutare la diffusione del plume di torbida generato dalle operazioni dei cantieri e monitorare i valori di torbidità di fondo ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio. Sono state quindi installate 8 stazioni di misura opportunamente posizionate nei canali di bocca.

A differenza del secondo danno di monitoraggio, la disponibilità di una nuova sonda ha consentito l'allestimento della stazione MAM, utilizzata già nello studio B.6.72 B/1, per avere un altro punto in mare nel periodo di ripresa di grossi lavori alla bocca di Malamocco lato mare (conche navigazione, imbonimento per cantiere cassoni, ecc.)

La Figura successiva mostra la localizzazione di tutte le stazioni di misura della torbidità nelle aree dei cantieri alle bocche di porto; in rosso le stazioni utilizzate il terzo anno di monitoraggio. Nella Tabella 1.1 sono riassunte le caratteristiche delle stazioni, e per ciascuna di queste, sono riportate le coordinate geografiche espresse nel sistema UTM WGS 84 e Gauss Boaga e la profondità del battente d'acqua rispetto al livello medio del mare espressa in metri. La posizione del sensore è in tutti i casi alla quota di 1.5 metri dal fondo eccetto per LMR-2, in cui il sensore è a circa 7.5 metri dal fondo.

CORILA

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



Figura 1.1. 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 1.1. Caratteristiche delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.

Sigla Identificativa	Località	Tipo postazione	Ente	Fondale (m)	Coordinate UTM WGS 84	Coordinate Gauss Boaga	Periodo di utilizzo	Data di re-installazione (Studio B.6.72 B/2 e B/3)
CHM1	CHIOGGIA Mare	Meda segnalazione	CVN-MAV	13.5	289952 E 5011996 N	2311697.67 5011917.71	Studio B.6.72 B/1	
CHM2	CHIOGGIA Mare	Meda segnalazione	CVN-MAV	13.5	0289792 E 5012068 N	2312244.76 5013024.91	Studio B.6.72 B/1	
CHP	CHIOGGIA Porto	Postazione mareografica	Comune VE CVN-MAV	2.1	286559 E 5012376 N	2306695.73 5012490.85	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3	8/06/2006
LIM	LIDO Mare	Postazione mareografica	CVN-MAV	9.0	300744 E 5033387 N	2321595.15 5033110.08	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3	15/06/2006
LMR	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	APAT	9.5	297740 E 5033614 N	2318223.64 5033215.04	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3	18/04/2005
LMR-2	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	APAT	9.5	297740 E 5033614 N	2318223.64 5033215.04	Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3	15/06/2006
LSA	LIDO Canale S. Nicolò	Meda Bianco-Nera	Capitaneria Porto - Marifari	5	295870 E 5034915 N	2315918.06 5034973.54	Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3	12/06/2006
LSN	LIDO Canale S. Nicolò	Postazione mareografica	MAV	7.0	295624 E 5034542 N	2315566.36 5034465.53	Studio B.6.72 B/1	8/06/2006
LTP	LIDO Canale Treporti	Postazione mareografica	MAV	2.0	299083 E 5036390 N	2318835.86 5036184.94	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3	8/06/2006
MAM	MALAMOCCO Mare	Postazione mareografica	CVN-MAV	11.0	292432 E 5024099 N	2312635.53 5024136.00	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/3	12/07/2007
MAP	MALAMOCCO Porto	Postazione mareografica	Comune VE CVN-MAV	2.7	288410 E 5024129 N	2308923.15 5024591.90	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3	8/06/2006

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

Come risulta dai dati in tabella, la rete è, quindi, costituita da due gruppi di stazioni: il primo gruppo costituito da 6 stazioni posizionate in aree vicine alle bocche di porto verso la laguna, ed il secondo da 2 stazioni posizionate a mare.

Le stazioni del primo gruppo sono state allestite utilizzando prevalentemente le strutture delle postazioni mareografiche operanti in laguna (Figura 1.2). Per la stazione LMR e LMR-2 è stata, invece, sfruttata la struttura della meda di segnalazione del canale navigabile all'interno della bocca di Porto di Lido, lato Diga Sud (Figura 1.3).

Per le stazioni del secondo gruppo, LIM e MAM, è stata utilizzata una struttura già esistente impiegata anch'essa come mareografo, ma con caratteristiche tecniche completamente diverse da quelle delle postazioni mareografiche in laguna (Figura 1.4-5).

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



Figura 1.2. Stazione LSA.



Figura 1.3. Stazione LMR.



Figura 1.4. Stazione MAM.

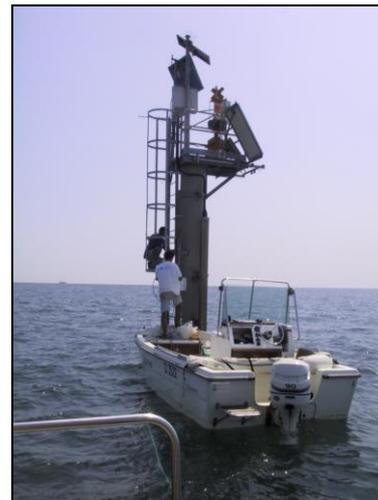


Figura 1.5. Stazione LIM.

1.2 Strumentazione per la misura della torbidità

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

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

Nella Tabella 1.2 sono riassunte le caratteristiche tecniche dei sensori utilizzati in 6 delle stazioni fisse.

Tabella 1.2. Caratteristiche dei sensori montati sulla sonda OceanSeven 304 CTD-T.

Sensore	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 1000 dbar	0.05% f.s.	0.015%
Temperatura	-3 - +35 °C	0.005 °C	0.0006 °C
Conducibilità	0 - 64 mS/cm	0.005 mS/cm	0.001 mS/cm
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 [InterOcean Systems Inc., June 1995], che consente di misurare la velocità e la direzione della corrente, la temperatura, la conducibilità dell'acqua e la torbidità grazie alla presenza di un sensore OBS. Le caratteristiche tecniche dello strumento sono riportate nella Tabella 1.3.

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

Tabella 1.3. Caratteristiche dei sensori montati sul correntometro S4.

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

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

I torbidimetri posizionati nelle stazioni sopra descritte hanno funzionato a partire dalla data di installazione, acquisendo 1 dato ogni 15 minuti. Il singolo dato viene rilevato come media delle 5 acquisizioni, effettuate una al minuto, all'inizio dell'intervallo temporale di 15 minuti. I file di dati registrati nella memoria di ciascuno strumento sono stati scaricati con una frequenza di circa 15 giorni (Fig. 1.6).

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

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



Figura 1.6. Operazioni di recupero.

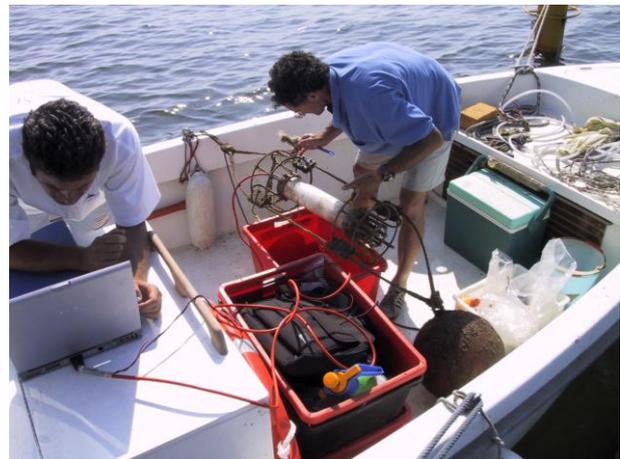


Figura 1.7 Operazioni di pulizia.

Giacchè i valori di torbidità misurati dai sensori OBS vengono registrati come dati grezzi espressi in FTU e le risposte strumentali degli OBS sono differenti tra di loro, è necessario trasformare il dato grezzo in valori di concentrazione del particolato solido sospeso (in mg/l). Tale conversione avviene utilizzando le concentrazioni determinate nei campioni d'acqua appositamente prelevati in occasione dello uscite di manutenzione, secondo le modalità descritte nella sezione 6.

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

Il prelievo dei campioni d'acqua (Fig. 1.7) viene effettuato per mezzo di una "bottiglia a sifone" da 1000 cc, alla quota di posizionamento del sensore OBS di ciascuna sonda ed in corrispondenza dell'intervallo di misura, pari a 5 minuti, dello strumento.

Le determinazioni dei solidi sospesi vengono eseguite in laboratorio utilizzando la metodica IRSA (Quaderno 100/2050/94). Tale metodica impiega per la filtrazione membrane in 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.

Per le stazioni a mare, caratterizzate tutte da un elevato fondale (10 metri circa) è stato progettato un sistema di posizionamento ed ancoraggio al fondo della strumentazione di misura [Simionato, 2006] per consentire un agile recupero della sonda per le operazioni di scarico dati, manutenzione, pulizia e riposizionamento alla quota di misura, fissata a 1,5 m dal fondo. Nella Figura 1.8 è mostrato uno schema di posizionamento e ancoraggio riferito alla stazione a mare CHM, che è lo stesso utilizzato anche nelle altre stazioni a mare.

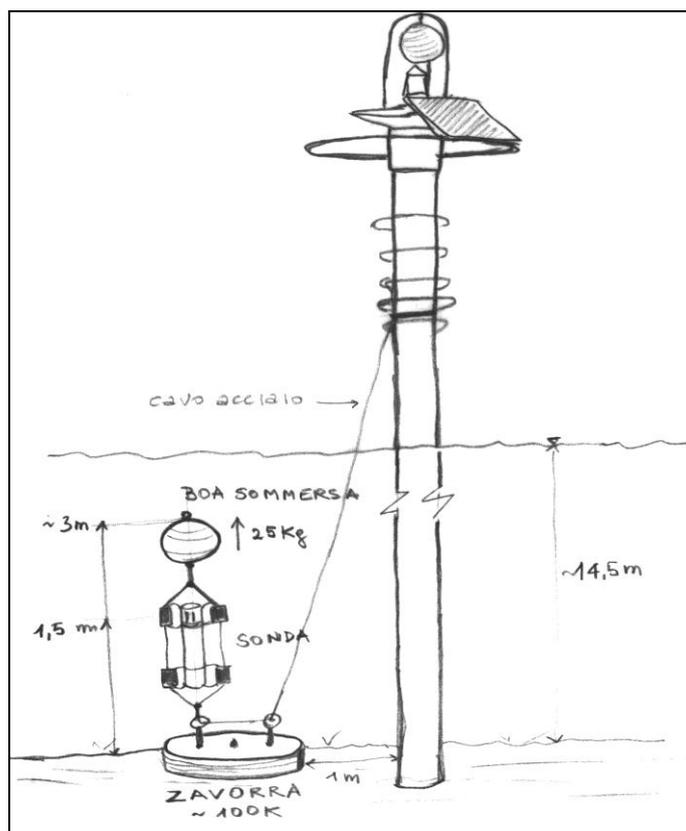


Figura 1.8. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare.

Tutte le operazioni in campo sono state registrate dagli operatori, su apposite schede, in occasione di ciascuna operazione di scarico dei dati (Figura 1.9).

1.4.1 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. Quando il controllo non risulta efficace, come nel caso di perturbazioni prolungate, si rende necessario un intervento manuale per l'eliminazione dei picchi residui.

Per rendere più stabile l'andamento della variabile, comunque soggetta a fluttuazioni naturali di breve periodo, si è ritenuto opportuno applicare un ulteriore filtro alla serie temporale risultante, cioè una media oraria, centrata sul dato istantaneo, applicata all'intera serie.

1.4.2 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. 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 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.

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. In questi casi non vi è alcuna possibilità di intervento e le corrispondenti acquisizioni vengono eliminate completamente dalla serie originaria.

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

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

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

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.

2. ANALISI DEI DATI

Di seguito è riportata la percentuale dei dati validati dopo la procedura di filtrazione delle serie temporali su tutto il periodo del monitoraggio maggio-agosto 2007. Nel conteggio totale sono inclusi anche i periodi in cui i dati mancavano per malfunzionamento degli strumenti.

La stazione MAM è stata allestita il 12 luglio.

Tabella 2.1. Percentuale dei dati validati nel periodo maggio- agosto 2007.

Stazione	Dati validati sul totale del monitoraggio
CHP	99,3
LIM	85,4
LMR	84,7
LMR-2	60,4
LSA	83,7
LTP	81,4
MAM	72,7
MAP	98,9

La percentuale di informazioni utili dopo la procedura di verifica e filtrazione delle serie temporali dai dati spuri è sempre superiore all'80% ad eccezione della stazione LMR-2, la cui nuova strumentazione autopulente ha necessitato di una fase di avviamento, e della stazione MAM di nuova installazione. La maggior copertura si riscontra per la stazione CHP (99.3%). Le alte percentuali generalmente riscontrate sono dovute ai settimanali interventi di pulizia delle sonde (ad eccezione delle stazioni a mare ove, per motivi operativi, la pulizia è quindicinale).

Per facilitare la comprensione del grado di copertura delle registrazioni, nel diagramma di Figura 2.1 viene visualizzata l'estensione temporale delle acquisizioni effettuate dai singoli strumenti.

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

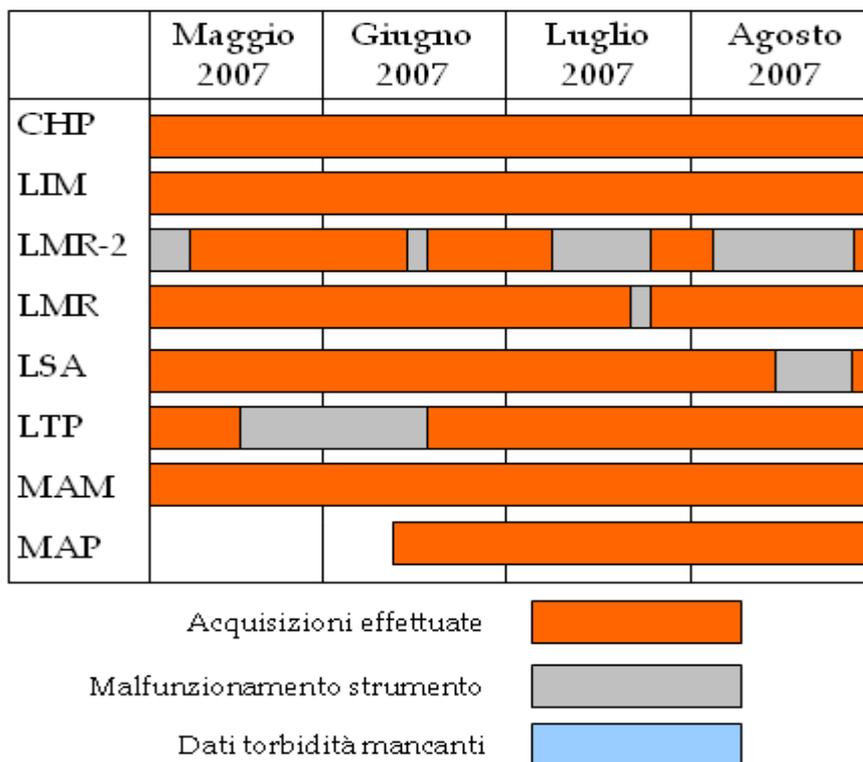


Figura 2.1. Visualizzazione schematica dei periodi di acquisizione degli strumenti impiegati nelle otto stazioni oggetto del monitoraggio.

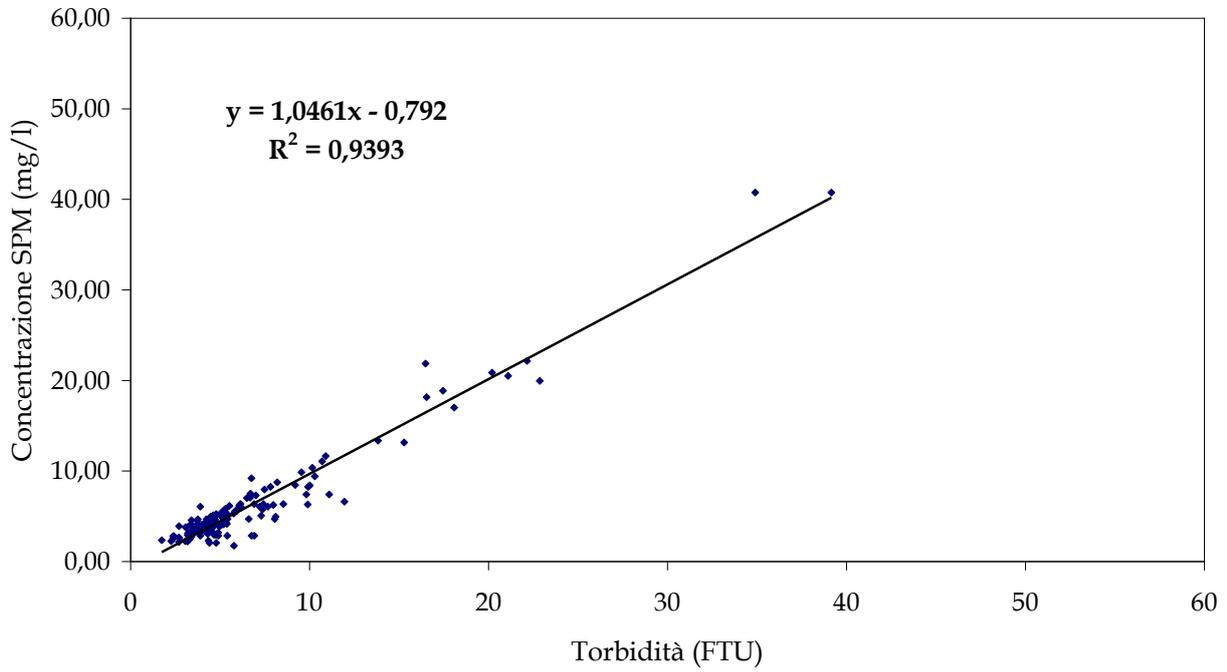
Le relazioni utilizzate per la calibrazione dei dati registrati in ciascuna delle stazioni sono riportate nella Tabella 2.2 e visualizzate nelle Figure 2.2a-h. Si osserva come, in quasi tutti i casi, la pendenza della retta di regressione sia piuttosto vicina all'unità. Ciascuna di queste relazioni è 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.

Tabella 2.2. Coefficienti retta di calibrazione.

Stazione	Coefficiente retta di calibrazione
CHP	$y = 1,0461x - 0,792$ $R^2 = 0,9393$
LIM	$y = 0,9411x - 1,1539$ $R^2 = 0,8147$
LMR	$y = 1,0152x + 0,727$ $R^2 = 0,9292$
LMR-2	$y = 0,8899x + 0,2095$ $R^2 = 0,8812$
LSA	$y = 0,9001x + 0,6354$ $R^2 = 0,9173$
LTP	$y = 1,0848x - 1,3164$ $R^2 = 0,9489$
MAM	$y = 1,1257x - 1,1083$ $R^2 = 0,939$
MAP	$y = 0,9304x - 0,3696$ $R^2 = 0,9197$

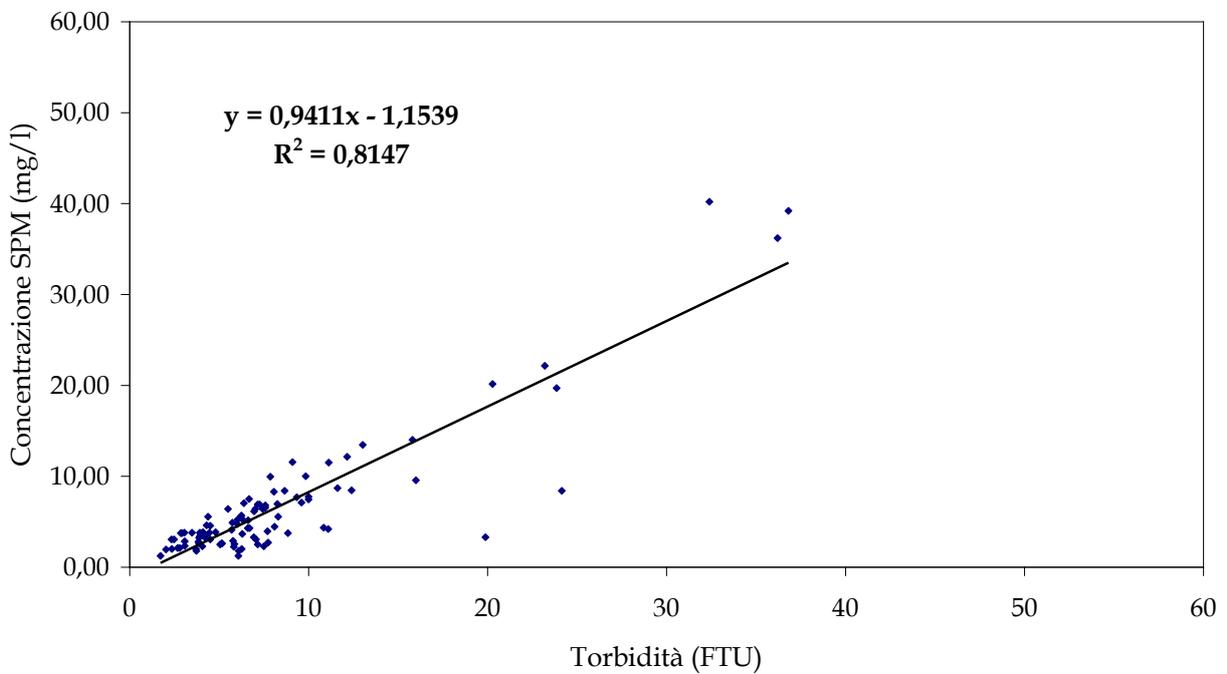
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Stazione CHP



(a)

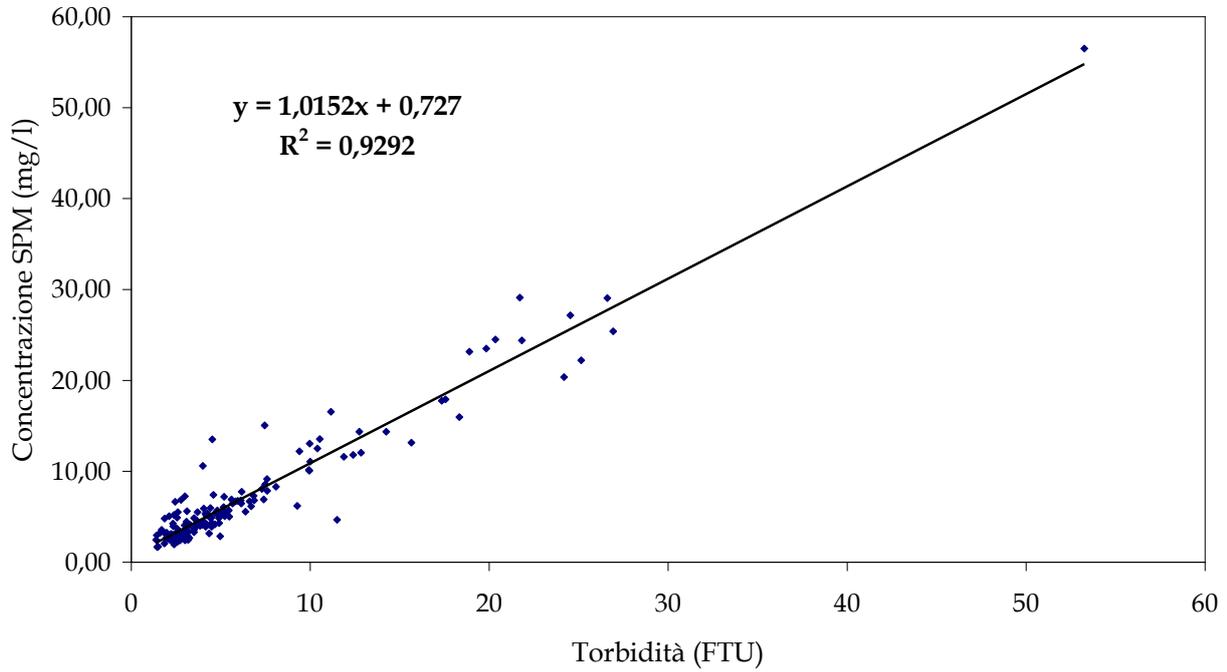
Stazione LIM



(b)

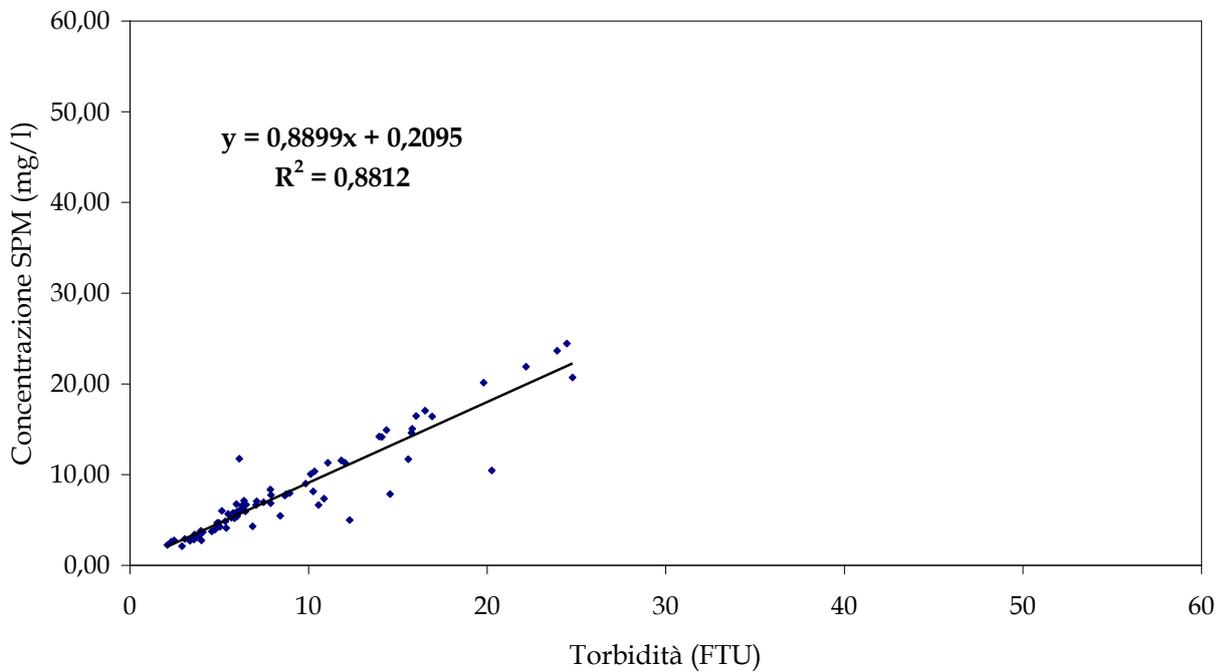
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Stazione LMR



(c)

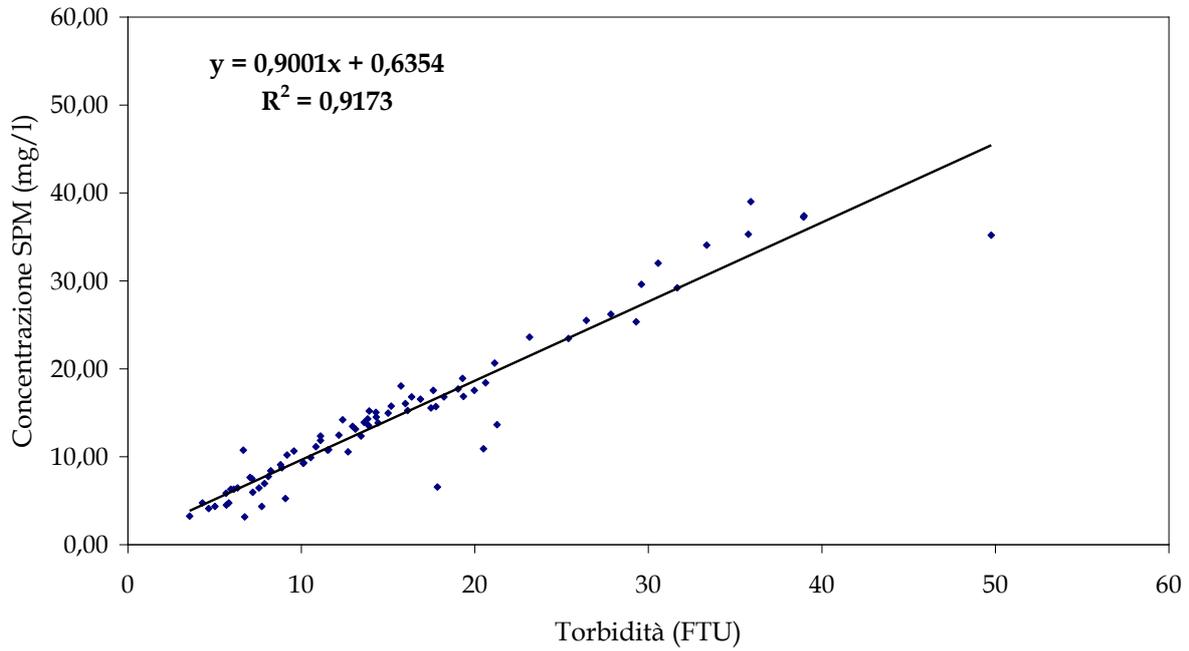
Stazione LMR-2



(d)

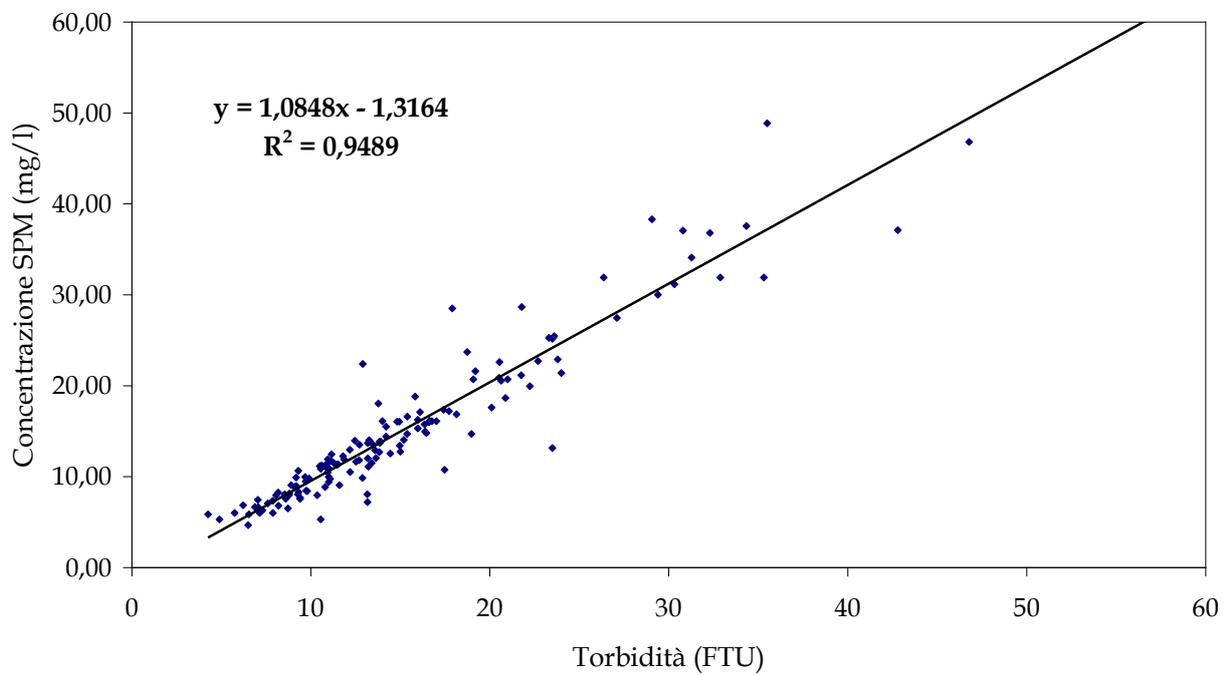
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Stazione LSA



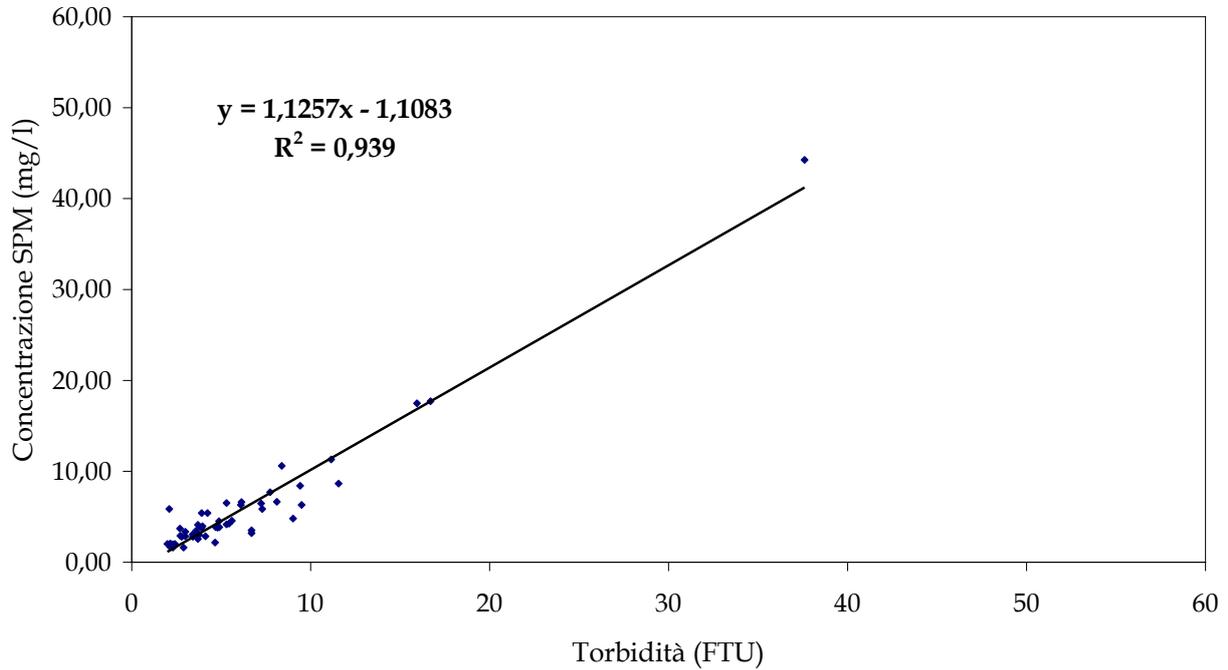
(e)

Stazione LTP



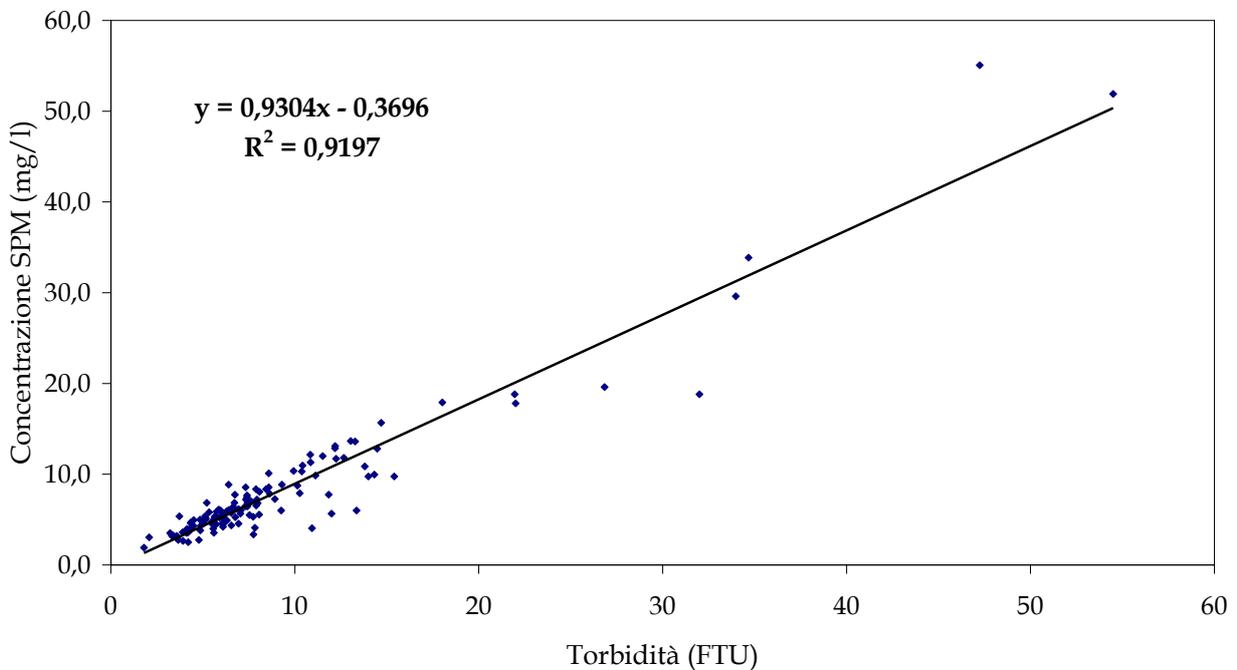
(f)

Stazione MAM



(g)

Stazione MAP



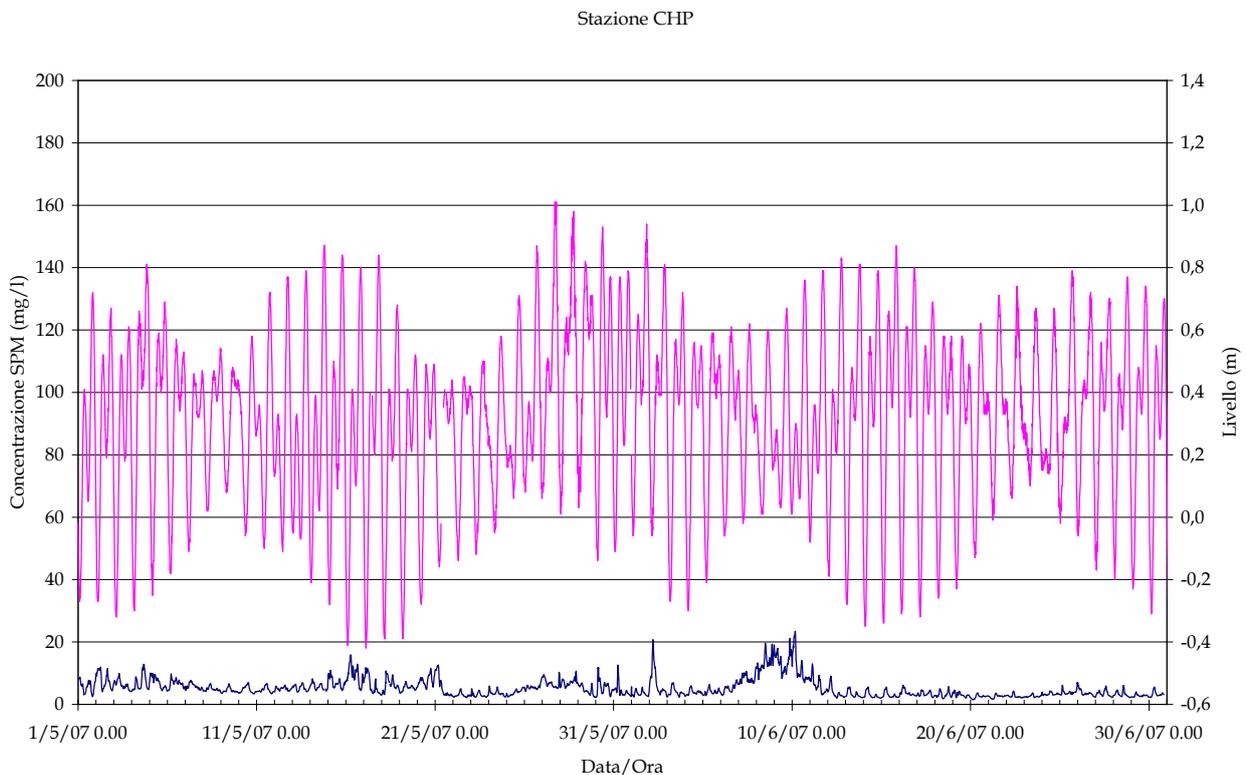
(h)

Figura 2.2. 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. Le rette sono state elaborate includendo tutti i valori disponibili, fino a novembre 2007

2.1 Serie temporali della torbidità/SPM

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

L'intera serie temporale del periodo di osservazione per ciascuna delle stazioni, su scala bimensile, è rappresentata nelle Figure 2.3-2.10 (in alto), insieme all'andamento del livello di marea. L'evoluzione della concentrazione in funzione dell'intensità del vento è, invece, rappresentata nelle Figure 2.3-2.10 (in basso). I risultati dell'elaborazione statistica delle informazioni disponibili per le otto stazioni sono riportati nella Tabella 2.3.



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

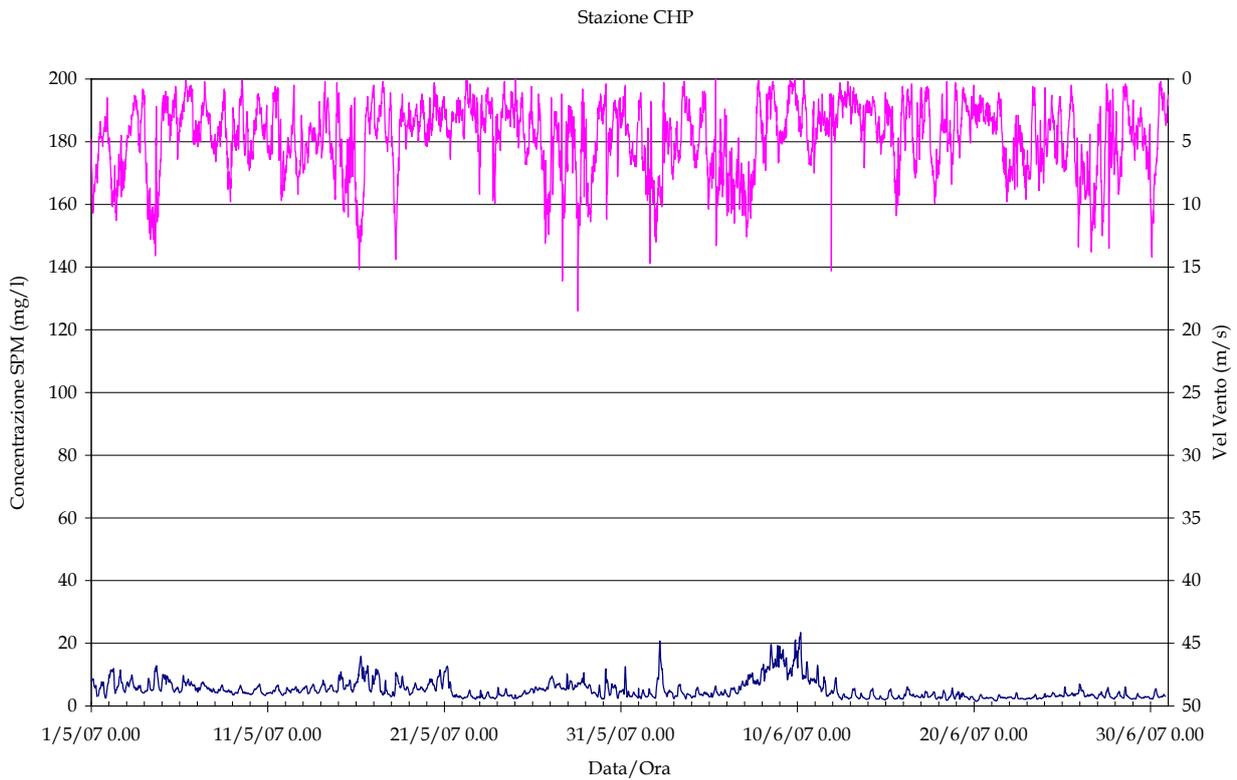
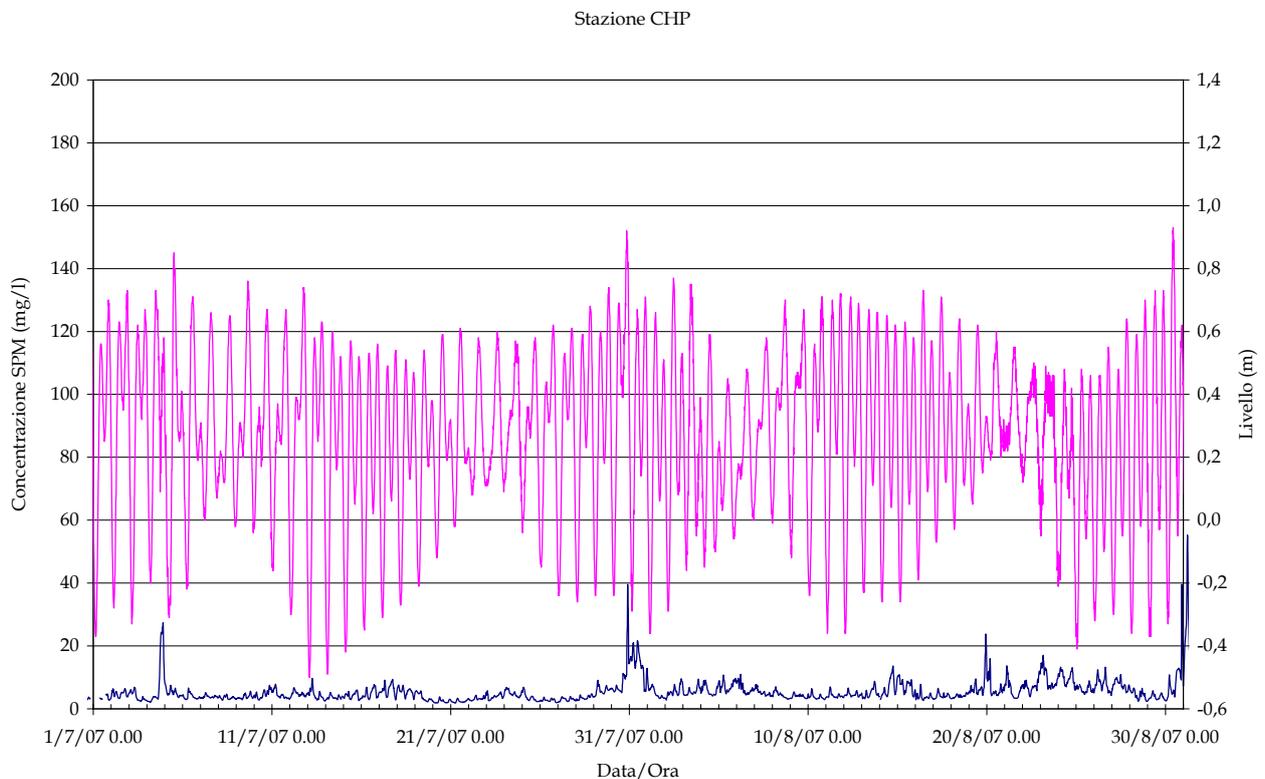


Figura 2.3 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione CHP nel periodo Maggio-Giugno 2007.



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

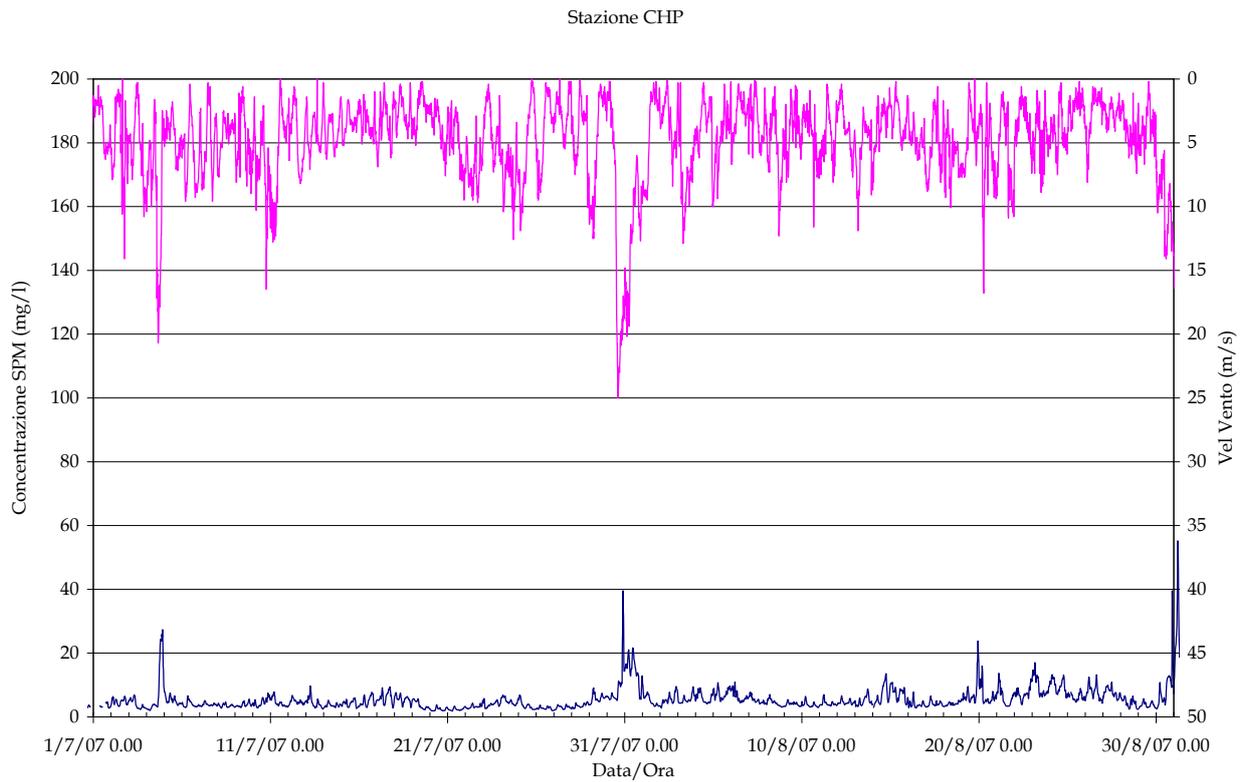
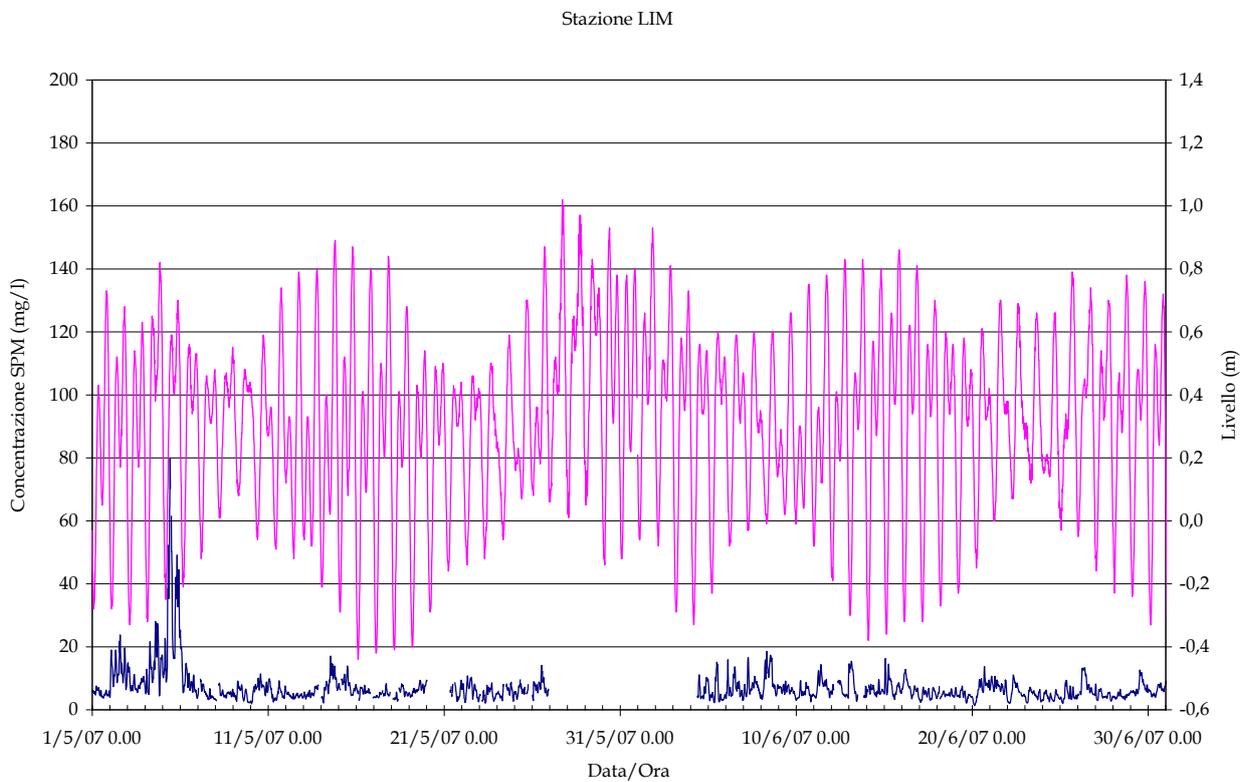


Figura 2.3 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione CHP nel periodo Luglio-Agosto 2007.



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

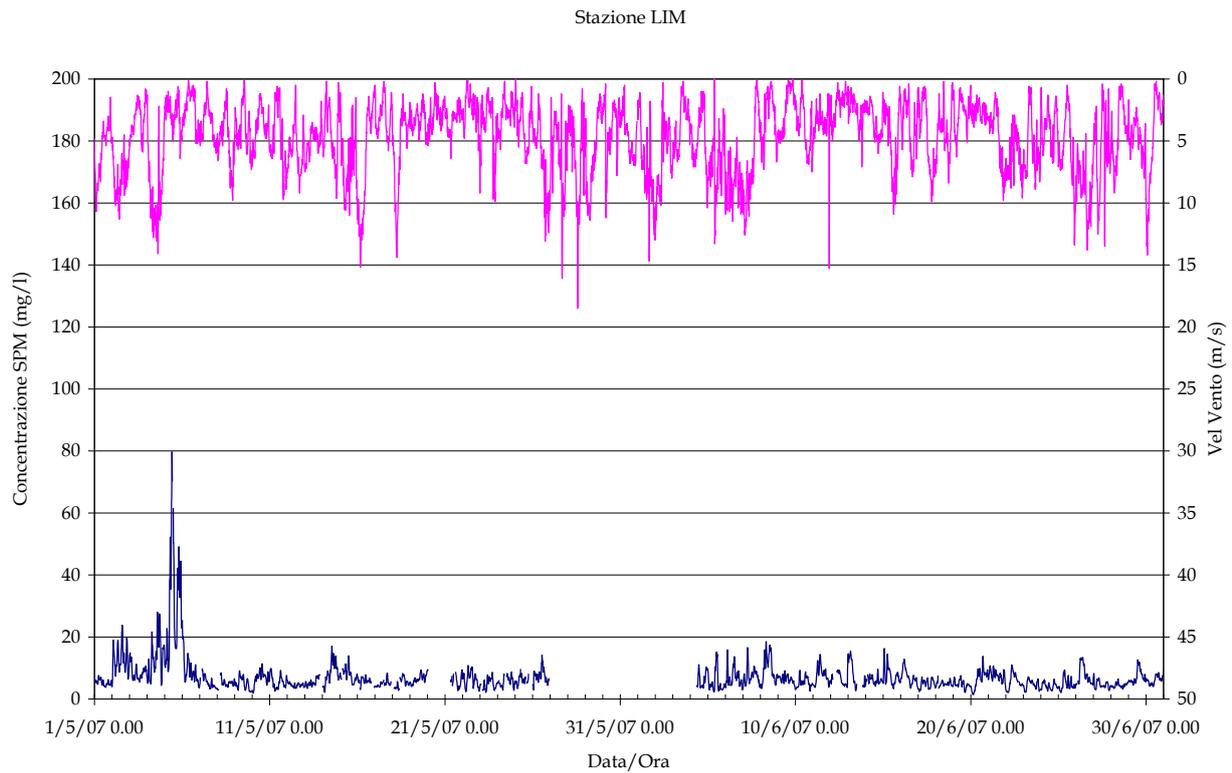
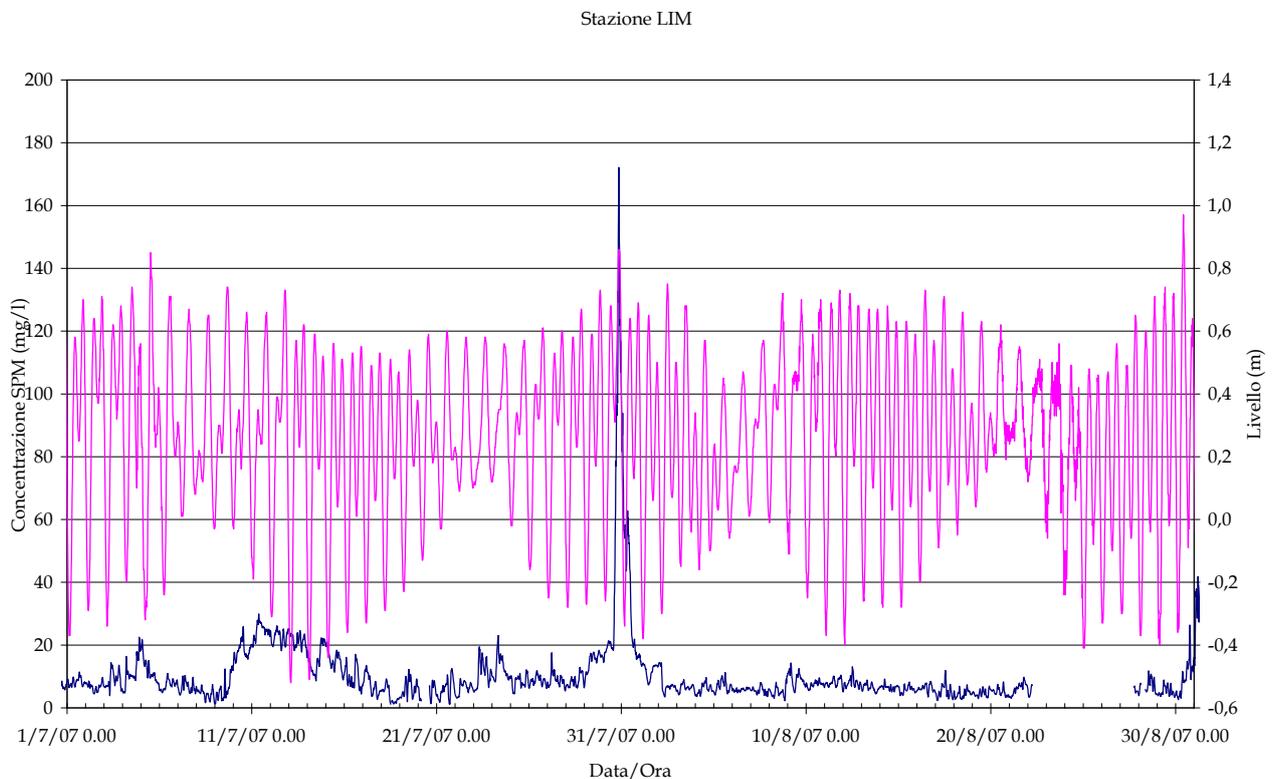


Figura 2.4 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LIM nel periodo Maggio-Giugno 2007.



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

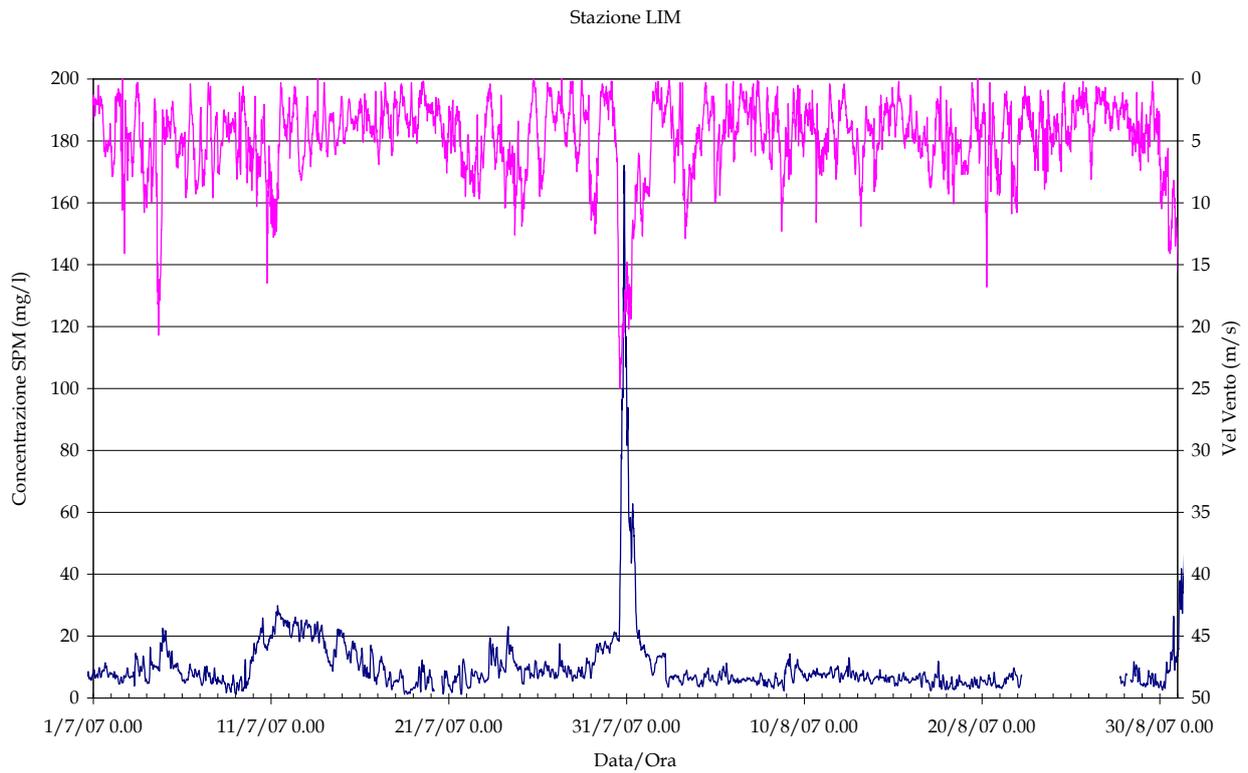
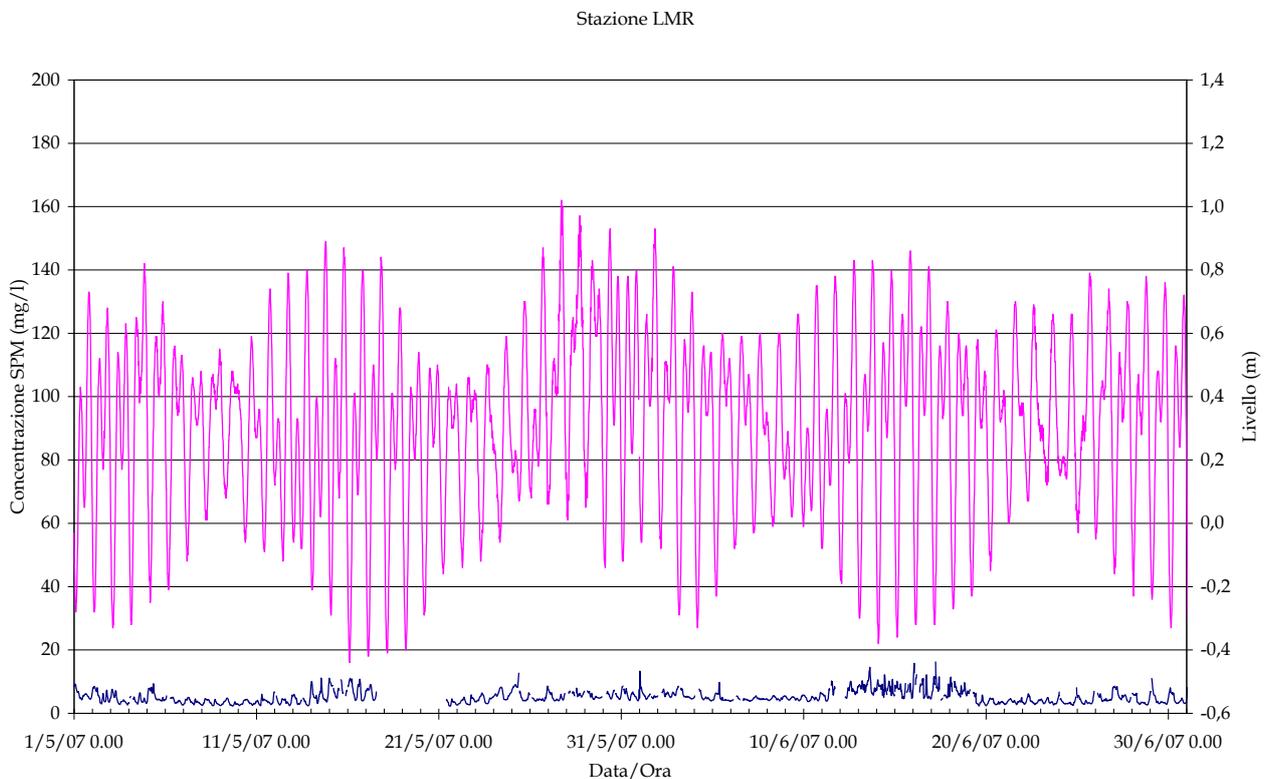


Figura 2.4 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LIM nel periodo Luglio-Agosto 2007.



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

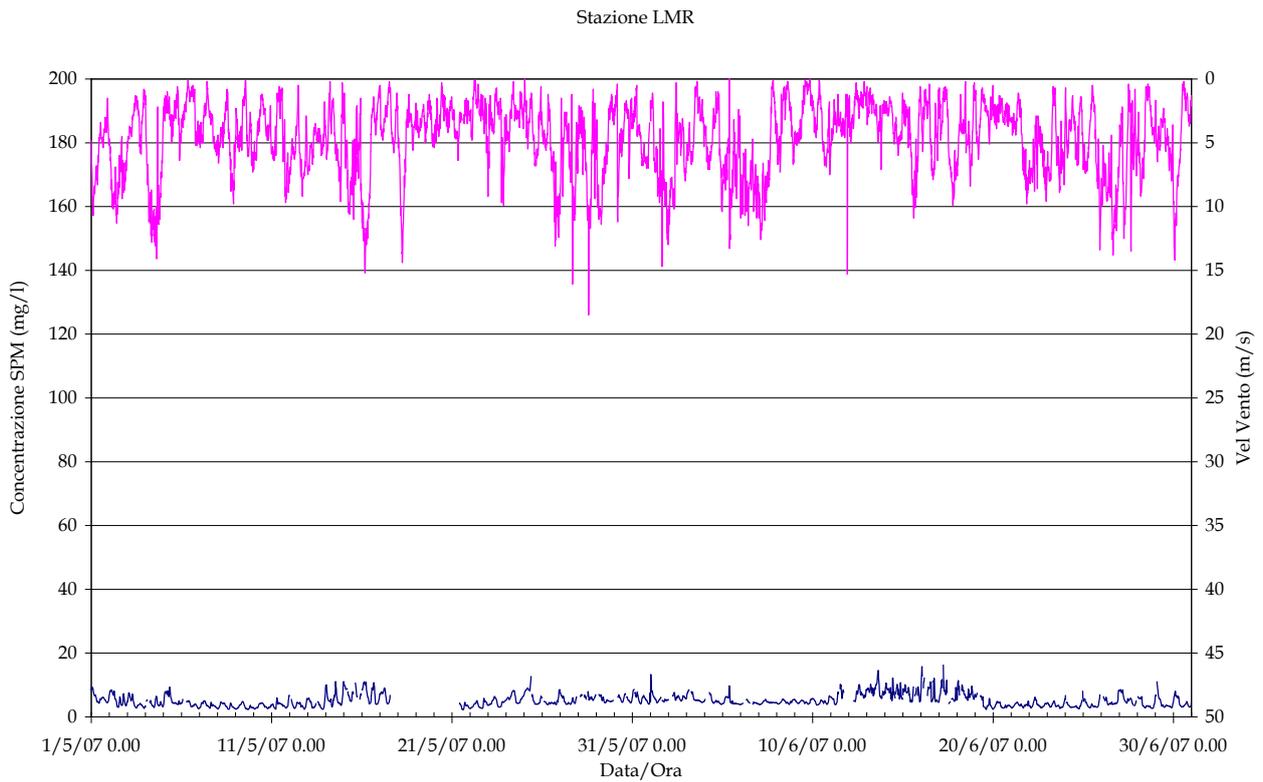
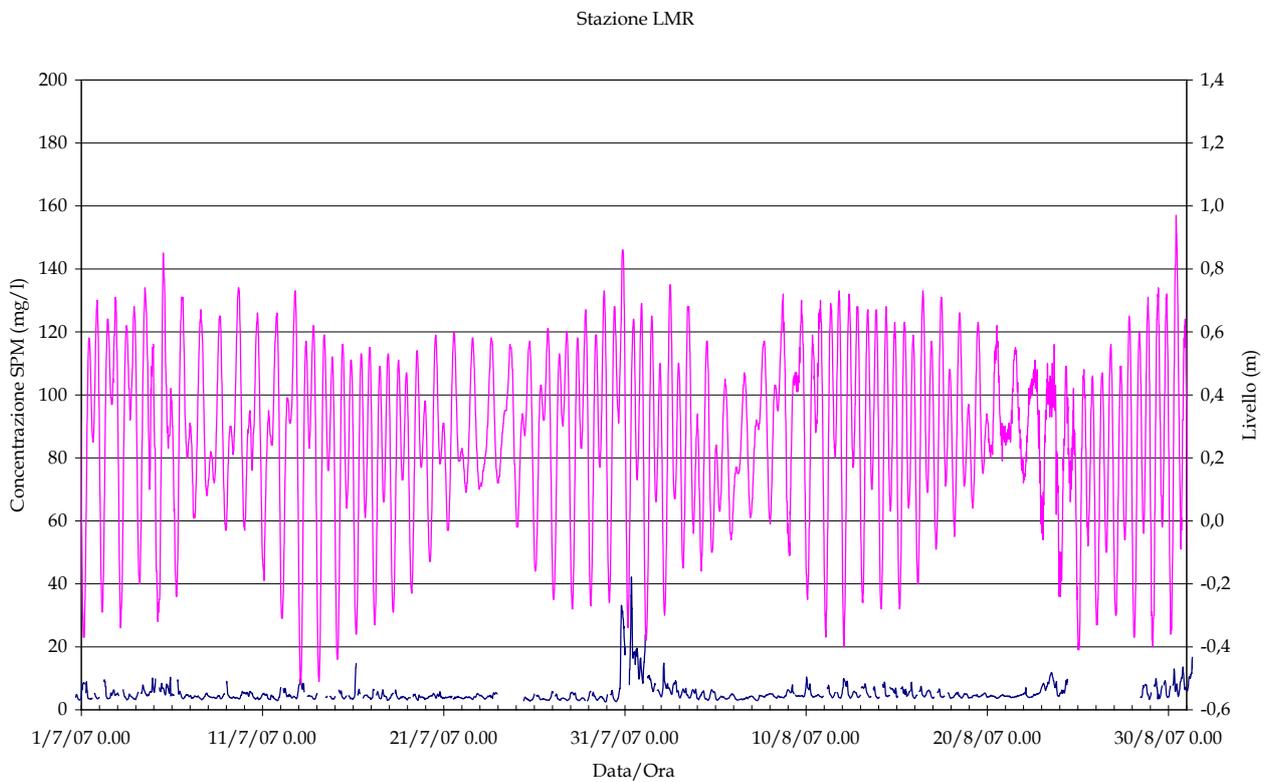


Figura 2.5 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LMR nel periodo Maggio-Giugno 2007.



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

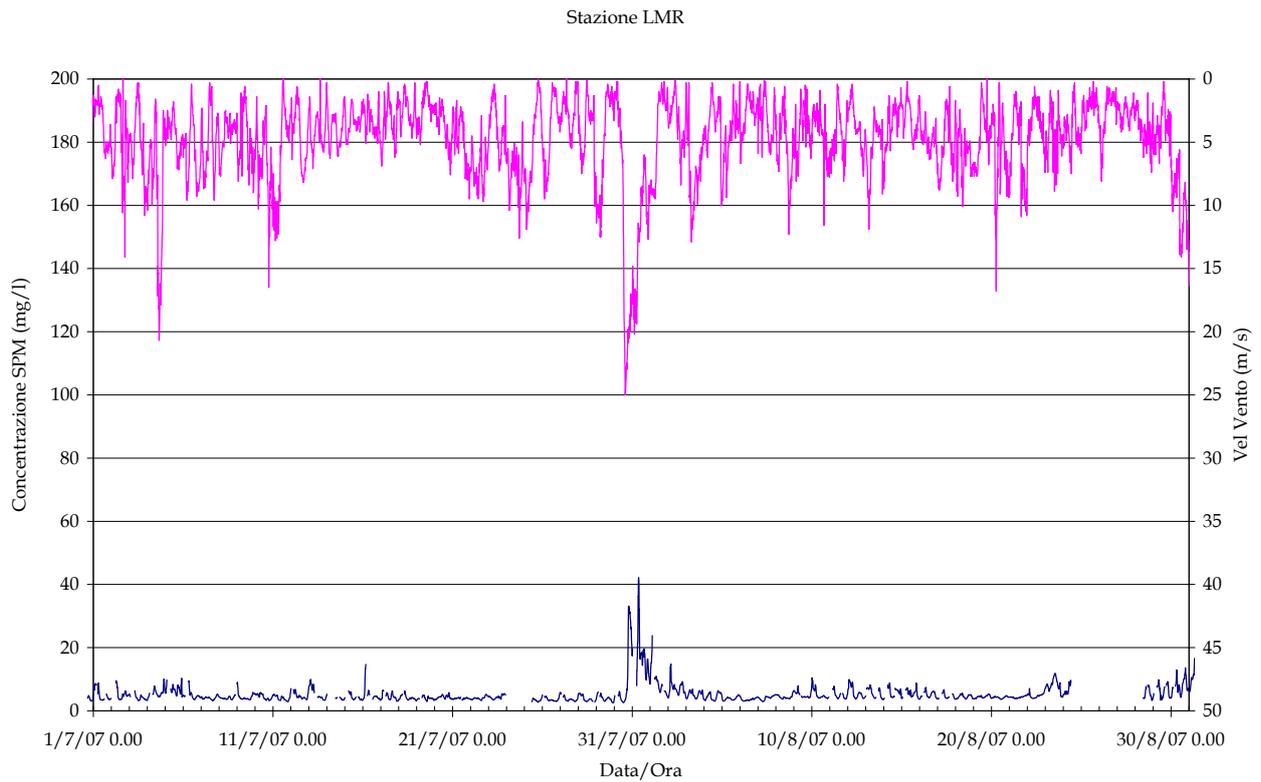
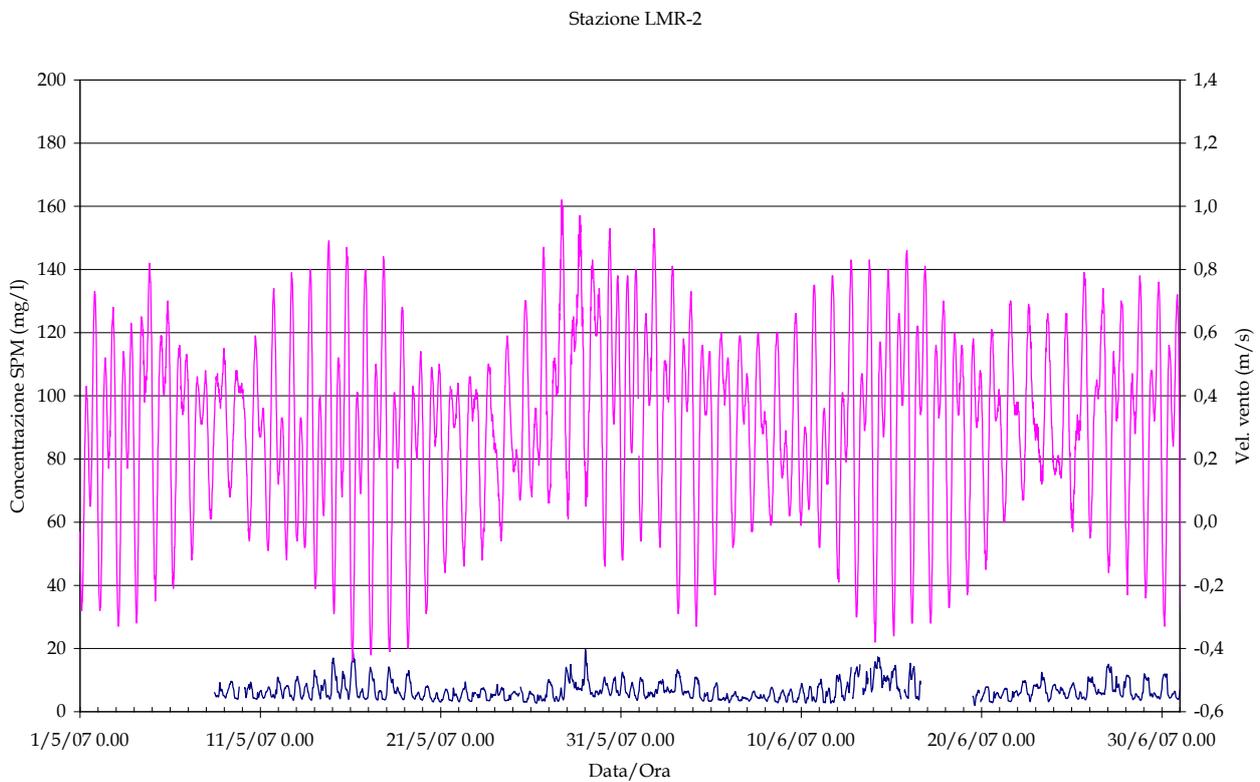


Figura 2.5 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LMR nel periodo Luglio-Agosto 2007.



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

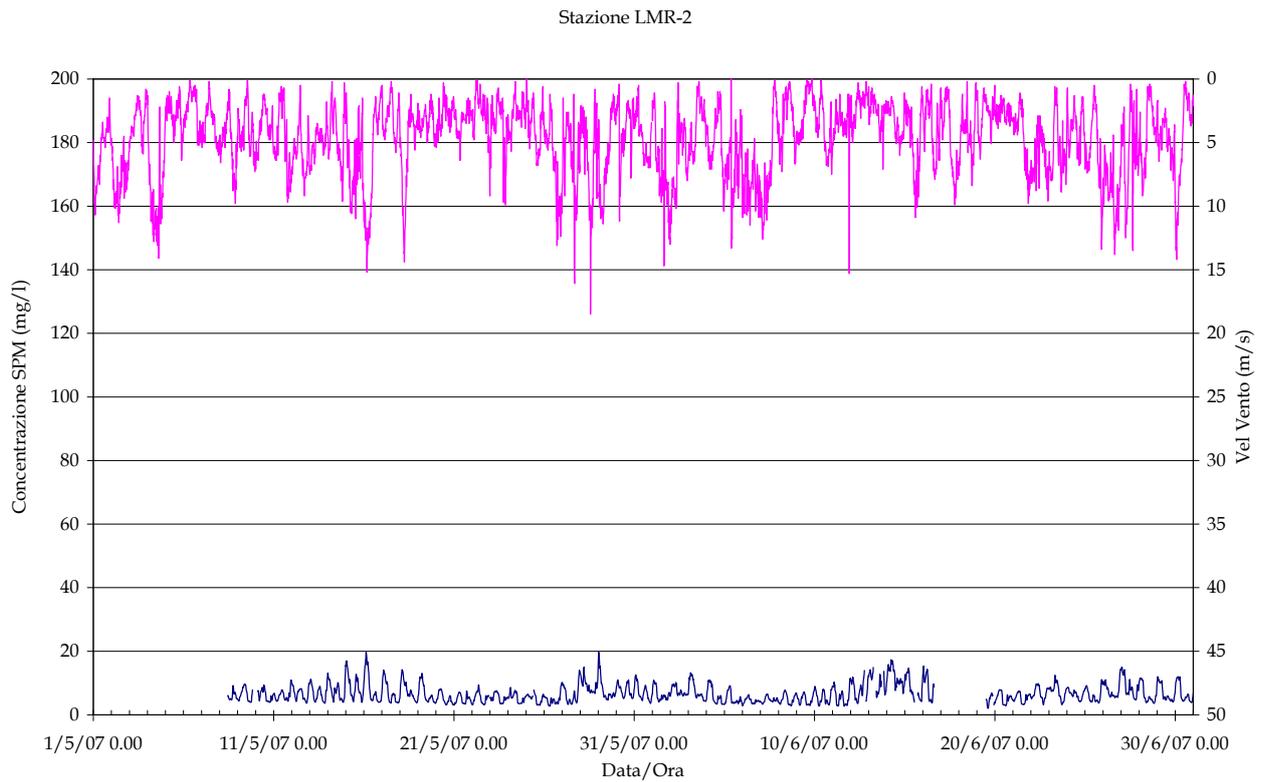
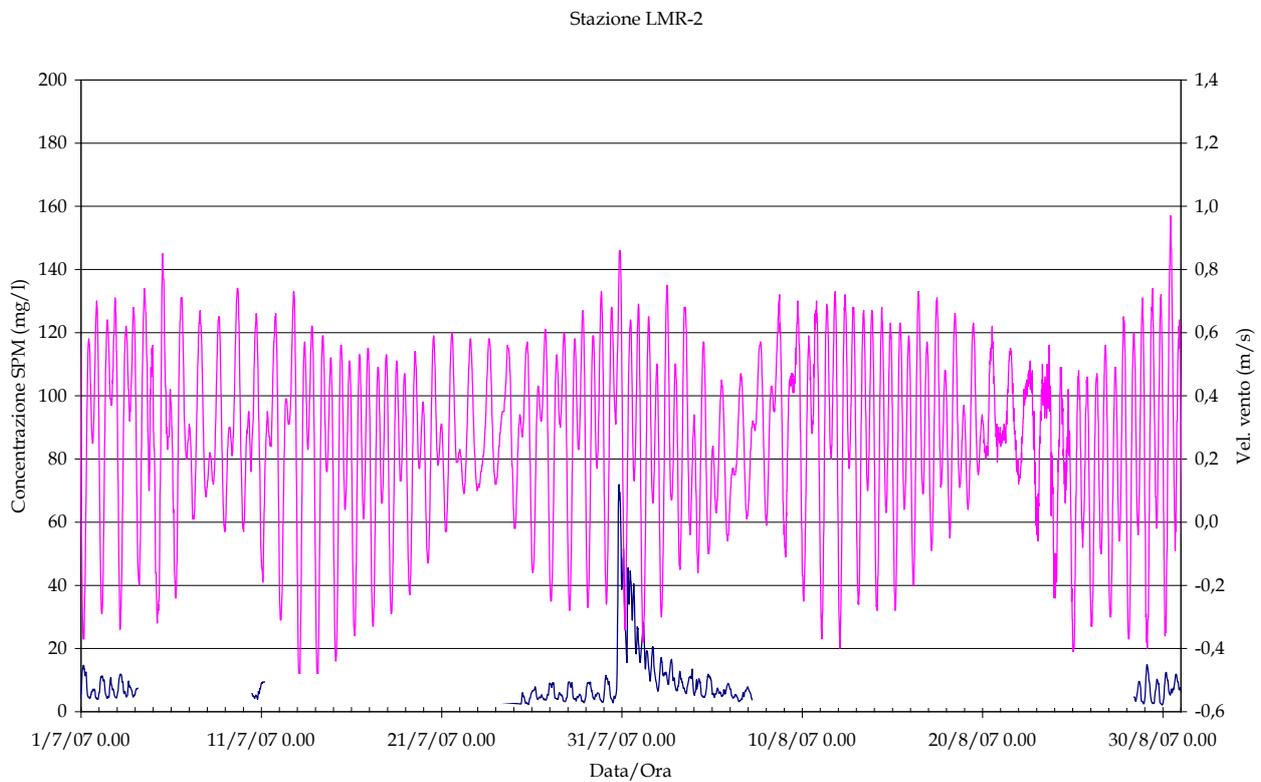


Figura 2.6 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LMR-2 nel periodo Maggio-Giugno 2007.



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

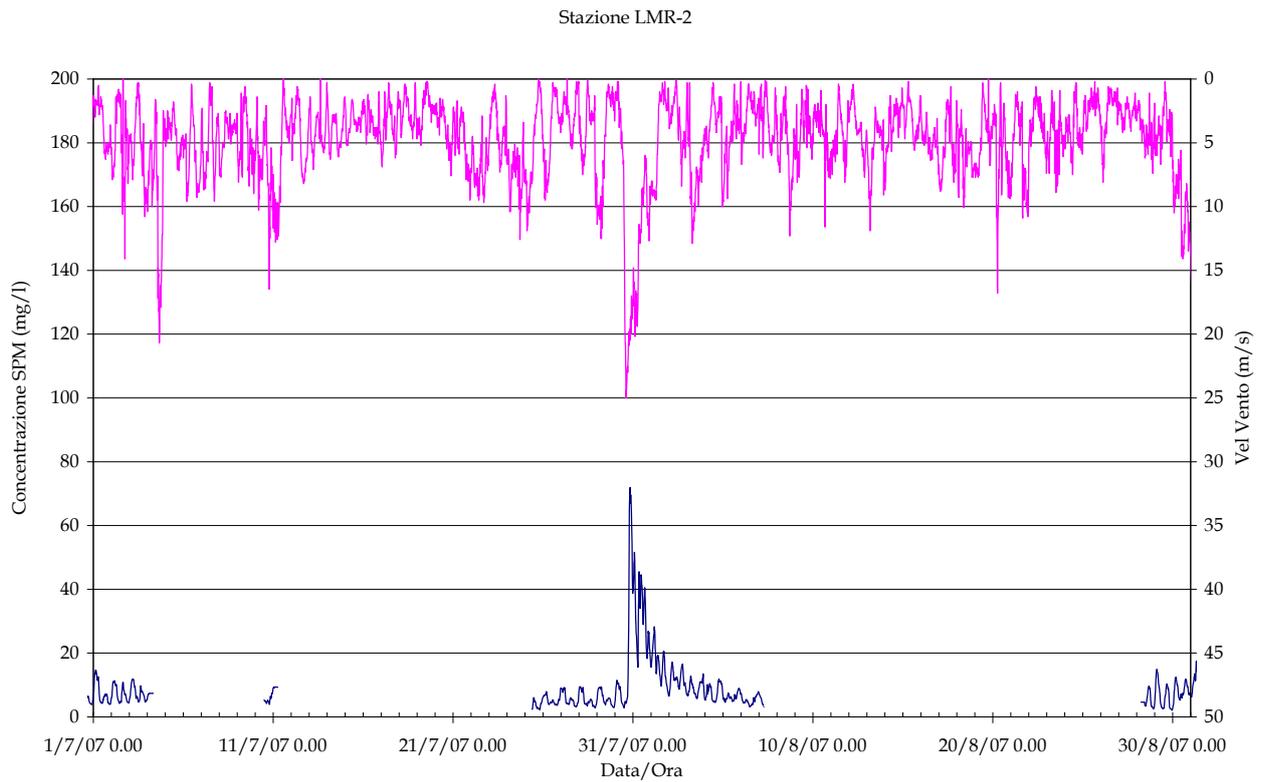
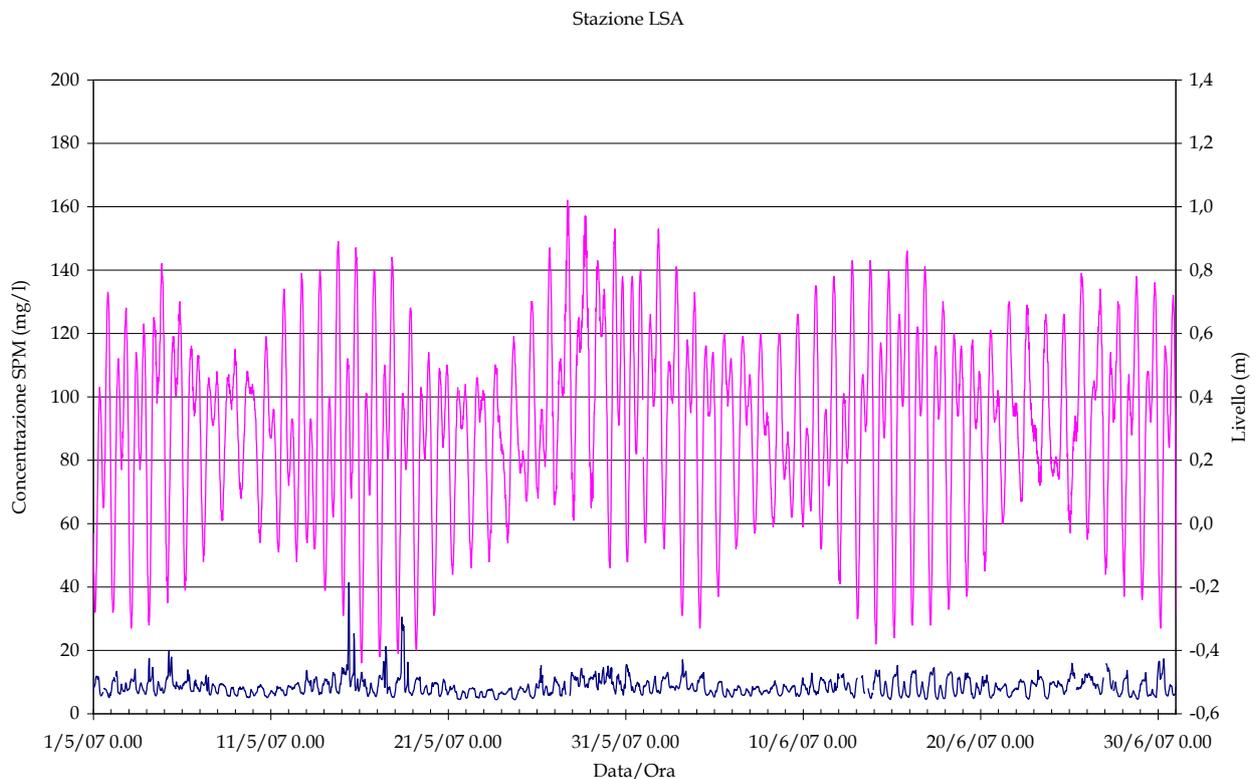


Figura 2.6 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LMR-2 nel periodo Luglio-Agosto 2007.



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

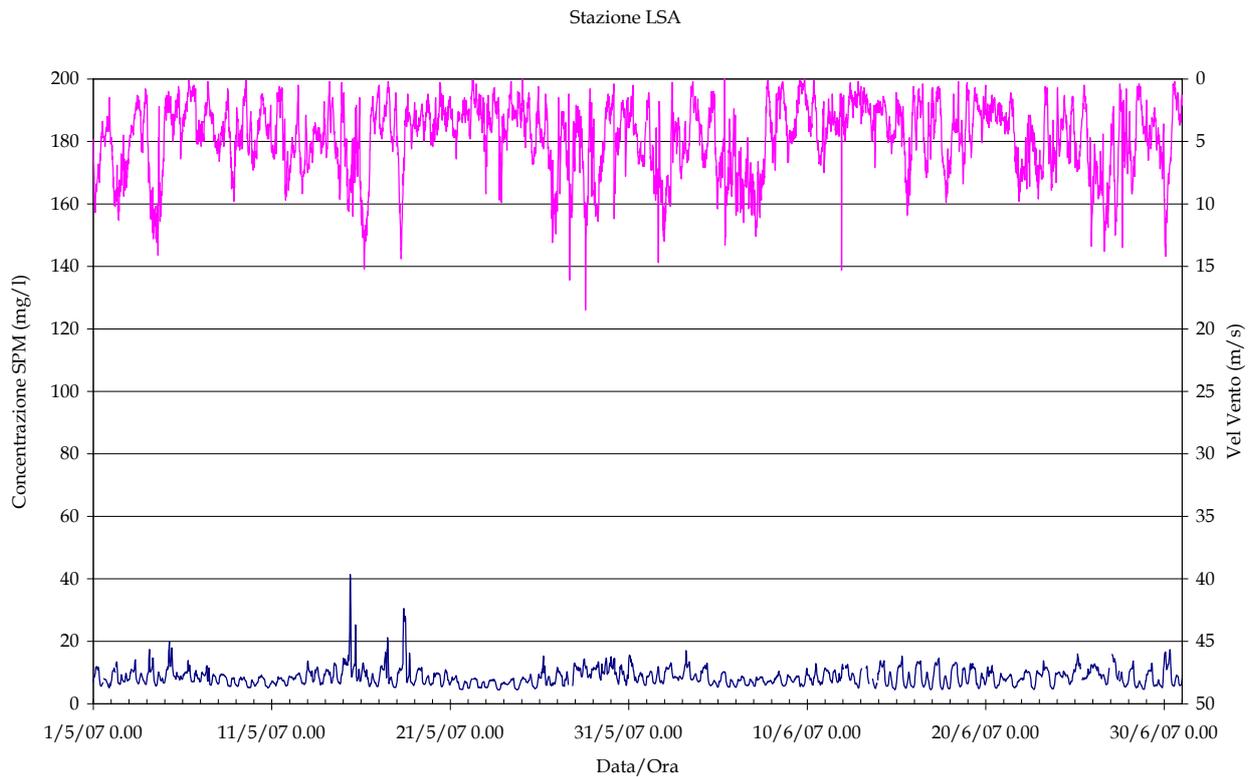
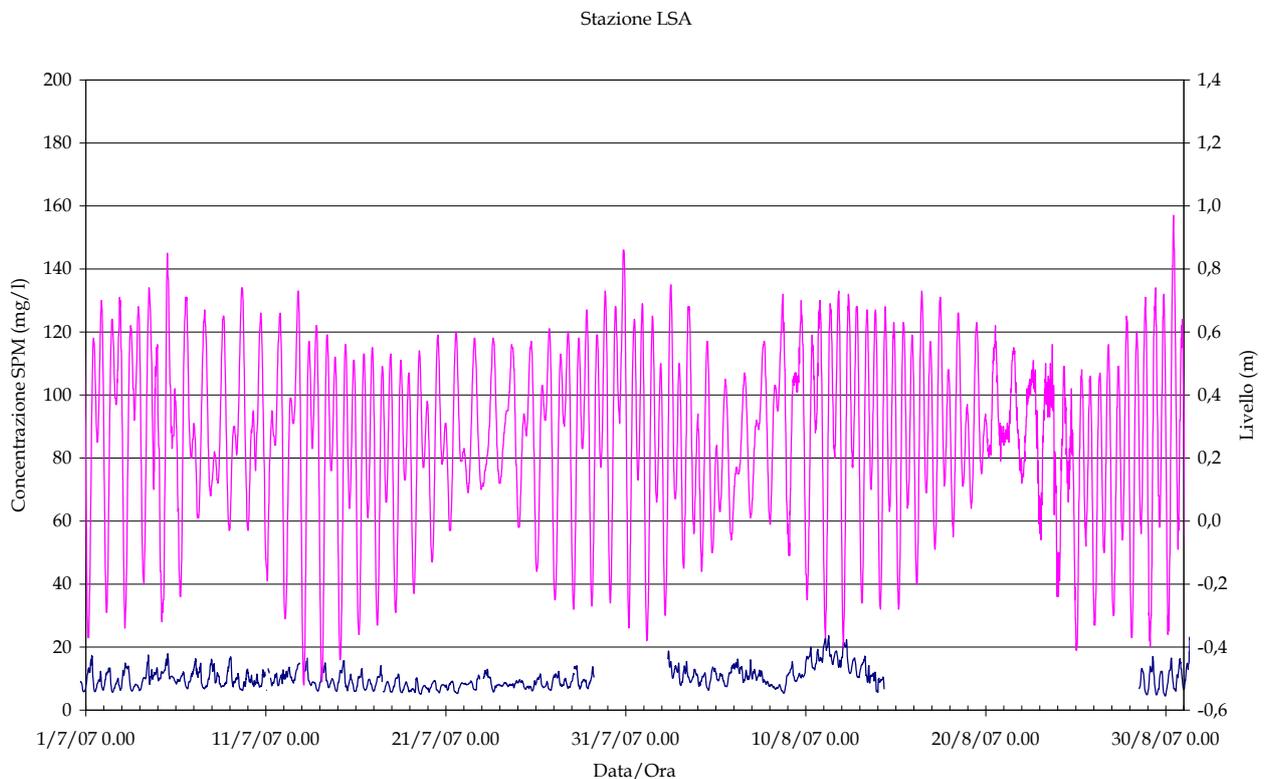


Figura 2.7 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LSA nel periodo Maggio-Giugno 2007



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

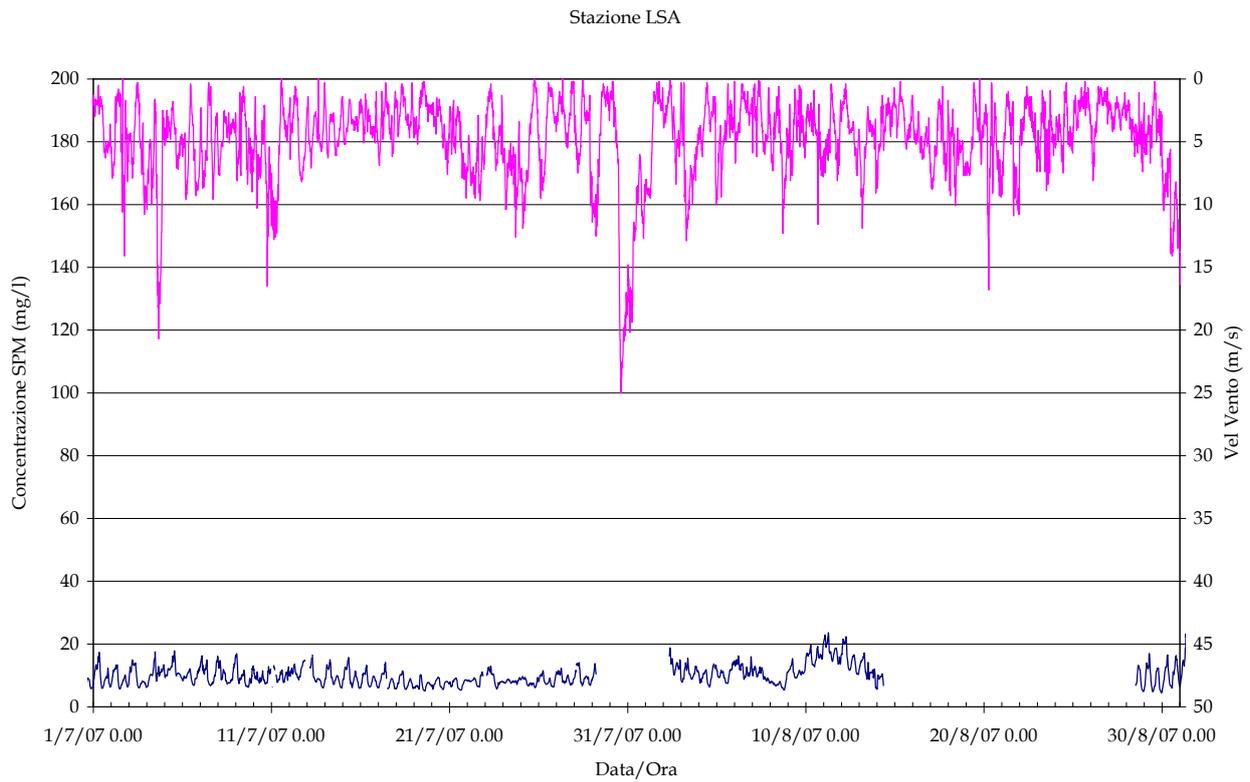
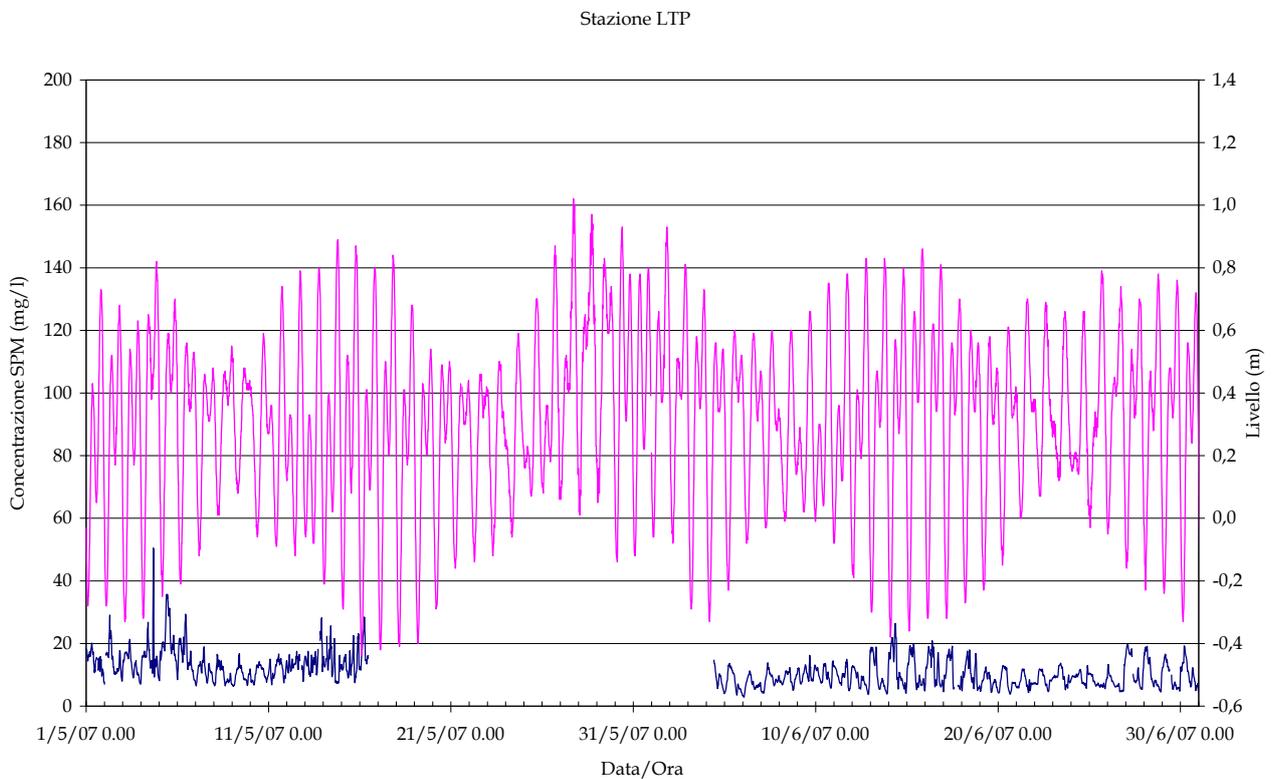


Figura 2.7 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LSA nel periodo Luglio-Agosto 2007.



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

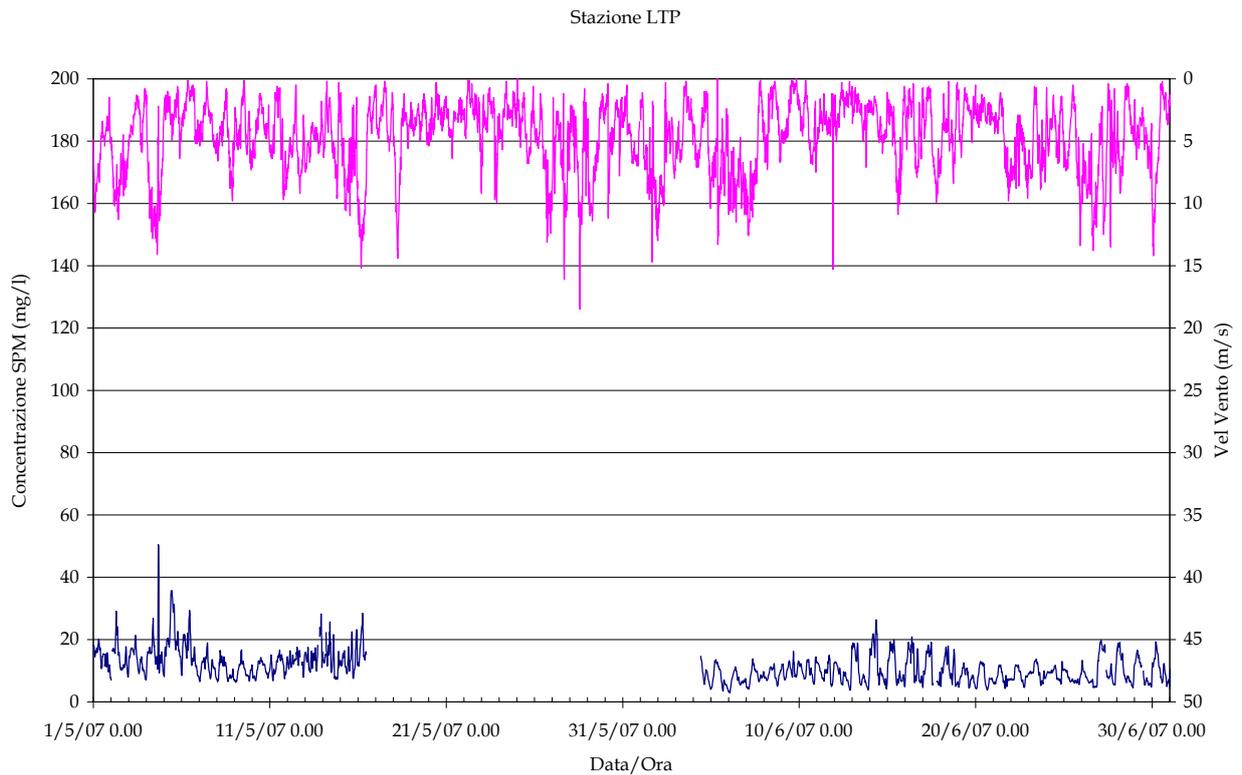
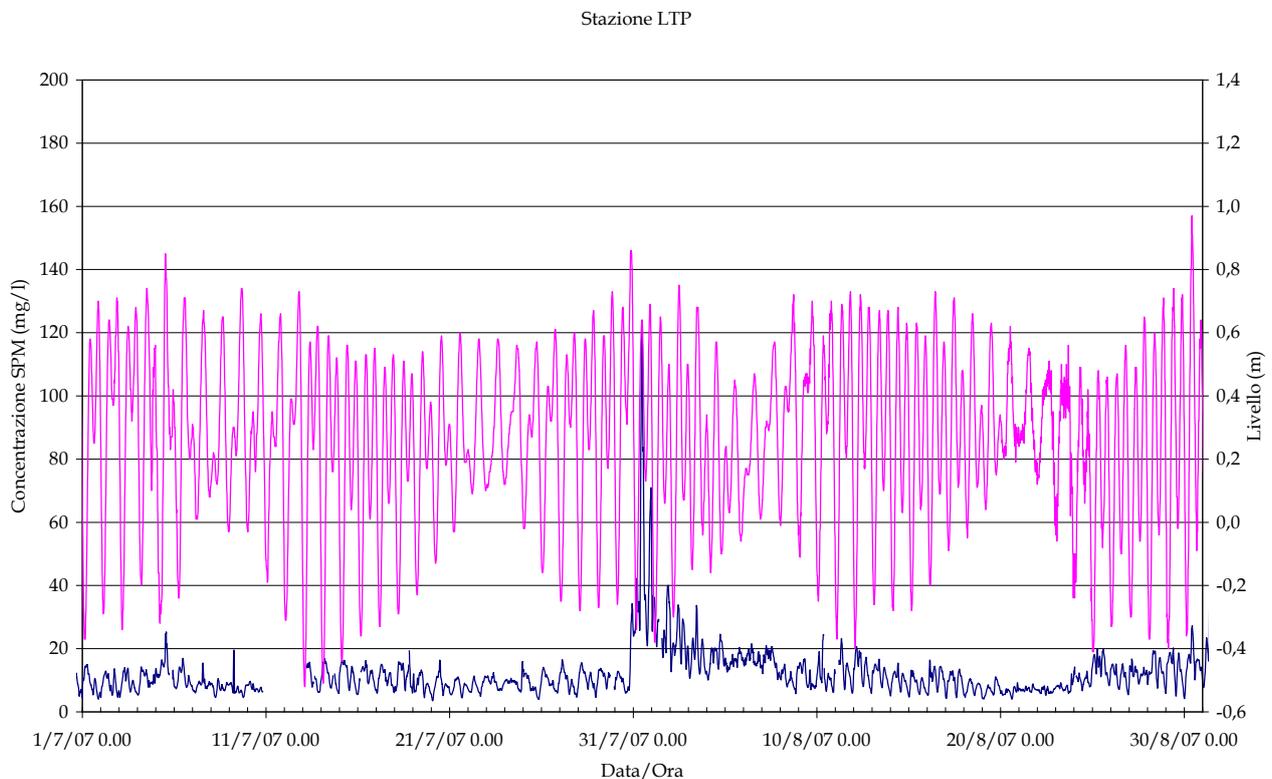


Figura 2.8 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LTP nel periodo Maggio-Giugno 2007.



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

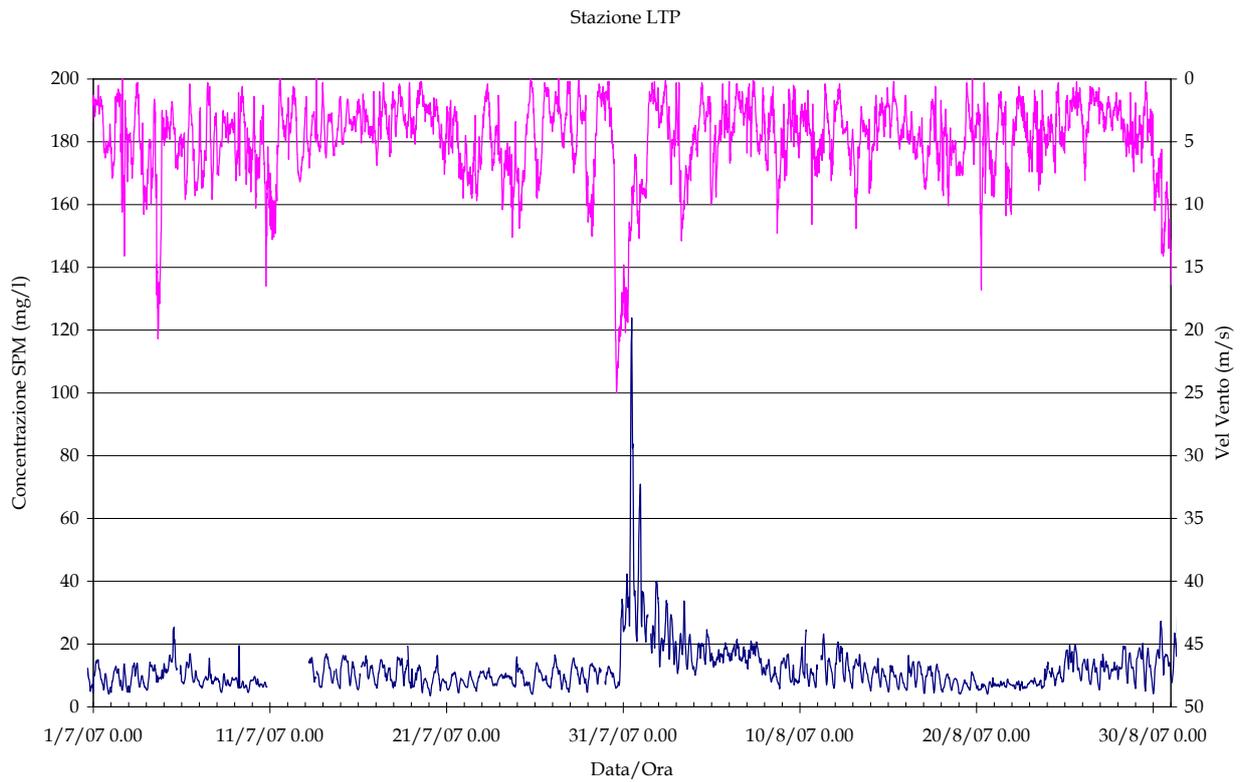
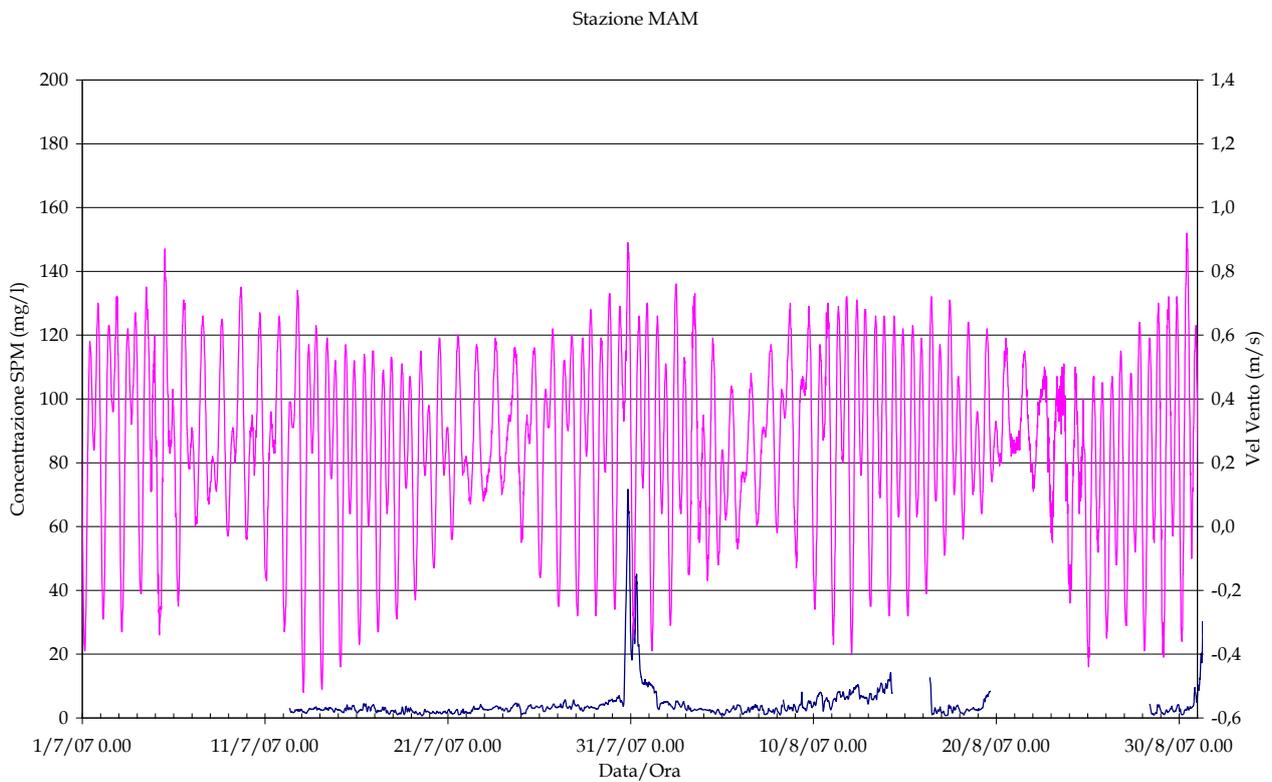


Figura 2.8 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LTP nel periodo Luglio-Agosto 2007.



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

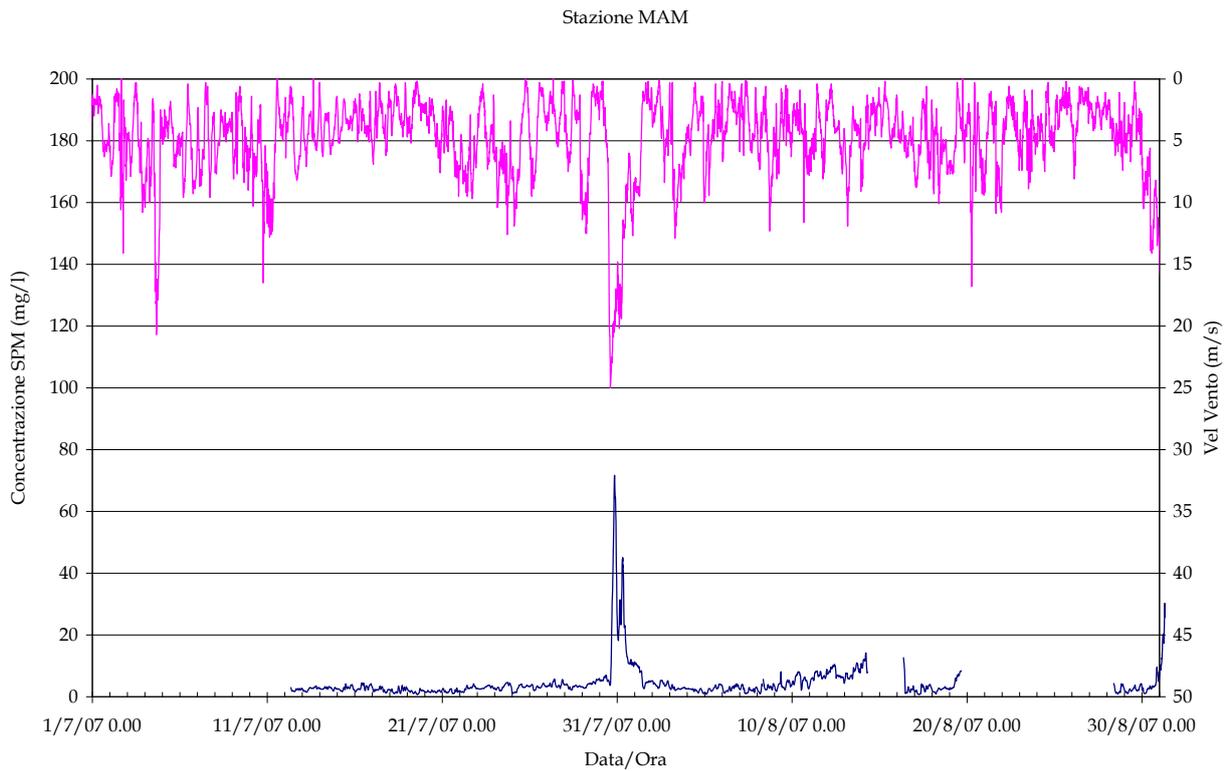
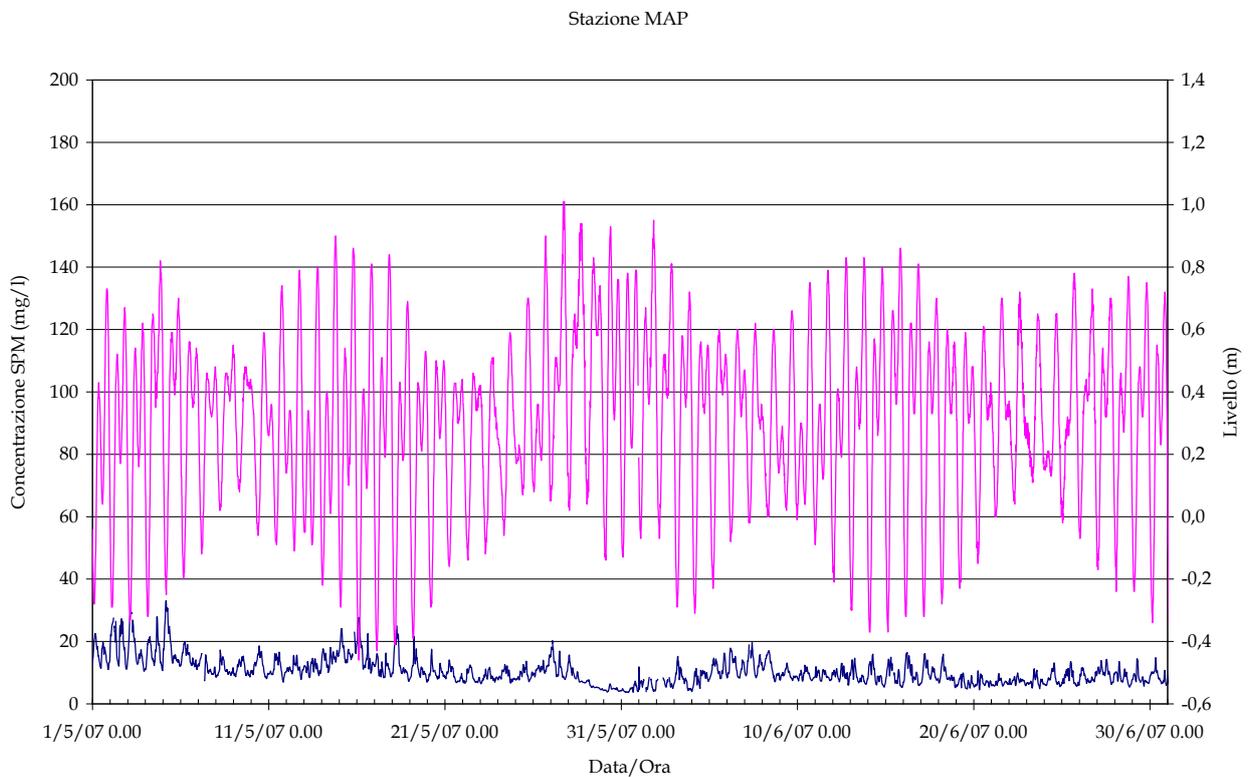


Figura 2.9 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione MAM nel periodo Luglio-Agosto 2007.



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

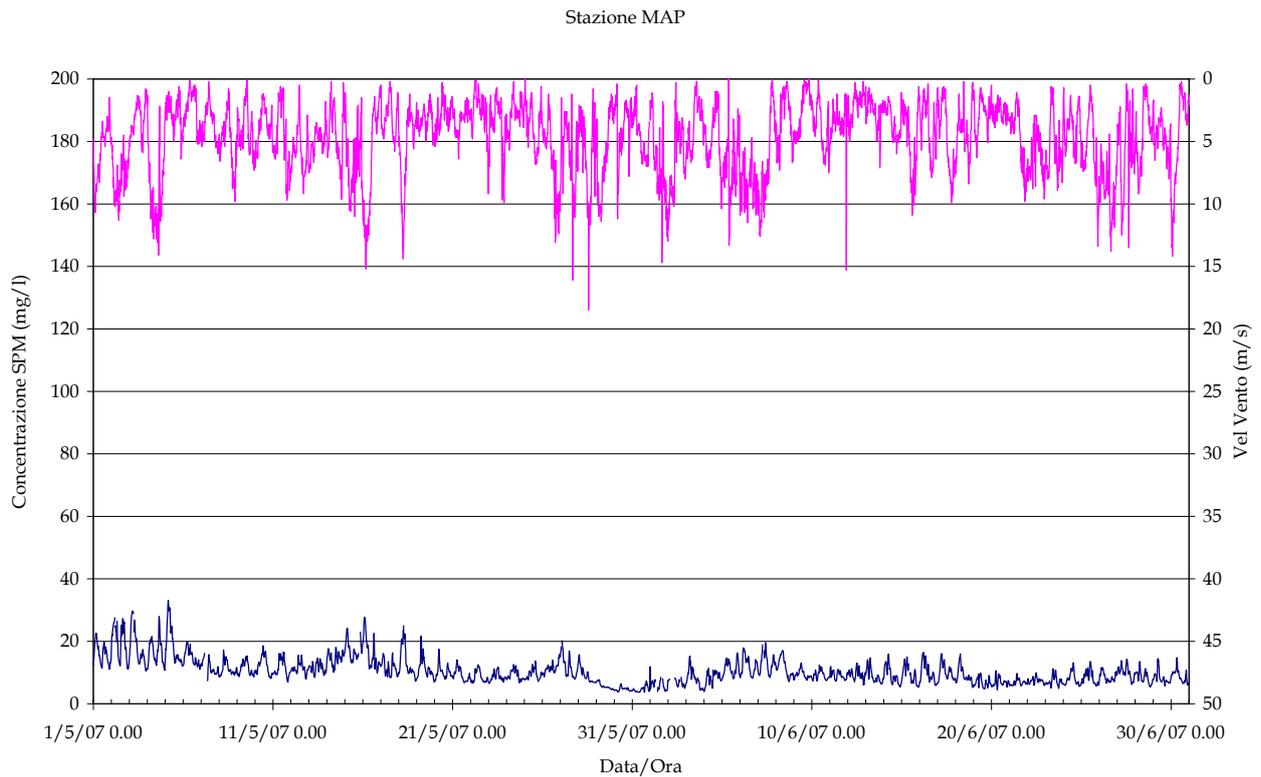
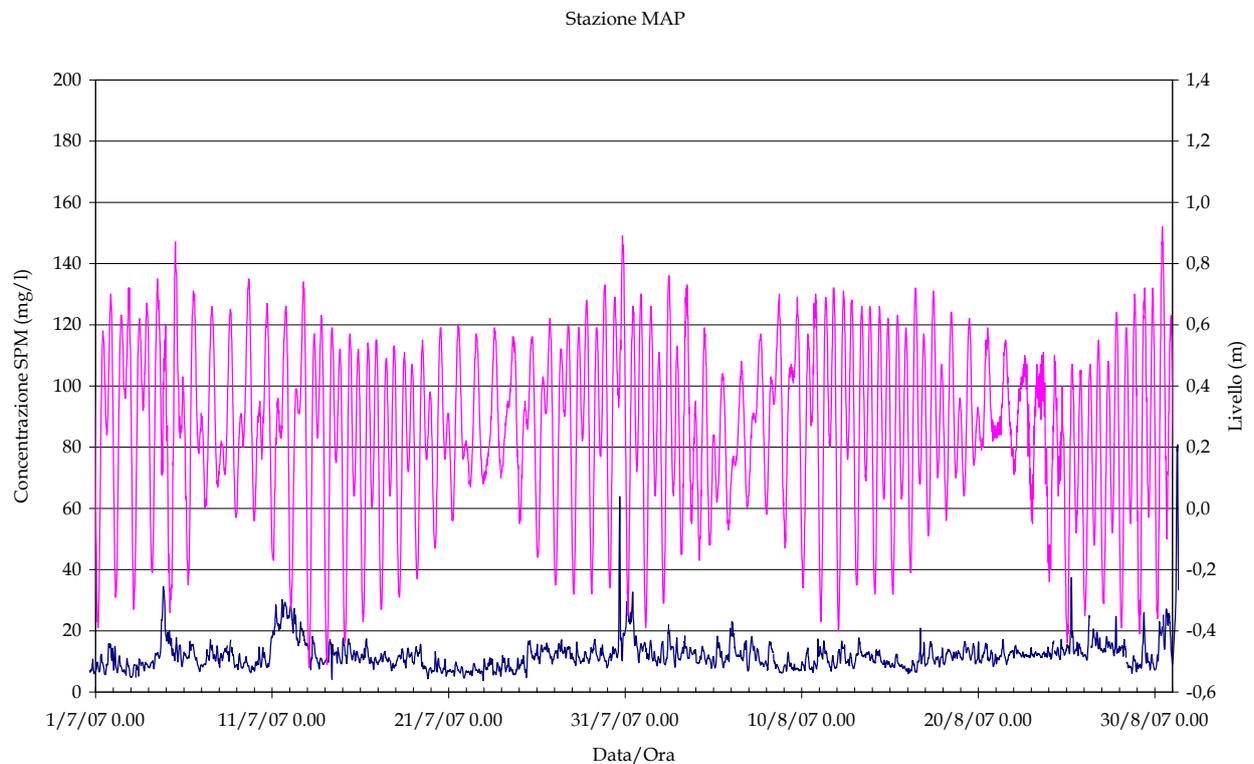


Figura 2.10 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione MAP nel periodo Maggio-Giugno 2007.



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

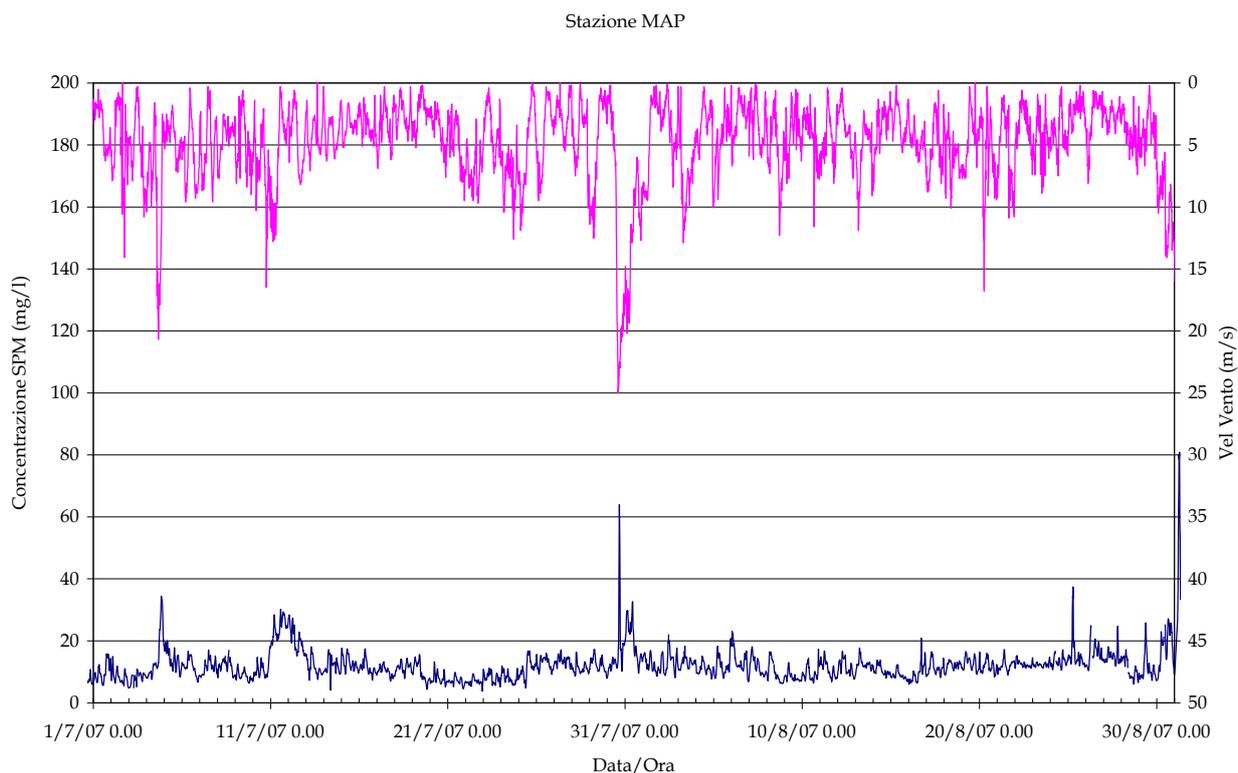


Figura 2.10 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione MAP nel periodo Luglio-Agosto 2007.

Tabella 2.3. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nelle stazioni di misura della torbidità. N_{tot} è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione. Le concentrazioni sono in mg/l.

	CHP	LIM	LMR	LMR-2	LSA	LTP	MAM	MAP
Ntot	11727	10076	10002	7128	9877	9610	3829	11679
Media	5,4	8,8	5,2	7,3	8,9	11,7	4,6	11,3
Dev. St.	3,5	9,2	2,5	5,3	3,5	7,2	6,0	5,1
Max	55,2	172,1	42,1	71,8	45,4	123,9	71,7	80,8
Min	1,5	1,0	2,2	1,3	3,4	2,8	0,6	3,6
25° percentile	3,3	4,9	3,8	4,5	6,4	7,6	2,2	8,2
50° percentile	4,5	6,7	4,5	6,0	8,3	10,3	3,0	10,4
75° percentile	6,3	9,3	5,8	8,6	10,8	13,8	4,3	13,0
95° percentile	11,6	21,1	9,2	13,9	15,2	21,0	11,3	19,7

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

Per quanto riguarda i risultati è necessario ricordare che la stazione a mare MAM è stata posizionata in loco a metà luglio e che la stazione LIM-2 ha presentato ripetuti problemi di registrazione dei dati, motivo per cui su queste due stazioni l'analisi statistica ha potuto avverire su un numero totale di dati inferiore a quello degli altri casi.

Il periodo analizzato non è stato influenzato da eventi meteomarinari di particolare intensità, ad eccezione di quello avvenuto nei giorni 30-31 luglio.

Per quanto riguarda le medie, si evidenzia la somiglianza dei valori della stazione CHP, all'interno della bocca di Chioggia, della stazione LMR nel canale di bocca di Lido e della stazione a mare MAM i cui valori risultano 5.4 mg/l, 5.2 mg/l e 4.6 mg/l rispettivamente. Decisamente più elevati sono, invece, i valori medi della stazione LTP e della stazione MAP, entrambe localizzate in laguna, i cui valori sono superiori a 11 mg/l. Le altre stazioni hanno valori medi tutti compresi nell'intervallo 7.3 e 9.2 mg/l.

Dalla tabella 2.3 risulta che i valori di torbidità massimi variano tra 42.1 e 172.1 mg/l. Il valore massimo è relativo all'evento del 30-31 luglio, durante il quale si è verificato un picco della velocità media oraria del vento, misurata alla piattaforma oceanica "Acqua Alta" del CNR-ISMAR di Venezia, di 25 m/s. La velocità del vento si è mantenuta al di sopra dei 15 m/s per un intervallo di circa 18 ore.

Per quanto riguarda i valori del 25° percentile, che rappresentano con una buona approssimazione le condizioni di assenza di perturbazioni nelle stazioni considerate, è interessante osservare come le stazioni LSA, LTP e MAP, collocate nelle aree all'interno delle bocche di porto, presentino valori (compresi tra 6.4 e 8.2) nettamente più elevati delle altre stazioni. La buona corrispondenza fra i valori della stazione a mare LIM (4.9 mg/l) e quelle collocate entro i canali di bocca, ed in particolare con il valore di LMR-2 (4.5 mg/l), conferma come la qualità dell'acqua entro le bocche di porto sia prevalentemente influenzata dalle caratteristiche dell'acqua di mare nelle condizioni normali. Nettamente inferiore è il valore registrato della stazione a mare MAM (2.2 mg/l).

Queste stesse considerazioni valgono anche per il 50° percentile che rappresenterebbe le condizioni più frequentemente incontrate: le stazioni LIM e LMR-2 presentano valori molto simili (6.7 e 6.0 mg/l). Le concentrazioni relative ai siti in laguna LSA, LTP e MAP raggiungono gli 8.3-10.4 mg/l. La stazione MAM, nuovamente, presenta il valore più basso, pari a 3.0 mg/l.

Il 75% percentile si può considerare, invece, come indicatore dei valori di torbidità relativamente elevati: carico organico particolarmente elevato, come nei mesi estivi, o eventi meteo marini di moderata intensità. È interessante notare come i valori nettamente maggiori si riscontrino nella stazione LTP, ubicata ai margini del canale di Treporti, (13.8 mg/l) e nella stazione nella bocca di Malamocco MAP (13.0 mg/l).

Infine, la distribuzione del 95% percentile, rappresentativo dei valori estremi legati al verificarsi di eventi meteo marini intensi, che possono provocare un apprezzabile innalzamento della concentrazione del materiale solido sospeso in laguna, nonché un aumento del trasporto di sedimenti lungo costa con aumenti del carico rilevabili anche nei giorni successivi all'evento, permette di suddividere le stazioni in gruppi omogenei: LTP e MAP, assieme a LIM, presentano i valori più elevati (20 mg/l circa), mentre i valori più bassi sono stati registrati nelle stazioni CHP, LMR e MAM (11 mg/l o meno). Le altre stazioni presentano concentrazioni intermedie (14-15 mg/l circa).

Per quanto riguarda i due strumenti LMR, posto sul fondo, e LMR-2 posto in superficie nella stessa stazione della bocca di porto di lido, si evidenzia come i valori di concentrazione relativi allo strumento LMR-2 siano più elevati di LMR (valore medio 7.3 e 5.2 mg/l rispettivamente), come anche i valori del 95° percentile (13.9 e 9.2 mg/l rispettivamente).

2.2 Analisi dei picchi di torbidità

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

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

Tabella 2.4. Analisi picchi di torbidità durante il periodo maggio-agosto 2007

Stazione	CHP	LIM	LMR	LMR-2	LSA	LTP	MAM	MAP
Numero condizioni eccezionali con C>30 mg/l	5	11	2	3	3	12	5	10
Numero di eventi CERTAMENTE dovuti a risospensione da vento	5	8	2	3	3	10	5	6
Numero di eventi la cui causa non è legata alla risospensione da vento	-	3	-	-	-	2	-	4

Presso la Bocca di Lido la maggior parte dei superamenti del limite di 30 mg/l sono dovuti ad eventi di risospensione del materiale da vento, ma con questa causa preponderante se ne possono annoverare altre, valide solamente per alcune stazioni e per particolari tipologie e durate di eventi:

- l'aumento del trasporto litoraneo e quindi del carico, rilevabile anche nei giorni successivi all'evento scatenante di vento sostenuto è evidente soprattutto presso la stazione a mare LIM, che rispetto alla stazione MAM è localizzata in un'area più vicina alla zona dei frangenti;
- eventi di breve o brevissima durata (nell'arco di 1 ora circa) rilevati nelle stazioni all'interno delle bocche di porto ed in laguna possono essere dovuti al passaggio di imbarcazioni di grandi dimensioni (navi da crociera nella bocca di Lido, container nella Bocca di Malamocco) che sono caratterizzate da un pescaggio elevato (superiore ai 9 m.);
- l'attività di dragaggio dei canali alle bocche di porto porta alla risospensione di materiale nella colonna d'acqua che può occasionalmente essere rilevato dalla strumentazione impiantata. Per una trattazione più esaustiva dell'argomento, si veda il capitolo successivo.

Presso la bocca di Malamocco tutti i superamenti del limite di torbidità registrati nella stazione a mare MAM sono legati alla risospensione del sedimento a seguito di venti di velocità sostenuta. Le condizioni meteorologiche dei giorni 30 e 31 luglio sono state caratterizzate da venti superiori ai 15 m/s per 20 ore consecutive e picchi fino a 25 m/s; presso la stazione a mare MAM è stata registrata una concentrazione di 71,4 mg/l (valore massimo della stazione), mentre nella stazione MAP il valore massimo del periodo è di 63,9 mg/l. Il valore massimo registrato dalla stazione lagunare MAP è stato di 80,8 mg/l, il giorno 31 agosto, quando le condizioni meteo erano influenzate dal vento di bora (velocità massima 19,4 m/s). Nella stazione MAP sono stati registrati alcuni superamenti del limite di breve durata probabilmente legati, come detto precedentemente, al passaggio di imbarcazioni di grandi dimensioni.

Tutti i superamenti del limite di torbidità registrati dalla stazione CHP sono legati alla risospensione dei sedimenti dovuta a venti di bora. La concentrazione massima (55,2 mg/l) è stata registrata il giorno 31 agosto, quando il vento ha raggiunto i 19 m/s e si è mantenuto mediamente superiore ai 15 m/s per 10 ore.

2.3 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. Il pennacchio (plume) di materiale risospeso dai mezzi di scavo operanti nelle aree di cantiere nel periodo di misura non presenta un'estensione tale da interessare le stazioni fisse per la registrazione della della torbidità. Il plume generato dalle draghe è stato monitorato dalla strumentazione montata su imbarcazione e segnalato nei rapporti di campagna.

Nel periodo che va da maggio ad agosto 2007 presso la bocca di Malamocco le tipologie di dragaggio in corso erano quelle nel bacino di evoluzione prospiciente all'area di prefabbricazione dei cassoni (Syncrolift) e nel canale, per la livellazione del fondale. Il monitoraggio del secondo anno (Rapporto Finale, luglio 2007, Studio B.6.72 B/2) ha confermato il modesto impatto in termini di aumento del materiale solido in sospensione provocato dalla draga idrorefluente nel bacino di evoluzione, nonché un rilascio di materiale solido abbastanza discontinuo attraverso l'apertura esistente nel bacino di refluentamento, in relazione all'attività di scavo. Infatti, la torbidità prodotta nel bacino di evoluzione, nei periodi monitorati, è rimasta generalmente confinata nel bacino di evoluzione che, essendo un bacino quasi chiuso, è stato interessato solo in modo molto limitato dalla corrente di marea. In generale, è stato dimostrato che il pennacchio del materiale sospeso rimane distinto solo fino a qualche centinaio di metri dalla sorgente.

Presso la bocca di Chioggia, nel periodo indagato, non erano presenti importanti operazioni di scavo; solo una draga con benna a grappo era operante in area confinata all'interno del Porto rifugio lato mare.

Nella bocca di Lido erano assenti attività in grado di influenzare significativamente la torbidità della colonna d'acqua. In particolare, alcune draghe a grappo hanno effettuato un modesto dragaggio all'interno del recesso di barriera: lo scavo ha interessato la porzione del canale di San Nicolò compresa fra l'isola Nuova, in fase di costruzione, e la spalla sud. In tutto il periodo monitorato la draga idrorefluente a sfioro ASTRA non era presente.

Per il periodo corrispondente all'intervallo giugno-novembre 2007 sono stati resi disponibili dalla Direzione Lavori gli orari di lavoro ed i volumi scavati per le seguenti opere:

- Bocca di Lido: OP/299: dal 1/05/07 al 6/07/07;
- Bocca di Malamocco: OP/413-1: dal 4/05/07 al 31/08/07,
OP/414: dal 20/06/07 al 20/07/07;
- Bocca di Chioggia: OP/ 334: dal 1/05/07 al 3/08/07,
OP/357-2A: dal 9/06/07 al 31/08/07.

2.4 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 1.1.

Ogni cartella, in formato Microsoft Excel comprende una serie di fogli che contengono:

- foglio di lavoro contenente tutti i dati in successione temporale (foglio identificato con la sigla della stazione p.e. "CHP-tutti").

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

- 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).

3. BIBLIOGRAFIA

- ANPA. "Le principali metodiche di campionamento e analisi del particolato in sospensione in ambienti acquatici. Rassegna bibliografica", Serie Documenti 9/1999, Settembre 1999.
- Casamitjana, X., Serra, T., Soler, M. and Colomer, J. 2002. A study of the evolution of the particle boundary layer in a reservoir, using laser particle sizing, *Water Research*, 36, 4293-4300.
- Fugate, D.C. and Friedrichs, C.T. 2002. Determining concentration and fall velocity of estuarine particle populations using ADV, OBS and LISST, *Continental Shelf Research*, 22, 1867-1886.
- Gartner, J.W., Cheng, R.T., Wang, P. and Richter, K. 2001. Laboratory and field evaluations of the LISST-100 instrument for suspended particle size determinations, *Marine Geology*, 175, 199-219.
- Hecht, E. 1987. Optics, 2nd edition. Addison Wesley.
- Idronaut Srl. "OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL", Brugherio (Milan), February 2005
- Idronaut Srl. "Seapoint Turbidity Meter USER MANUAL", Brugherio (Milan), March 2005
- InterOcean Systems Inc. "S4 CURRENT METER USER MANUAL (Rev B)", June 1995
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Disciplinary Tecnico, Venezia, Settembre 2004
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto di Pianificazione Operativa, Venezia, Novembre 2006
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto di Variabilità Attesa, Venezia, Novembre 2006
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto Finale, Venezia, Dicembre 2006
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/2 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Disciplinary Tecnico, Venezia, Febbraio 2006
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/2 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto Finale, Venezia, Luglio 2007
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Disciplinary Tecnico, Venezia, Febbraio 2007
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.78/I - Attività di monitoraggio alle bocche di porto: controllo delle comunità biologiche lagunari e marine", Disciplinary Tecnico CVN/Technital, Venezia, Giugno 2003
- Magistrato Alle Acque, 2006. Nuovi Interventi per la salvaguardia di Venezia (Convenzione rep. 7191 del 04/10/1991, a.a. rep. 8100 del 19/12/2005, Legge 29.11.1984 n. 798). Studio B.6.72 B/2, Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari, 2ª fase, p.8.

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

- McCandliss, R.R., Jones, S.E., Hearn, M., Latter, R. and Jago, C.F. 2002. Dynamics of suspended particles in coastal waters (southern North Sea) during a spring bloom, *Journal of Sea Research*, 47, 285-302.
- Middleton, G. V. 1976. Hydraulic interpretation of sand size distribution, *Journal of Geology*, 84, 405-426.
- Mikkelsen, O.A. and Pejrup, M. 2000. In situ particle size spectra and density of particle aggregates in a dredging plume, *Marine Geology*, 170, 443-459.
- Mikkelsen, O.A. and Pejrup, M. 2001. The use of a LISST-100 laser particle sizer for in-situ estimates of floc size, density and settling velocity, *Geo-Marine Letters*, 20, 187-195.
- Sequoia Scientific Inc., 2004. LISST-100X Particle Size Analyzer, User's Manual, Version 4.60, p. 76.
- Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios, *Journal of Sedimentary Petrology*, 24, 151-158.
- Simionato F. "Sistema di posizionamento della strumentazione utilizzato nelle stazioni a mare della rete di stazioni fisse per il rilievo della torbidità in continuo", Nota Tecnica T.N. n. 204, CNR-ISMAR Venezia, Aprile 2006
- Traykovski, P., Latter, R.J. and Irish, J.D. 1999. A laboratory evaluation of the laser in situ scattering and transmissometry instrument using natural sediments, *Marine Geology*, 159, 355-367.
- Visher, G. S. 1969. Grain size distributions and depositional processes, *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, 1074-1106.
- Voulgaris, G. and Meyers, S. 2004. Temporal variability of hydrodynamics, sediment concentration and sediment settling velocity in a tidal creek, *Continental Shelf Research*, 24, 1659-1683.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments, *Journal of Geology*, 30, 377-392.