



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/8**

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

Contratto Thetis-CORILA n. 122000551

Documento **MATRICE: ACQUA**

**MACROATTIVITÀ: RILEVAZIONE DELLA  
TORBIDITÀ IN CONTINUO**

**II RAPPORTO DI VALUTAZIONE**

**PERIODO DI RIFERIMENTO: DA SETTEMBRE A  
DICEMBRE 2012**

Versione **1.0**

Emissione **15 Gennaio 2013**

Redazione

Verifica

Approvazione

Dott. Luca Zaggia  
(ISMAR-CNR)

Prof. Giampaolo Di Silvio Ing. Pierpaolo Campostrini

## Indice

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGIA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Descrizione della rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.....	4
2.2 Strumentazione per la misura della torbidità.....	10
2.3 Gestione della rete di stazioni fisse, attività in campo e di laboratorio .....	11
2.4 Metodologia per il trattamento dei dati registrati.....	13
2.4.1 <i>Correzione per l'accumulo temporaneo di materiale macroscopico</i> .....	13
2.4.2 <i>Correzione per il fouling</i> .....	14
2.4.3 <i>Calibrazione dei sensori di torbidità</i> .....	16
<b>3. ANALISI e TRATTAMENTO DEI DATI.....</b>	<b>17</b>
3.1 Validazione dei dati e calibrazione .....	17
3.2 Serie temporali della concentrazione del particolato solido sospeso (SPM) .....	24
3.3 Analisi degli eventi meteo e dei picchi di torbidità .....	46
3.4 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche.....	56
3.5 Struttura dell'archivio dei dati.....	56
<b>4. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>58</b>

Alla realizzazione del presente rapporto hanno contribuito:

C. Dall'Angelo (CORILA)

G. Di Silvio (DICEA - UNIPD)

G. Lorenzetti (ISMAR - CNR, Venezia)

G. Manfè (ISMAR - CNR, Venezia)

F. Manfrin (ISMAR - CNR, Venezia)

L. Dametto (ISMAR-CNR, Venezia)

L. Zaggia (ISMAR - CNR, Venezia)

## 1. INTRODUZIONE

Il Disciplinare Tecnico dello *Studio B.6.72 B/8- Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari*, come i precedenti, prevede specifiche attività per la misura della concentrazione e del flusso di particolato solido sospeso generato dalle attività di cantiere all'interno e all'esterno del canale di bocca. Tali attività intendono monitorare la torbidità generata dalle operazioni di scavo nei seguenti casi:

A) torbidità prodotta direttamente dai sistemi di scavo (draghe). 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.

B) variabilità spaziale e temporale del particolato sospeso in condizioni naturali, cioè in assenza di dragaggio. In questo caso si misura la torbidità in continuo mediante strumenti fissi (torbidimetri) opportunamente posizionati nelle aree di pertinenza dei tre canali di bocca, sia entro la laguna sia in mare in modo da caratterizzare tutta l'area di interesse.

Il presente Rapporto riguarda le misure in continuo (caso B).

La misura puntuale della torbidità è particolarmente importante quando ci si trova in prossimità di habitat sensibili, quali sono quelli prossimi alle tre bocche di porto della laguna di Venezia. Fornisce un'indicazione della presenza del particolato sospeso al variare del campo di corrente nei diversi cicli di marea e del moto ondoso in laguna e in mare (funzione del vento); gli eventi naturali si succedono, infatti, in maniera irregolare dando luogo ad una variabilità spaziale e temporale delle condizioni naturali.

La misura della torbidità in continuo alle bocche di porto permette di monitorare i valori di torbidità naturale e l'analisi di serie temporali permette di definire i valori di riferimento ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio e delle componenti biologiche. Essa è inoltre utile per valutare l'eventuale diffusione del *plume* di torbida generato dalle operazioni di dragaggio e quindi gli effetti a breve termine delle attività di cantiere. Le stesse misure possono però risultare funzionali anche alla conoscenza degli effetti a lungo termine indotti dalla presenza delle opere le quali, modificando la morfologia dell'area prossima alle bocche porto, potrebbero avere degli effetti anche sull'idrodinamica e il trasporto di sedimenti.

Come messo in evidenza nei precedenti rapporti, infine, il monitoraggio continuo della torbidità può dare utili indicazioni (soprattutto quando messo in relazione con la contemporanea fase di marea e con le vigenti condizioni meteo marine) sulla dinamica dei sedimenti in sospensione e sul loro bilancio a lungo termine.

Nel Cap.2 viene descritta la rete di misura della torbidità in continuo e la metodologia utilizzata per il trattamento dei dati.

Nel Cap.3 invece si riportano in forma grafica sia dati relativi alle acquisizioni nel periodo Settembre-Dicembre 2012 sia i risultati dell'analisi statistica. Le serie temporali della torbidità vengono inoltre analizzate sia in relazione alle condizioni meteorologiche sia in relazione alle attività di scavo con lo scopo di individuare le cause di eventuali superamenti del valore di soglia.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Descrizione della rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo

L'attività di rilevazione della torbidità in continuo è iniziata a Maggio 2005 in otto stazioni di misura opportunamente posizionate nei canali delle tre bocche o nelle immediate vicinanze (sia all'interno della laguna che in mare) ed è proseguita quasi ininterrottamente insieme all'acquisizione dei parametri chimico-fisici dell'acqua (temperatura, conducibilità e pressione). La Figura 2.1 mostra la localizzazione di tutte le stazioni di misura della torbidità nelle aree dei cantieri alle bocche di porto (in rosso le stazioni utilizzate nel corrente anno di monitoraggio); esse coincidono con quelle utilizzate nel corso del precedente Studio B.6.72 B/7 con l'aggiunta, a partire dai primi di Ottobre 2012, di una stazione a mare davanti alla bocca di porto di Chioggia.

Per quanto riguarda la misura della direzione e velocità del vento si fa riferimento alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR e, poiché in alcuni giorni dei mesi di Settembre, Ottobre, Novembre 2012 l'anemometro della piattaforma del CNR non ha registrato i dati della velocità del vento, sono stati utilizzati i dati della stazione posta presso la diga sud della bocca di porto di Lido (Figura 2.2) facente parte della Rete Mareografica Nazionale (RMN).

Per i livelli di marea si considerano i dati dei mareografi più vicini alle stazioni in questione (Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia, Diga Sud di Lido,) gestiti del Centro Previsioni e Segnalazioni Maree del Comune di Venezia (Figura 2.2).

Nella Tabella 2.1 sono riportate le caratteristiche delle stazioni, la profondità del battente d'acqua rispetto al livello medio del mare espressa in metri, le coordinate geografiche espresse nel sistema UTM WGS 84, le coordinate piane espresse nel sistema Gauss Boaga ed il periodo di utilizzo.

La posizione del sensore è in tutti i casi alla quota di 1.5 metri dal fondo, eccetto per la stazione LMR-2, in cui il sensore è a circa 7.5 metri dal fondo e per la stazione CHM3 in cui è a 1 m dal fondo.

## CORILA

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

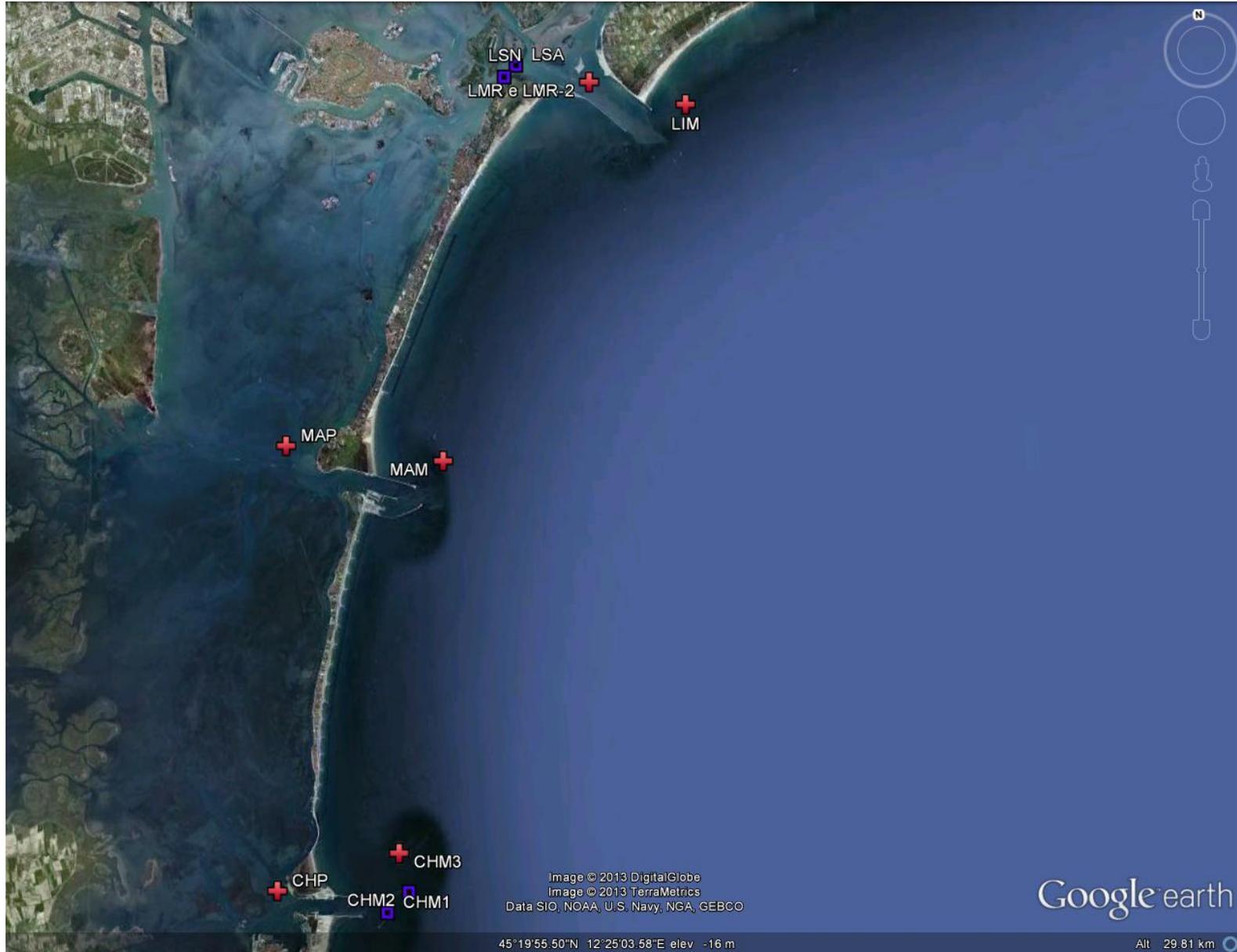


Figura 2.1. La rete delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo. In rosso le stazioni attive nel periodo Settembre-Dicembre 2012.

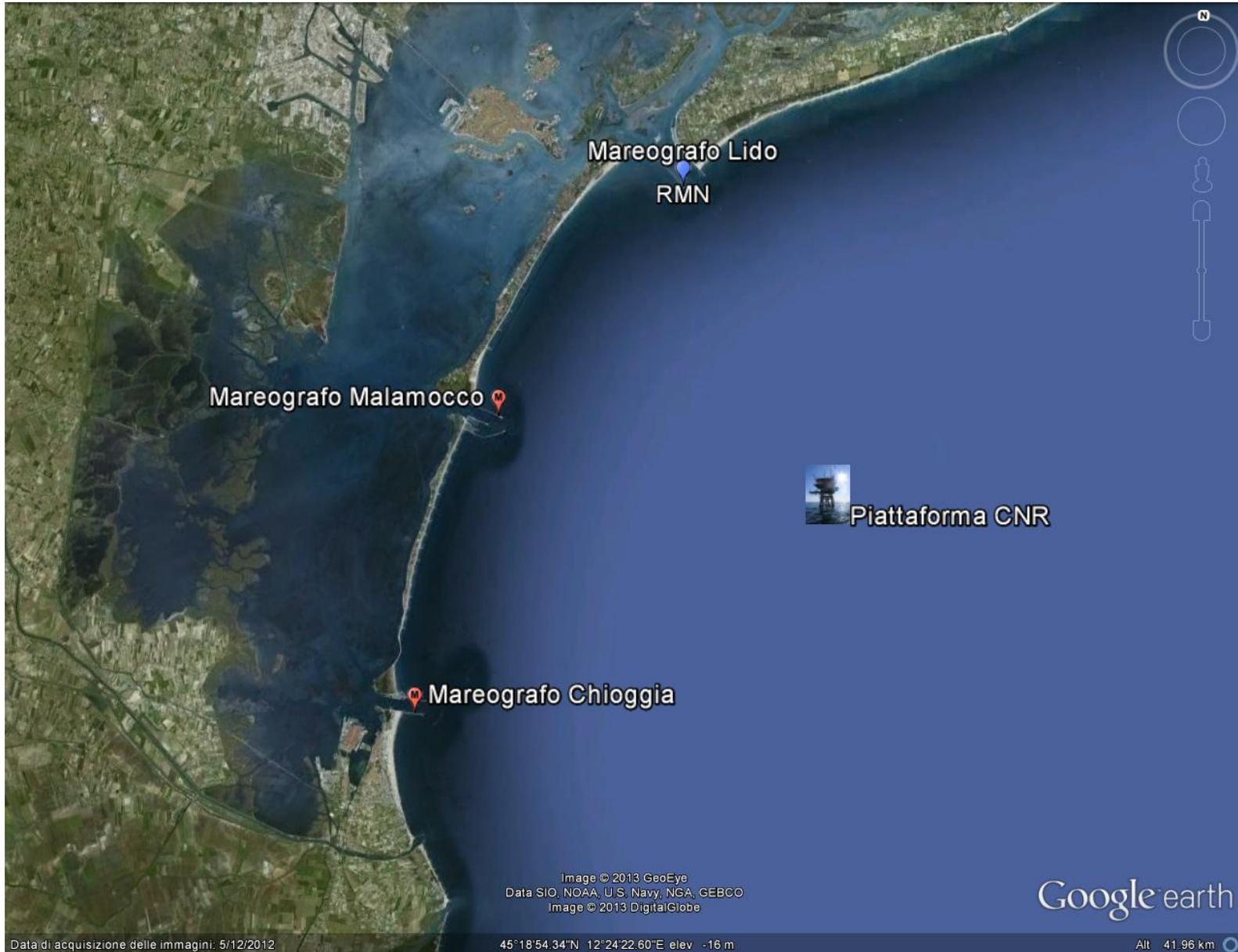


Figura 2.2. Mareografi, stazione della RMN,piattaforma del CNR.

## CORILA

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

Tabella 2.1 Caratteristiche delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.

<b>Sigla Identificativa</b>	<b>Località</b>	<b>Tipo postazione</b>	<b>Ente</b>	<b>Fondale (m)</b>	<b>Coordinate UTM WGS 84</b>	<b>Coordinate Gauss Boaga</b>	<b>Periodo di utilizzo</b>
<b>CHM1</b>	CHIOGGIA Mare	Meda segnalazione	CVN-MAV	13.5	289952 E 5011996 N	2311697.67 5011917.71	Studio B.6.72 B/1
<b>CHM2</b>	CHIOGGIA Mare	Meda segnalazione	CVN-MAV	13.5	289792 E 5012068 N	2312244.76 5013024.91	Studio B.6.72 B/1
<b>CHM3</b>	CHIOGGIA Mare	Postazione mareografica	CVN-MAV	13.5	290270 E 5013095N	2310273.49 5013115.11	Studio B.6.72 B/8
<b>CHP</b>	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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/5 Studio B.6.72 B/6 Studio B.6.72 B/7 Studio B.6.72 B/8
<b>LIM</b>	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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/7 Studio B.6.72 B/8
<b>LMR</b>	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	ISPRA	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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/7 Studio B.6.72 B/8
<b>LMR-2</b>	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	ISPRA	9.5	297740 E 5033614 N	2318223.64 5033215.04	Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/7 Studio B.6.72 B/8

## CORILA

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

<b>Sigla Identificativa</b>	<b>Località</b>	<b>Tipo postazione</b>	<b>Ente</b>	<b>Fondale (m)</b>	<b>Coordinate UTM WGS 84</b>	<b>Coordinate Gauss Boaga</b>	<b>Periodo di utilizzo</b>
<b>LSA</b>	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 Studio B.6.72 B/4
<b>LSN</b>	LIDO Canale S. Nicolò	Postazione mareografica	MAV	7.0	295624 E 5034542 N	2315566.36 5034465.53	Studio B.6.72 B/1
<b>LTP</b>	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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/7 Studio B.6.72 B/8
<b>MAM</b>	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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/5 Studio B.6.72 B/6 Studio B.6.72 B/7 Studio B.6.72 B/8
<b>MAP</b>	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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/5 Studio B.6.72 B/6 Studio B.6.72 B/7 Studio B.6.72 B/8

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

La rete di misura è attualmente costituita da otto stazioni.

Per le stazioni LIM e MAM (Figura 2.3) posizionate in mare, è stata utilizzata una struttura già esistente impiegata come mareografo, ma con caratteristiche tecniche completamente diverse da quelle delle postazioni mareografiche in laguna; per queste stazioni caratterizzate da un elevato fondale (LIM 9 metri e MAM 11 metri circa), infatti, 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. Nella Figura 2.6 è mostrato uno schema tipico di posizionamento e ancoraggio.

Per la stazione che ospita le due sonde 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 2.4).

Le stazioni LTP, MAP, CHP, posizionate all'interno della laguna, sono state allestite utilizzando le strutture delle postazioni mareografiche operanti in laguna (Figura 2.5).

Le stazioni coincidono con le postazioni utilizzate negli studi precedenti (Tabella 2.1).



Figura 2.3. Stazione MAM.

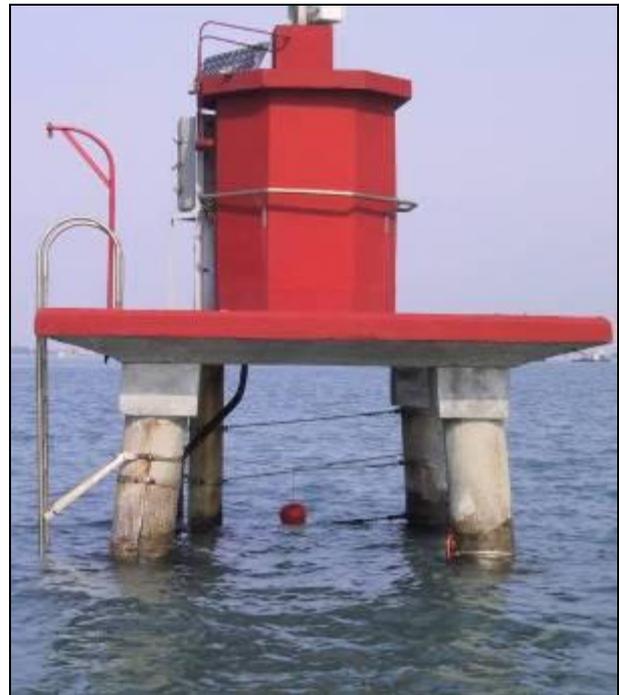


Figura 2.4. Stazione LMR.



Figura 2.5. Stazione CHP.

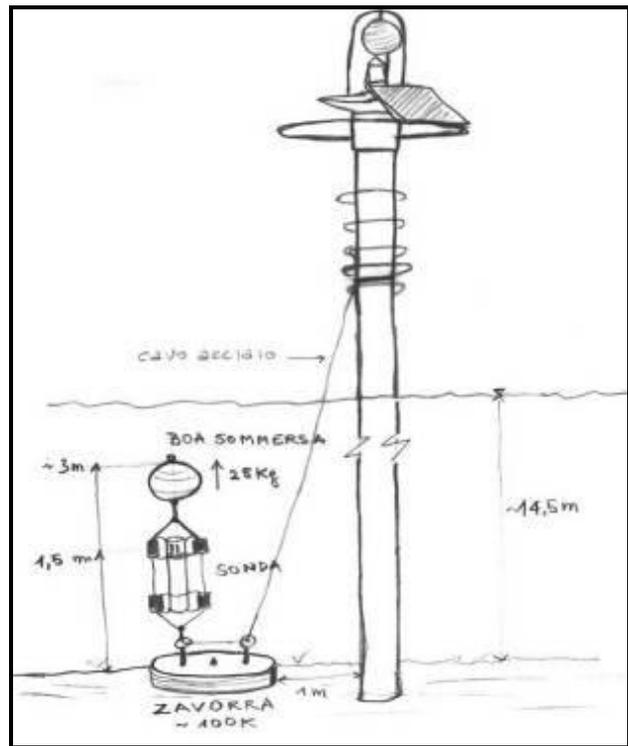


Figura 2.6. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare.

## 2.2 Strumentazione per la misura della torbidità

Per il rilievo della torbidità in continuo è stata utilizzata, per tutte le stazioni eccetto LMR E CHM3, una sonda multiparametrica autoregistrante Idronaut Mod. OceanSeven 304 CTD-T [Idronaut Srl., Febbraio 2005], equipaggiata con un sensore OBS (Optical Backscatter Sensor) del tipo Seapoint Turbidity Meter [Idronaut Srl., Marzo 2005], che misura il backscattering ottico, generando una tensione di uscita proporzionale alla quantità di particolato solido sospeso lungo la colonna d'acqua.

La stazione LMR è equipaggiata con una sonda multiparametrica Datasonde 4a, Hydrolab, USA mentre nella stazione CHM3 è stata installata una DataSonde 5, Hydrolab, USA dotata di sistema automatico per la pulizia delle finestre del sensore ottico per la determinazione della torbidità.

A seconda del grado di sensibilità di cui si vuole disporre e delle condizioni più frequentemente incontrate nei periodi precedenti, si imposta per lo strumento un appropriato intervallo di misura, come indicato nella Tabella 2.2 dove sono riassunte le caratteristiche tecniche di tutti i sensori (temperatura, conducibilità e pressione) montati nelle sonde OceanSeven 304 CTD-T, nella Datasonde 4a e DataSonde 5.

I torbidimetri posizionati nelle stazioni sopra descritte forniscono 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 scaricati con una frequenza di circa 15 giorni.

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

Tabella 2.2. Caratteristiche dei sensori montati sulla sonda OceanSeven 304 CTD-T (OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL) e sulla sonda Datasonde 4a (Hydrolab\_Minisonde\_Product\_Brochure)

Sensore OceanSeven 304	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 (•)

Sensore Datasonde 4a	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 10 m	± 0.003 m	0.001 m
Temperatura	-5 - 50° C	± 0.10° C	0.01° C
Conducibilità	0 - 100 mS/cm	± 1% of reading; ± 0.001 mS/cm	4 digits
Turbidity	0 - 1000 NTU	± 5% of reading; ± 1 NTU	0.1 NTU (<100 NTU) 1.0 NTU (>100 NTU)

Sensore Datasonde 5	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 10 m	± 0.01 m	0.001 m
Temperatura	-5 - 50° C	± 0.10° C	0.01° C
Conducibilità	0 - 100 mS/cm	± 1% of reading; ± 0.001 mS/cm	4 digits
Turbidity	0-3000 NTU	± 1% <100 NTU ± 3% <400 NTU ± 5% <3000 NTU	0.1 NTU (<400 NTU) 1.0 NTU (>400 NTU)

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

### 2.3 Gestione della rete di stazioni fisse, attività in campo e di laboratorio

La qualità dei dati registrati dallo strumento è fortemente condizionata dalle caratteristiche ambientali del corpo idrico. Sia i sensori che l'armatura di protezione degli stessi sono soggetti infatti a frequenti fenomeni di accumulo di materiale macroscopico, quale residui di piante acquatiche e macroalghe o breve stazionamento di organismi marini che, nella maggior parte dei casi, si distacca dall'apparecchiatura spontaneamente all'inversione della marea.

Spesso inoltre si presenta il problema del fouling, cioè una crescita progressiva di alghe e organismi risolvibile soltanto con un'accurata pulizia, sia dei sensori che del corpo della sonda, che viene effettuata, a bordo di un'imbarcazione, con cadenza circa settimanale, contemporaneamente allo scarico dei dati. Nella Figura 2.7 si riporta la sonda della stazione CHP prima e dopo la pulizia.

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

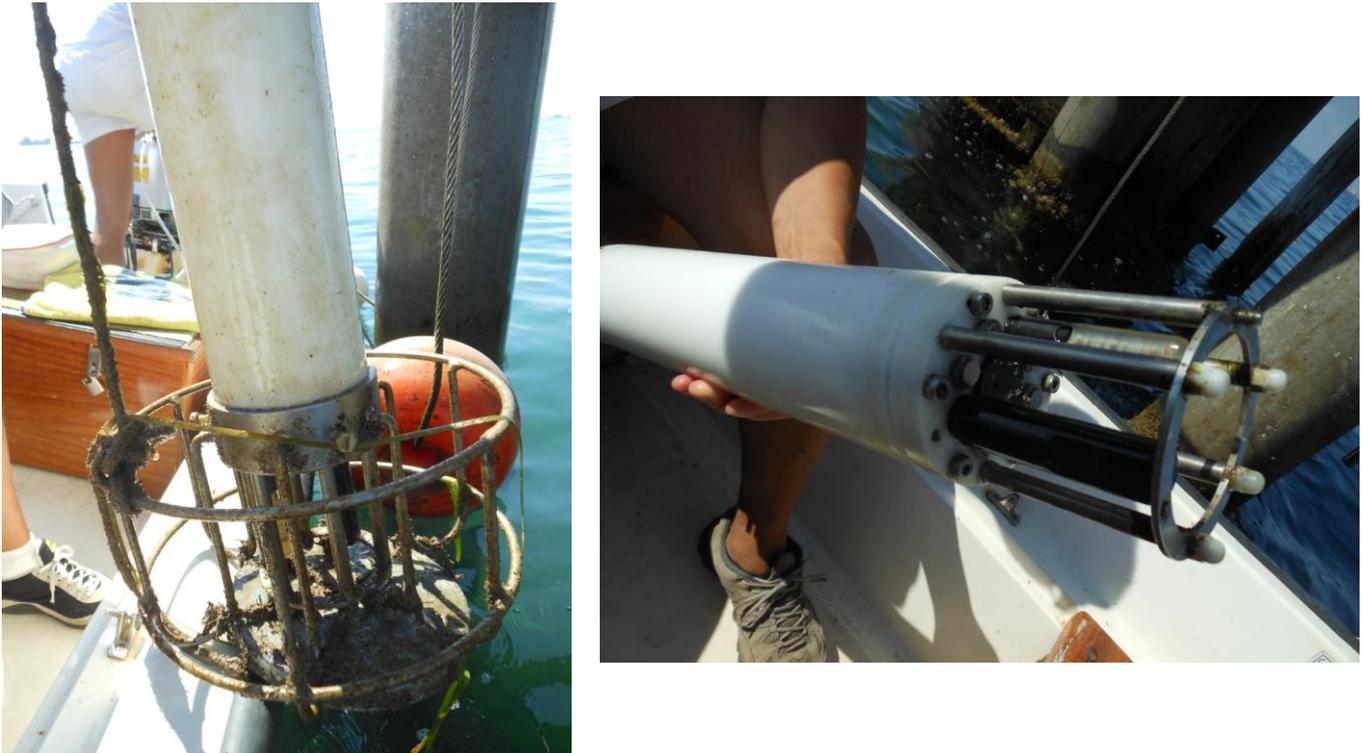


Figura 2.7. Sonda CHP prima (a sinistra) e dopo la pulizia (a destra) (2/10/2012).

In aggiunta alla pulizie settimanali effettuate in campo, per ogni sonda viene effettuata in laboratorio, secondo le necessità, una procedura di pulizia chimica approfondita e una ricalibrazione aggiuntiva. Questo perché il prolungato stazionamento delle sonde in acqua determina l'attecchimento di organismi incrostanti di composizione calcarea sulla superficie dei sensori e negli spazi ristretti fra un sensore e l'altro; la loro rimozione meccanica in campo sarebbe critica per la possibilità di danneggiamento della finestra ottica del torbidimetro.

Le attività in campo ed in laboratorio per la manutenzione e la pulizia di tutta la strumentazione sono indispensabili in quanto, trattandosi di una misura ottica, qualsiasi ostacolo che si trovi nella regione spaziale investigata dal sensore di torbidità è in grado di produrre perturbazioni significative che si traducono nell'impossibilità pratica di utilizzare le informazioni registrate.

Contestualmente alle operazioni di pulizia vengono prelevati campioni d'acqua per mezzo di una "bottiglia a sifone" da 1000 cc, alla quota di posizionamento del sensore OBS di ciascuna sonda.

Tutte le operazioni in campo (manutenzione e prelievi) sono registrate dagli operatori, su apposite schede, in occasione di ciascuna operazione di scarico dei dati (Figura 2.8).



perturbazioni prolungate, non risulta efficace, 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 ritiene opportuno applicare un ulteriore filtro alla serie temporale risultante, cioè una media oraria, centrata sul dato istantaneo, applicata all'intera serie.

#### 2.4.2 *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 approssimabile ad una relazione lineare o 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 seguendo una semplice procedura che, pur tenendo conto dei valori di controllo costituiti dalla concentrazione nei campioni d'acqua prelevati durante gli interventi di pulizia, presenta comunque un certo grado di soggettività. Si individua una polinomiale (generalmente di grado 1 o 2) interpolando i valori della linea di base della funzione originaria nel tratto interessato dal fenomeno, prendendo come punto di partenza il valore più basso prima dell'inizio della deriva (si presuppone quindi che sia un valore corretto e non affetto da fouling). Ai valori originari si sottrae quindi la polinomiale, con l'obiettivo di ottenere come risultato l'allineamento dei punti della linea di base con il punto di partenza e controllando che il valore finale non sia troppo dissimile dal valore del campione d'acqua prelevato. Purtroppo in alcuni casi rimane una deriva residua nel tratto terminale: se è possibile ottenere un buon risultato, si può applicare una seconda volta la procedura correttiva, altrimenti è necessario eliminare i dati.

In alcuni 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.

Un esempio di deriva dovuta al fouling è rappresentato nella Figura 2.9 dove si riporta la serie temporale della torbidità relativa alla stazione CHP e al mese di Ottobre 2012, dopo l'applicazione della procedura automatica di filtrazione e di media mobile. In questo caso è stata effettuata una correzione sottraendo una polinomiale di secondo grado che ha permesso di correggere la deriva a partire dal giorno 9 Ottobre 2012; è stato poi necessario cancellare gli ultimi valori. Il risultato dopo la correzione è visibile nella Figura 2.10.

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

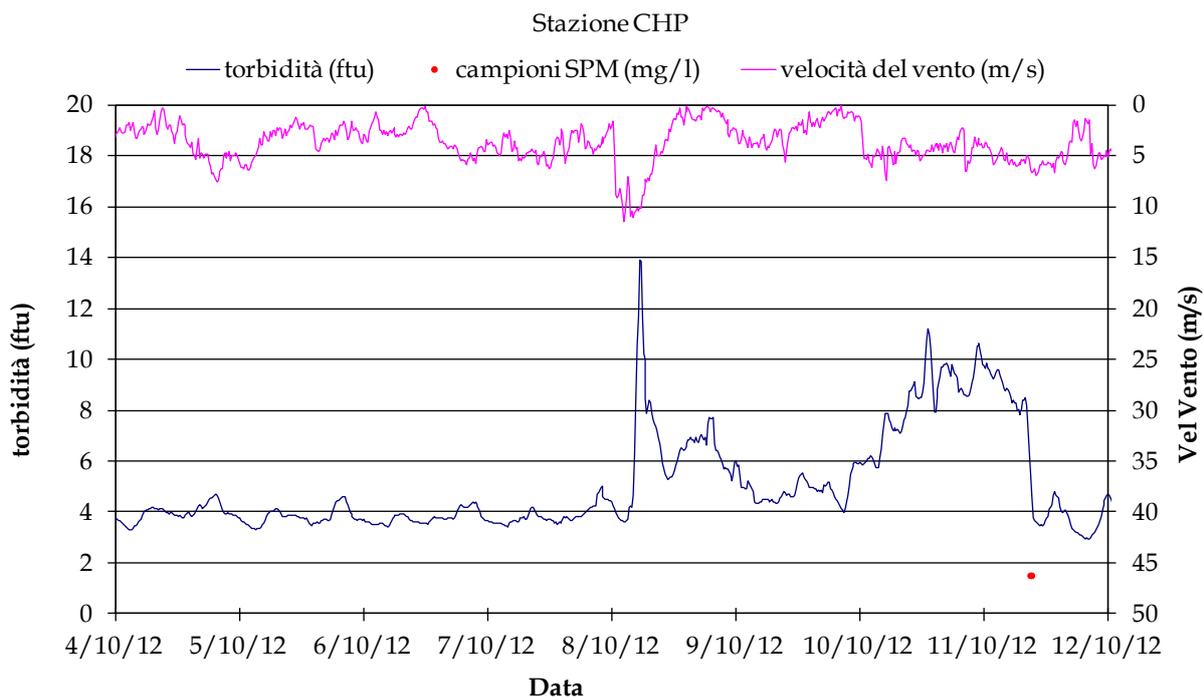


Figura 2.9. Esempio della presenza di derive progressive dei valori di torbidità dovute al fouling, nella stazione CHP. Con il pallino rosso è rappresentato il valore di concentrazione misurato nel campione d'acqua prelevato durante l'intervento di manutenzione.

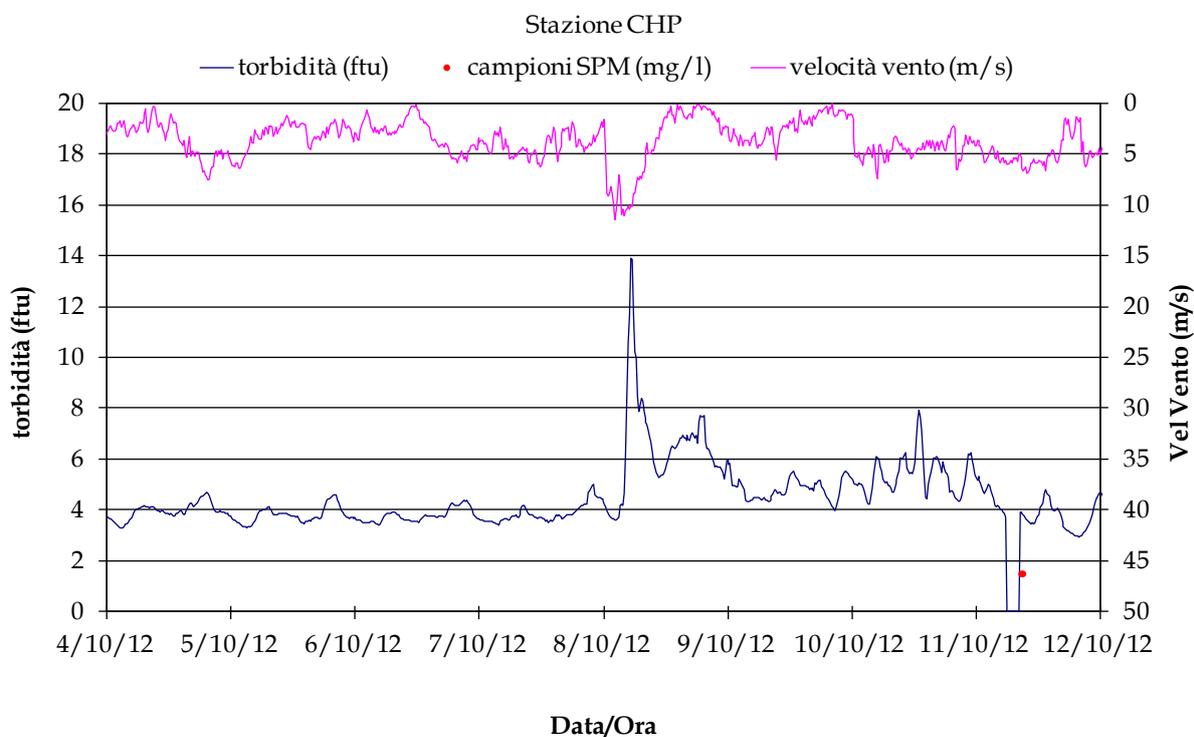


Figura 2.10. Risultato finale dopo l'applicazione della procedura correttiva. Con il pallino rosso è rappresentato il valore di concentrazione misurato nel campione d'acqua prelevato durante l'intervento di manutenzione.

### **2.4.3 Calibrazione dei sensori di torbidità**

Nelle reti di misura in continuo viene rilevata la torbidità che è la riduzione della trasparenza dell'acqua dovuta alla presenza di sostanze in sospensione. La misura della torbidità infatti 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 FTU (Formazine Turbidity Units), viene determinata misurando la luce dispersa rispetto ad un angolo formato dal raggio incidente (backscattering).

I valori di torbidità, registrati come dati grezzi espressi in FTU devono essere convertiti in valori di concentrazione del particolato solido sospeso (mg/l). Non è tuttavia possibile stabilire una correlazione diretta tra questi due parametri poiché pur essendo in relazione con gli stessi fenomeni, sono funzione di variabili differenti. La misura del SPM dipende, infatti, dal peso totale delle particelle in sospensione con diametro maggiore di 0.4  $\mu\text{m}$  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 e dipende anche dalla lunghezza d'onda del raggio incidente.

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 sia a fattori strumentali dovuti alla diversa risposta dei sensori sia alla variabilità intrinseca delle diverse componenti della frazione sospesa nell'ambiente naturale. Per quanto riguarda l'ambiente lagunare esistono sia variazioni stagionali principalmente legate alla quantità e qualità della frazione organica, sia 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. Si utilizzano quindi relazioni sito-specifiche, che descrivono il comportamento delle due variabili in una singola stazione. La relazione di regressione sito-specifica è determinata quindi per ogni stazione correlando le concentrazioni determinate nei campioni d'acqua ed il valore della torbidità registrata dallo strumento nello stesso istante del prelievo. Viene calcolata però successivamente alla procedura di filtrazione e alle correzioni effettuate per rimuovere l'effetto del fouling pertanto per la calibrazione si utilizza solo un sottoinsieme delle coppie di valori di torbidità e concentrazione di SPM disponibili.

Nel paragrafo 3.1 sono riportati, per ogni stazione di misura, i diagrammi sperimentali e le specifiche rette utilizzate per la conversione.

### 3. ANALISI E TRATTAMENTO DEI DATI

#### 3.1 Validazione dei dati e calibrazione

Nel presente paragrafo si analizza il funzionamento degli strumenti delle otto stazioni nel periodo Settembre-Dicembre 2012 e si riportano i risultati della procedura di calibrazione.

Per facilitare la comprensione del grado di copertura delle registrazioni, nella Figura 3.2 viene visualizzata l'estensione temporale delle acquisizioni effettuate dai singoli strumenti:

- in arancione sono indicati i giorni in cui sono state effettuate senza problemi le registrazioni dei dati di torbidità e dei parametri fisici dell'acqua;
- in azzurro sono riportati i giorni in cui mancano i soli dati di torbidità per malfunzionamento di questo solo sensore;
- in grigio sono indicati i giorni in cui mancano sia i dati di torbidità che i dati dei parametri fisici dell'acqua per malfunzionamento dello strumento o per sua assenza.

Risultano le seguenti interruzioni nelle acquisizioni:

- stazione MAP: Il giorno 03/10/2012 la sonda è stata prelevata e portata nei laboratori del CNR-ISMAR per manutenzione generale e calibrazione del sensore di torbidità ed è stata riposizionata il giorno 11/10/2012.
- stazione LIM: Il giorno 11/10/2012 la sonda è stata rimossa e portata nei laboratori del CNR-ISMAR per le operazioni di manutenzione e calibrazione del sensore di torbidità. A causa di un guasto intercorso durante tali attività la sonda è stata poi consegnata alla ditta produttrice per la riparazione ed è stata riposizionata il giorno 7 Novembre 2012.
- stazione MAM: Il giorno 19 Novembre 2012 la sonda è stata recuperata dal personale CNR-ISMAR, con l'ausilio di un sommozzatore a causa del blocco del sistema di ancoraggio, e portata presso i laboratori del CNR-ISMAR per le consuete operazioni di manutenzione. I dati del file scaricato sono risultati interrotti al giorno 24/10/2012. È stata riposizionata il giorno 26 Novembre 2012.



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

Di seguito, nella Tabella 3.1, è riportata la percentuale di funzionamento di ogni sonda (numero dei giorni di funzionamento rispetto al numero complessivo dei giorni di impiego) e la percentuale dei dati validati dopo la procedura di filtrazione e correzione del fouling (numero dei dati validati rispetto al numero di dati complessivo) in tutto il periodo del monitoraggio Settembre-Dicembre 2012

Tabella 3.1. Percentuale di funzionamento (numero dei giorni di funzionamento rispetto al numero complessivo dei giorni) e percentuale dei dati validati (numero dati validati rispetto al numero di dati complessivo) nel periodo Settembre-Dicembre 2012.

Tipologia	Stazione	Percentuale di funzionamento	Percentuale di dati validati
<i>Stazioni in laguna</i>	LTP	100%	95.3%
	MAP	94.26%	88.1%
	CHP	100%	99.9%
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	100%	97.9%
	LMR-2	100%	96.0%
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	77.87%	48.5%
	MAM	72.95%	56.6%
	CHM3	100%	50.2%

Si vede come per le stazioni a mare si abbia una bassa percentuale di dati validati.

Per quanto riguarda la sonda presso la stazione LIM si sono avuti dei problemi durante la registrazione dei dati. Infatti, in seguito alle operazioni di riparazione presso la ditta produttrice, il sensore di torbidità della sonda è stato reimpostato sulla scala 0-25 FTU senza darne notifica. Pertanto parte dei dati nel periodo 7 Novembre-12 Dicembre 2012 è stata invalidata. Successivamente, durante lo scarico dati del giorno 20 Dicembre 2012 si è riscontrato che una parte della gabbia di protezione dei sensori andava a mascherare la lettura del sensore di torbidità pertanto i dati del periodo 12-20 Dicembre 2012 sono stati invalidati.

Per quanto riguarda la stazione MAM si sono dovuti eliminare i dati dal 17 Settembre al 9 Ottobre poiché la torbidità presentava un andamento anomalo probabilmente dovuto ad un accumulo di materiale sul sensore.

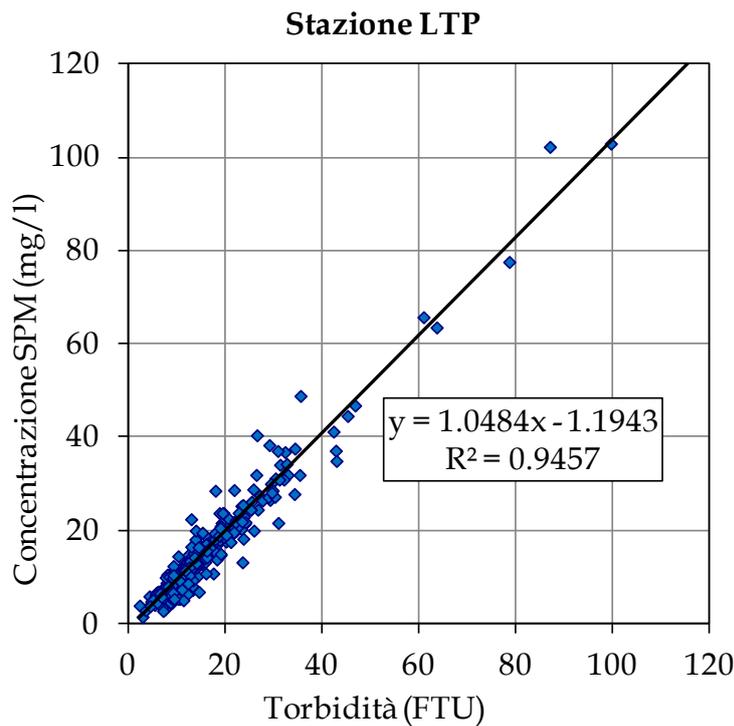
Anche per quanto riguarda la stazione CHM si sono dovuti cancellare numerosi picchi anomali (principalmente nei mesi di Ottobre e Novembre) probabilmente legati ad accumulo di materiale.

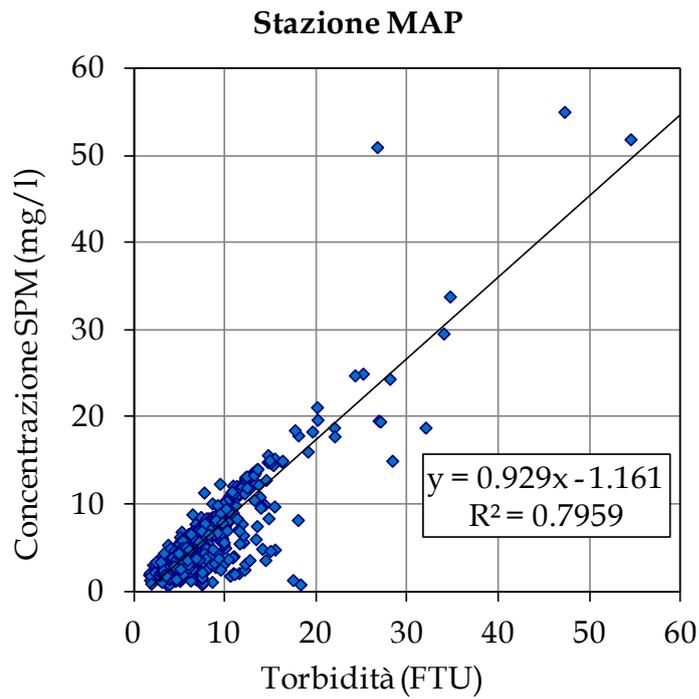
Correlando per ogni stazione i dati di torbidità corretti (FTU) e i corrispondenti valori di concentrazione di SPM (mg/l) nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione sono state determinate le rette di regressione, le cui equazioni sono riportate in Tabella 3.2 e visualizzate nella Figura 3.2 (a-g). Ciascuna di queste relazioni, ricavata utilizzando tutti i dati disponibili relativi ai vari anni di monitoraggio, è stata poi utilizzata per derivare la serie temporale della concentrazione di SPM a partire dalla serie della torbidità opportunamente corretta relativa alla corrispondente stazione.

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

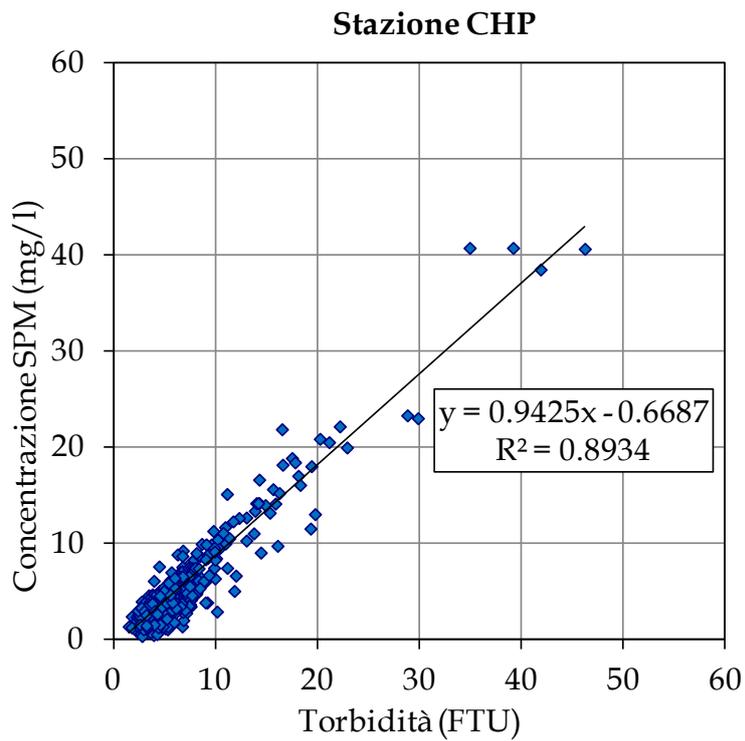
Tabella 3.2 Coefficienti ed equazioni delle rette di regressione utilizzate per la calibrazione dei sensori OBS.

Tipologia	Stazione	Equazione e coefficiente retta di calibrazione
<i>Stazioni in laguna</i>	LTP	$y = 1.0484x - 1.1943$ $R^2 = 0.9457$
	MAP	$y = 0.929x - 1.161$ $R^2 = 0.7959$
	CHP	$Y=0.9425x - 0.6687$ $R^2 = 0.8934$
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	$y = 0.9746x + 0.8804$ $R^2 = 0.9078$
	LMR-2	$y = 0.939x - 0.274$ $R^2 = 0.9064$
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	$y = 0.9988x - 1.1496$ $R^2 = 0.9012$
	MAM	$y = 1.0139x - 0.9545$ $R^2 = 0.8773$
	CHM3	$y = 0.7741x - 0.2431$ $R^2 = 0.9708$



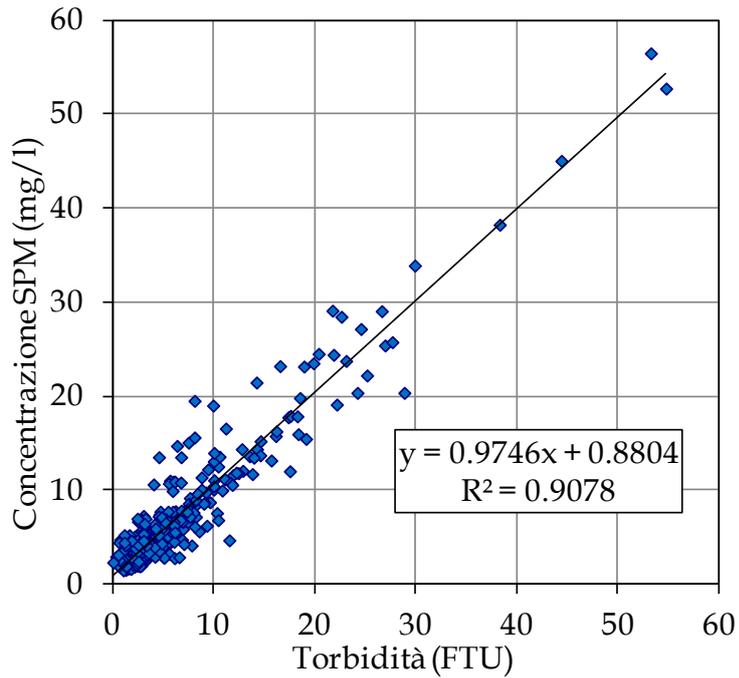


(b)



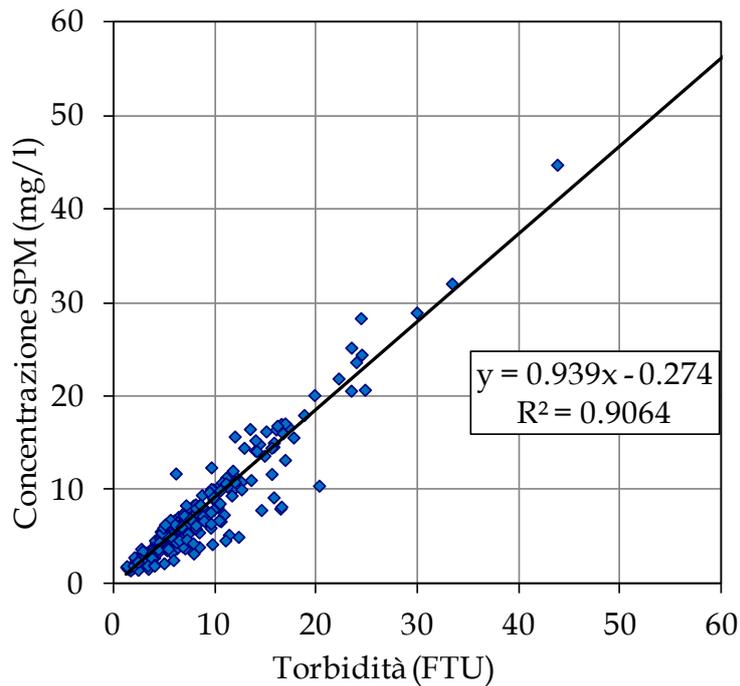
(c)

**Stazione LMR**

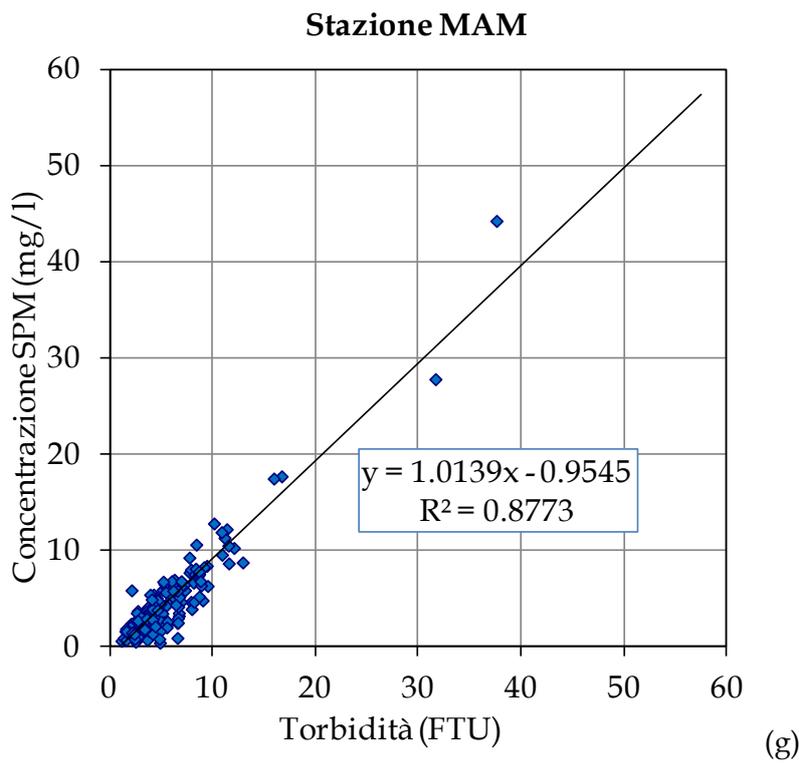
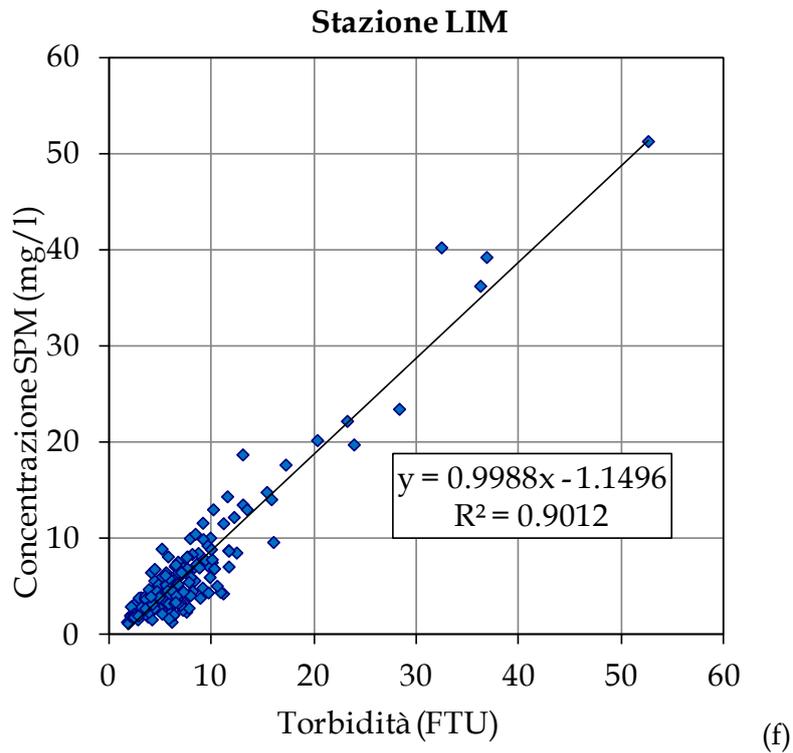


(d)

**Stazione LMR-2**



(e)



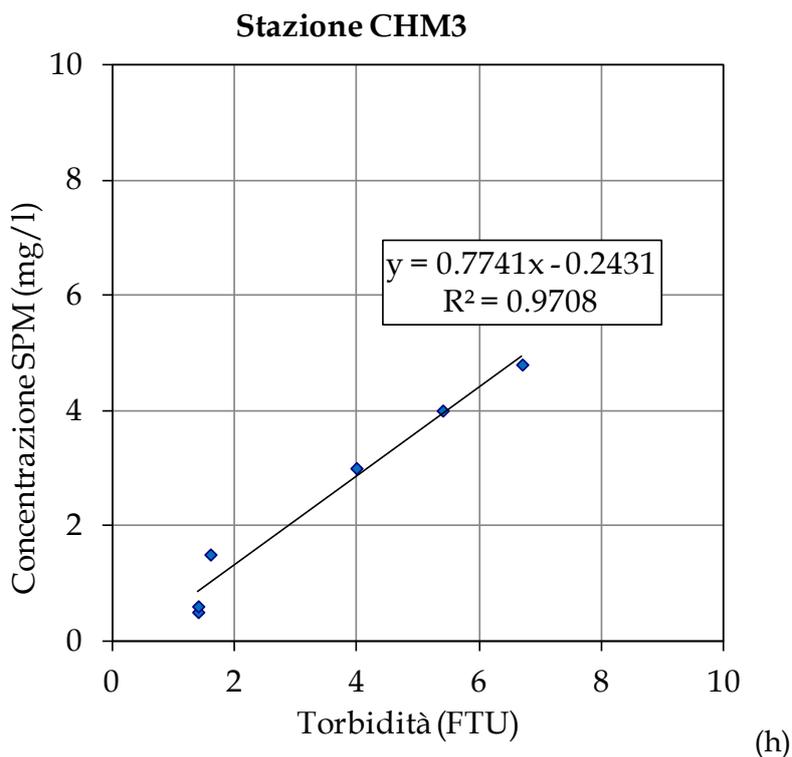


Figura 3.2. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione. Le rette di regressione sono state calcolate includendo tutti i valori disponibili fino ad Agosto 2012.

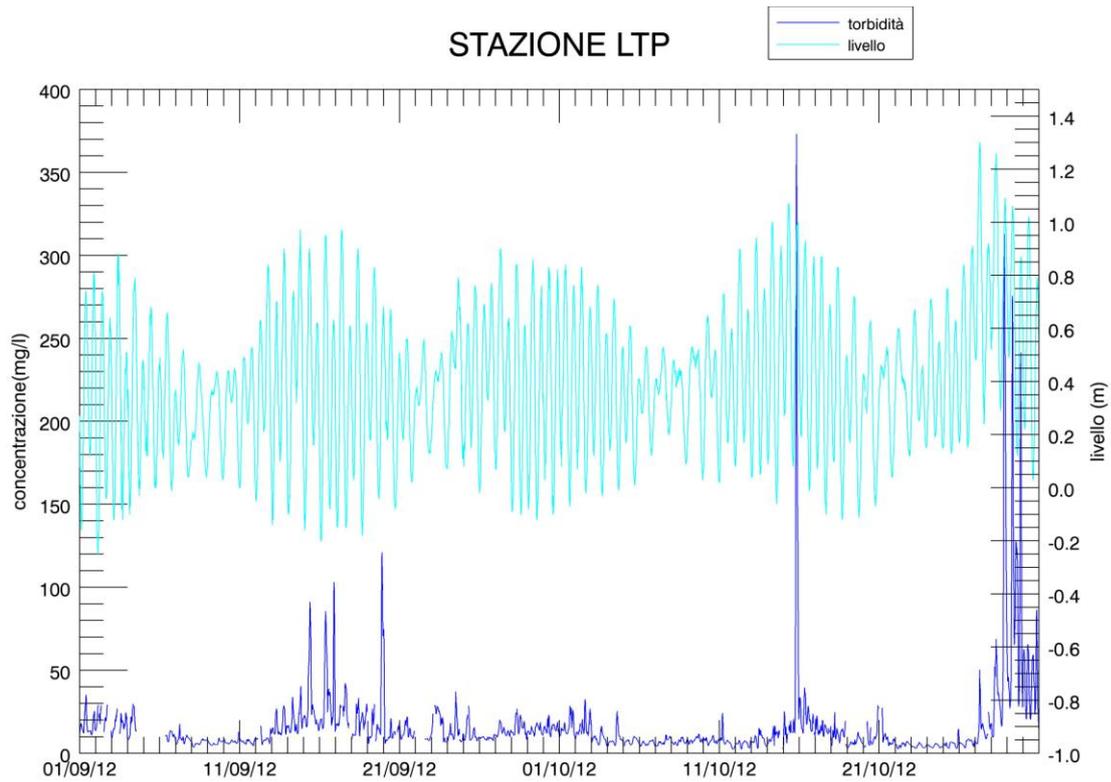
Si osserva come, ad esclusione della stazione CHM3, le pendenze delle rette di regressione per tutte le stazioni siano piuttosto vicine o pari all'unità, il che significa una quasi corrispondenza tra valori di concentrazione del materiale sospeso e torbidità. Il valore di  $R^2$  tendente all'unità, invece, indica la bassa dispersione dei dati: a tal proposito si nota che in alcune stazioni questo coefficiente assume un valore inferiore a 0.9; è stata infatti qui riscontrata la minore correlazione tra valori misurati e campioni prelevati, probabilmente dovuta alla frequente presenza, davanti alle finestre ottiche del sensore, di ostruzioni parziali. Come descritto nel paragrafo 2.3, sono previsti degli interventi di manutenzione in laboratorio per il ripristino delle condizionali ottimali delle sonde (pulizia approfondita, ricalibrazione, sostituzione sensori). Tale intervento è stato effettuato per ognuna delle sonde che presentavano evidenti anomalie e viene comunque ripetuto ogni qual volta le sonde rientrano presso il laboratorio per interventi di riparazione.

### 3.2 Serie temporali della concentrazione del particolato solido sospeso (SPM)

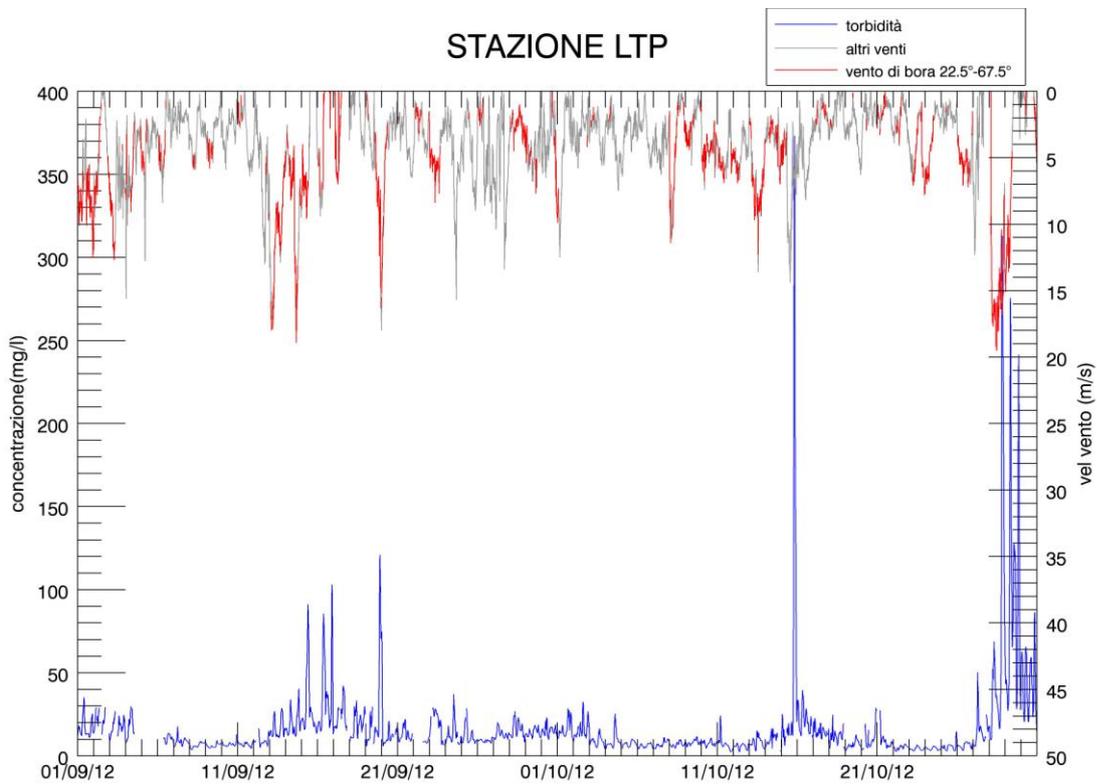
Le serie temporali del periodo Settembre-Dicembre 2012 sono incluse nei files del database allegato al presente Rapporto.

Di seguito vengono presentate due tipologie di elaborati grafici: nella prima (da Figura 3.3 (a) a Figura 3.18(a)) vengono rappresentati i valori di SPM (linea blu) e la curva di marea (linea azzurra) del mareografo più vicino alla stazione in questione (Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia, Diga Sud di Lido, Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia), mentre nella seconda (da Figura 3.3 (b) a Figura 3.18 (b)) l'SPM è rappresentato insieme all'andamento orario della velocità del vento (evidenziando con il colore rosso il vento di bora), misurata alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR.

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



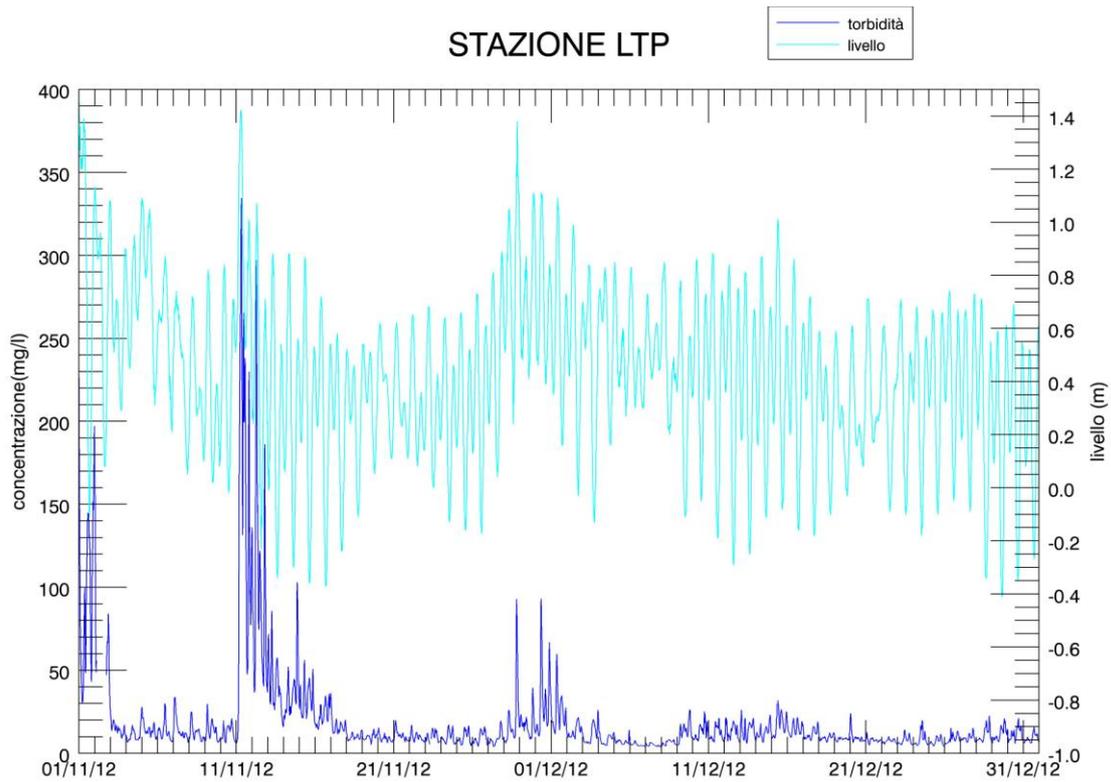
(a)



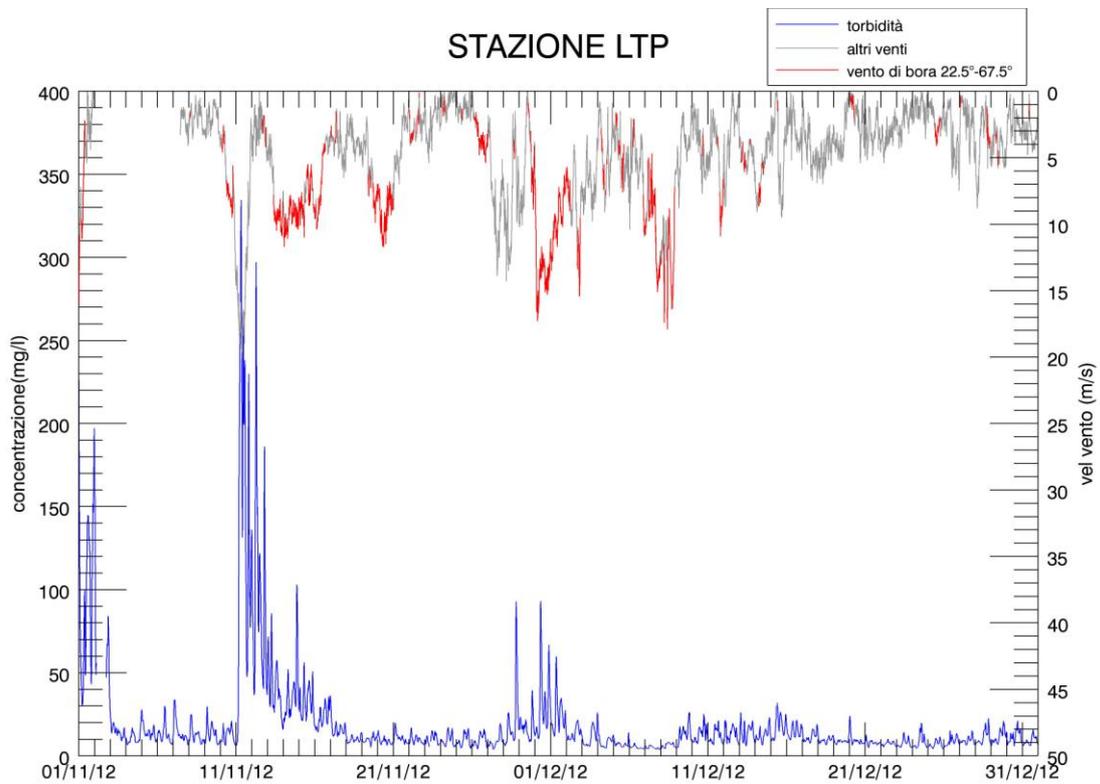
(b)

Figura 3.3. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LTP nel periodo Settembre-Ottobre 2012

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



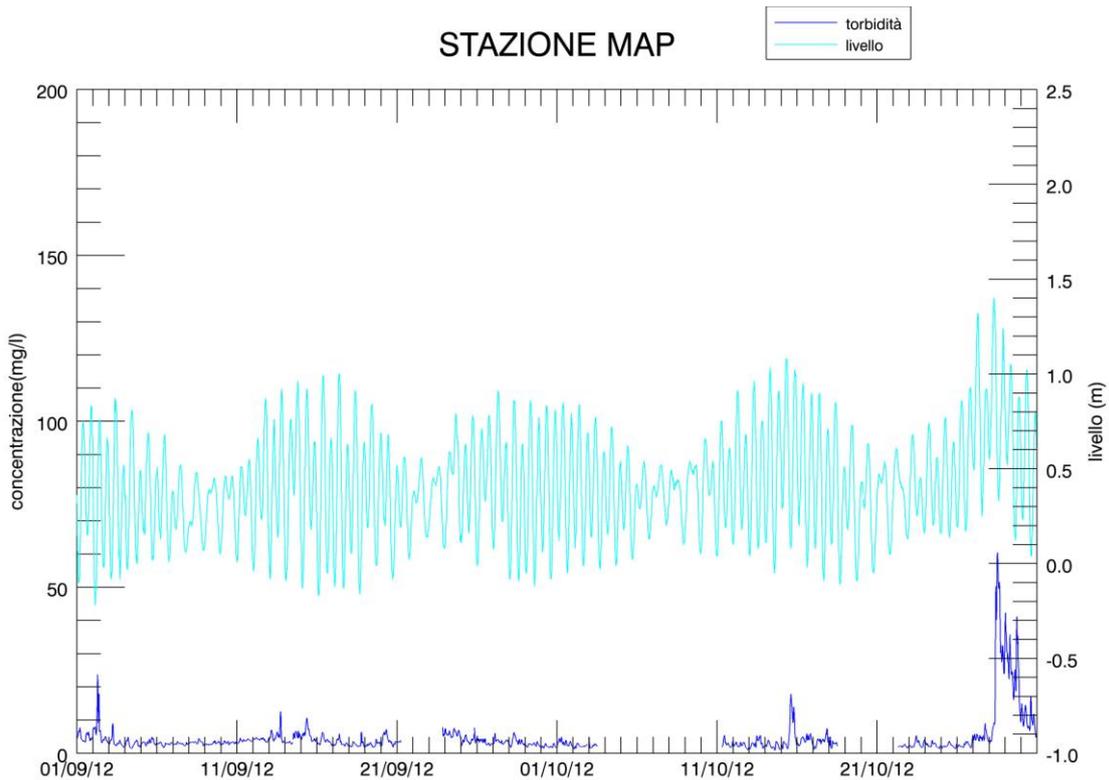
(a)



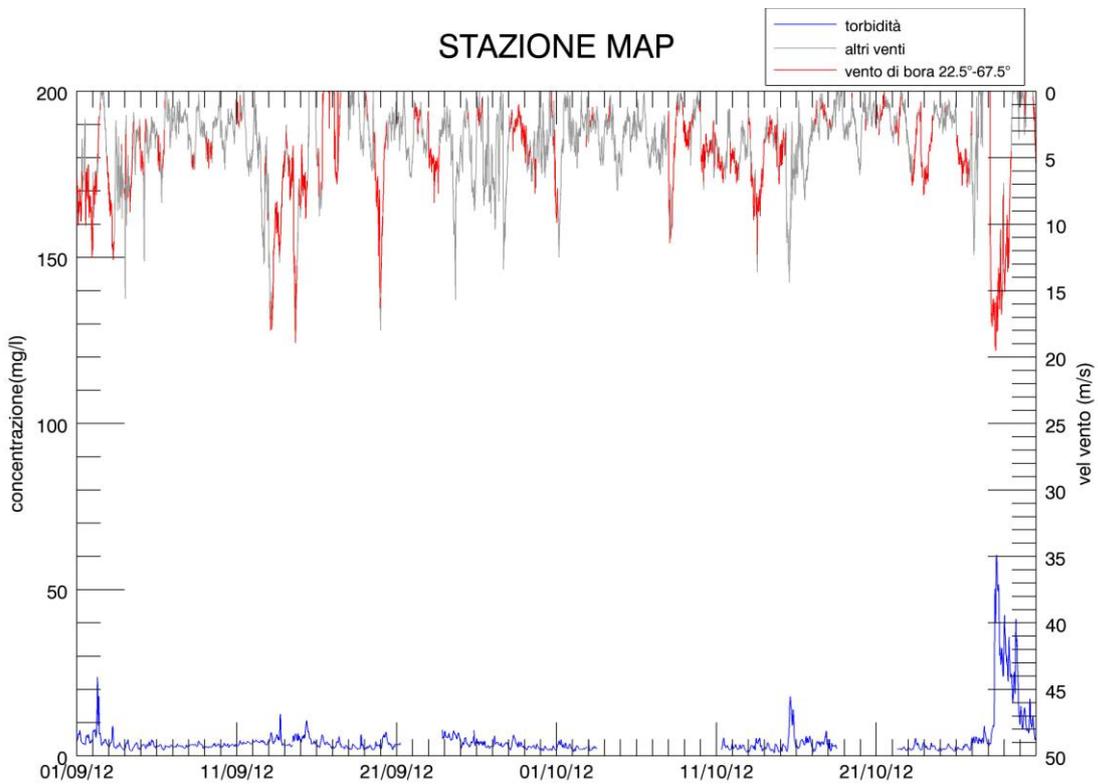
(b)

Figura 3.4. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LTP nel periodo Novembre-Dicembre 2012.

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



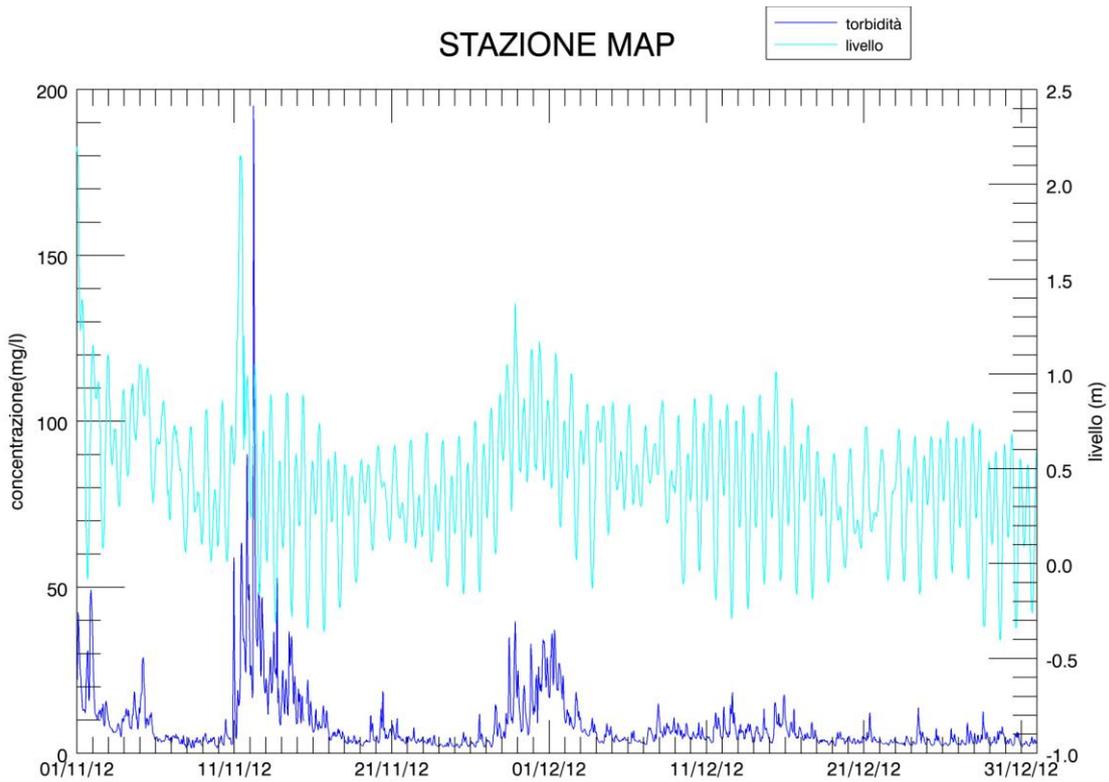
(a)



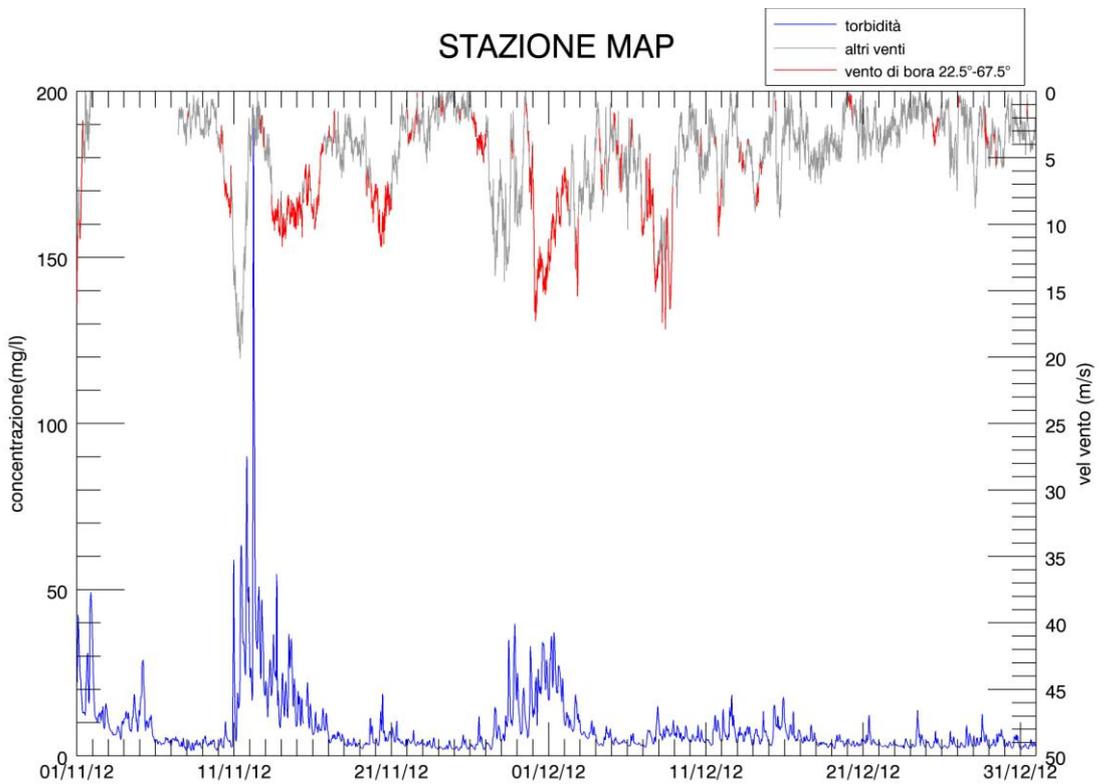
(b)

Figura 3.5. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAP nel periodo Settembre-Ottobre 2012

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



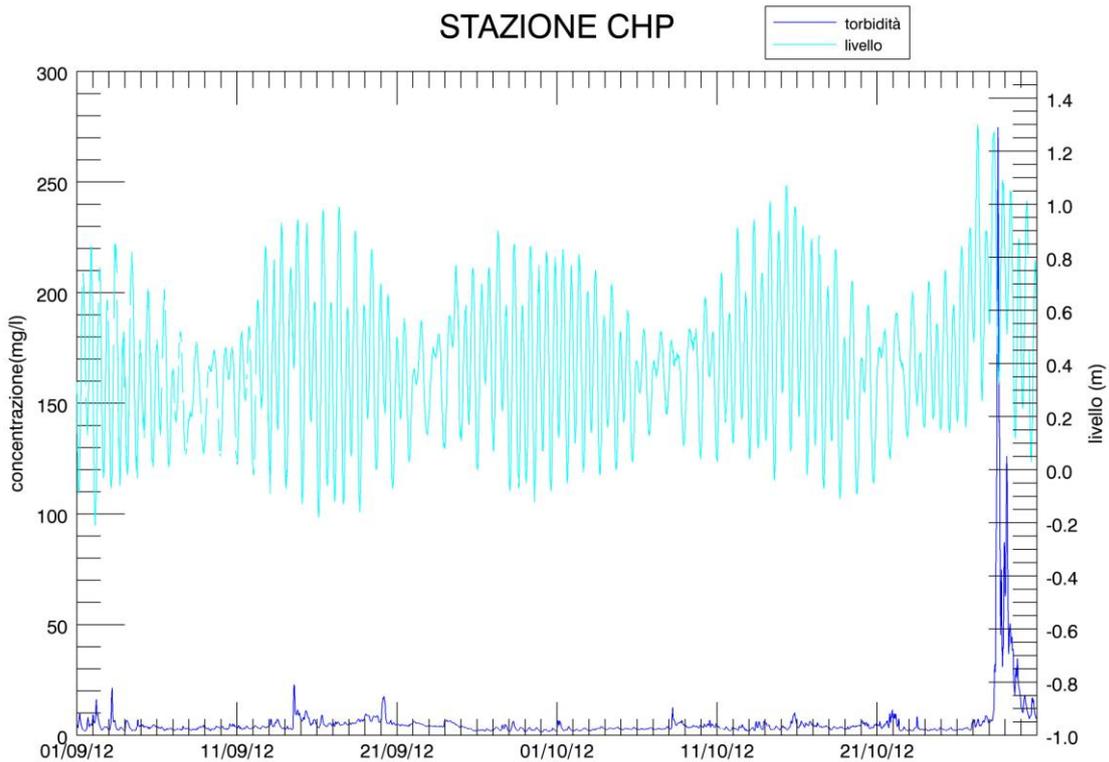
(a)



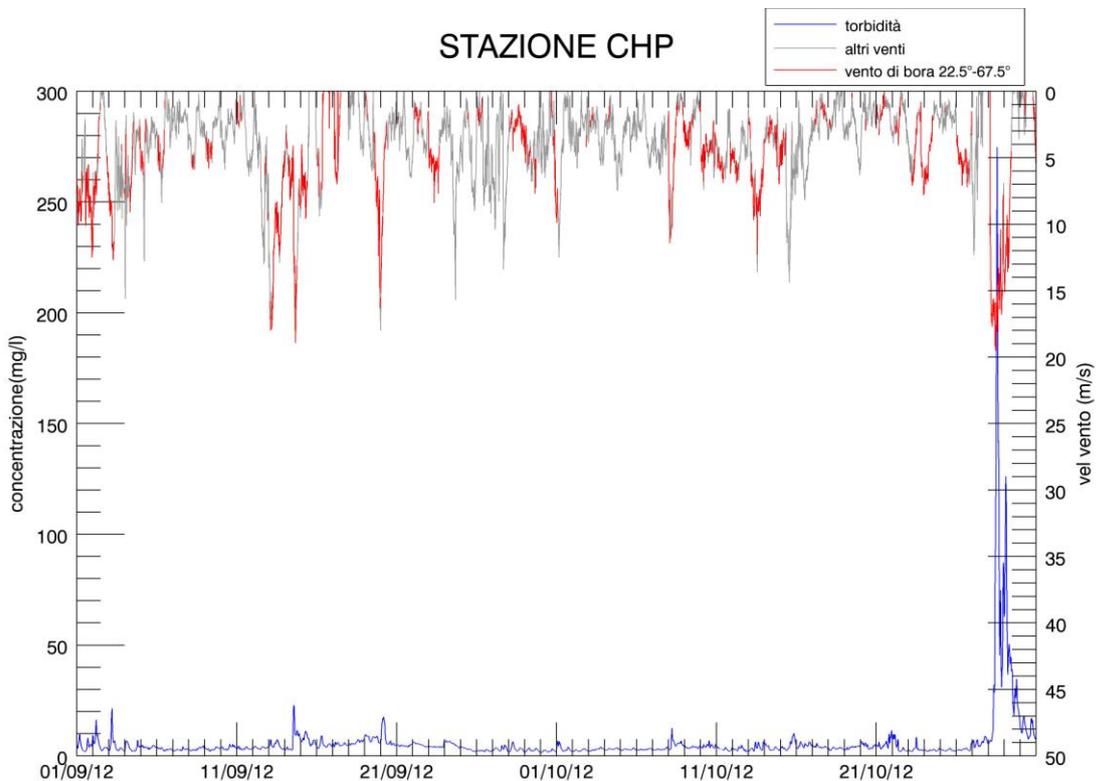
(b)

Figura 3.6. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAP nel periodo Novembre-Dicembre 2012.

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



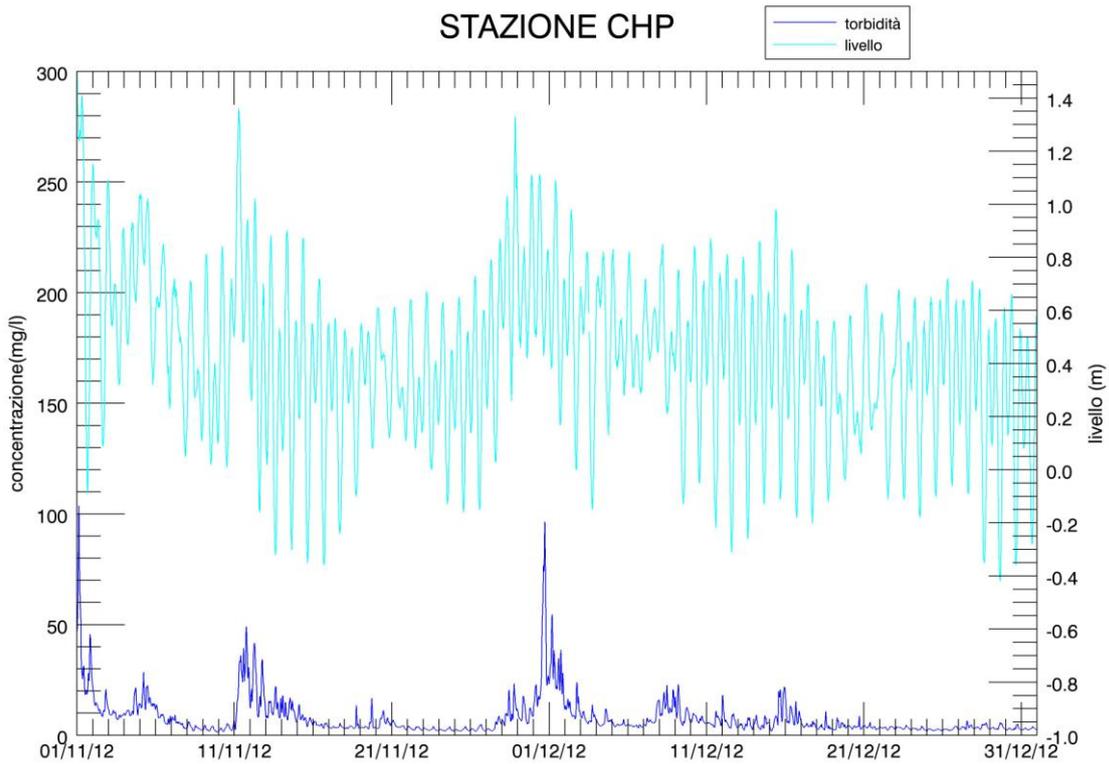
(a)



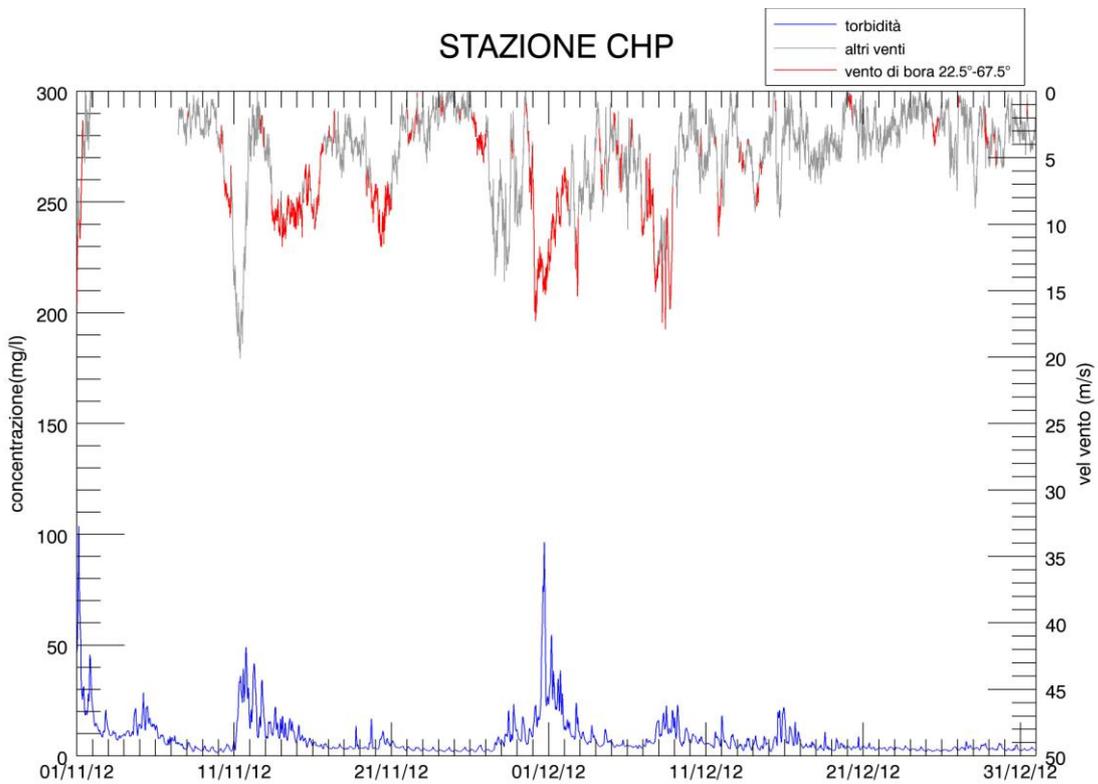
(b)

Figura 3.7. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHP nel periodo Settembre-Ottobre 2012

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



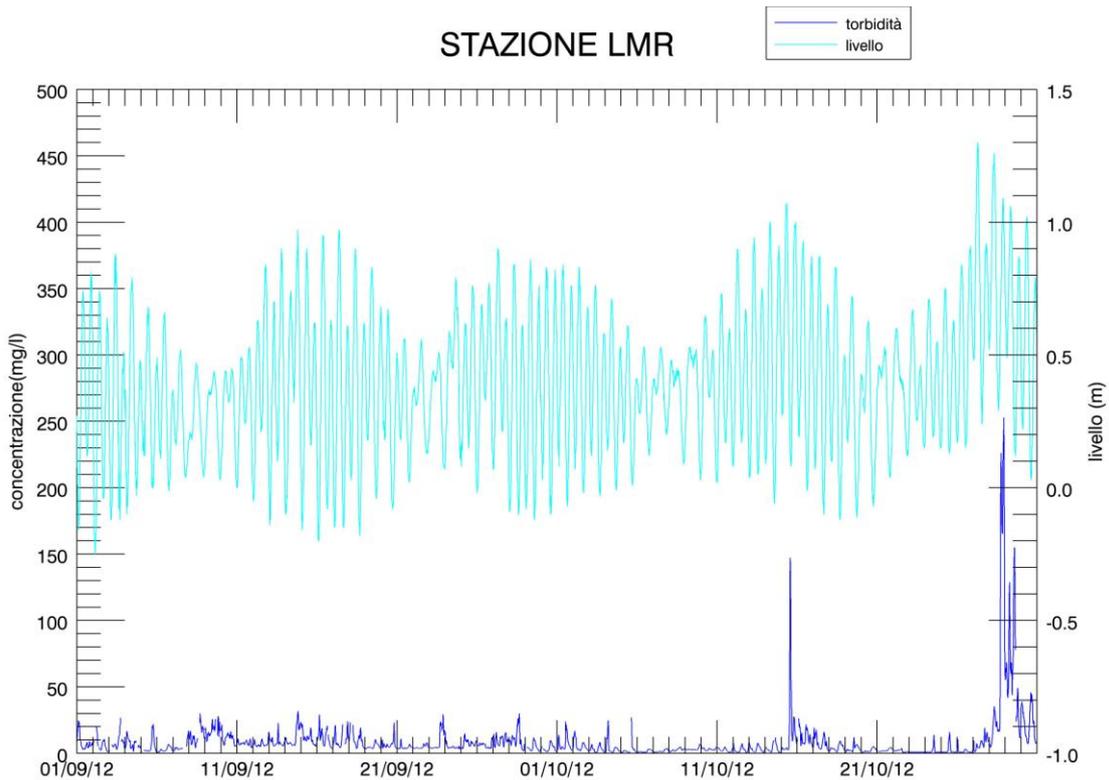
(a)



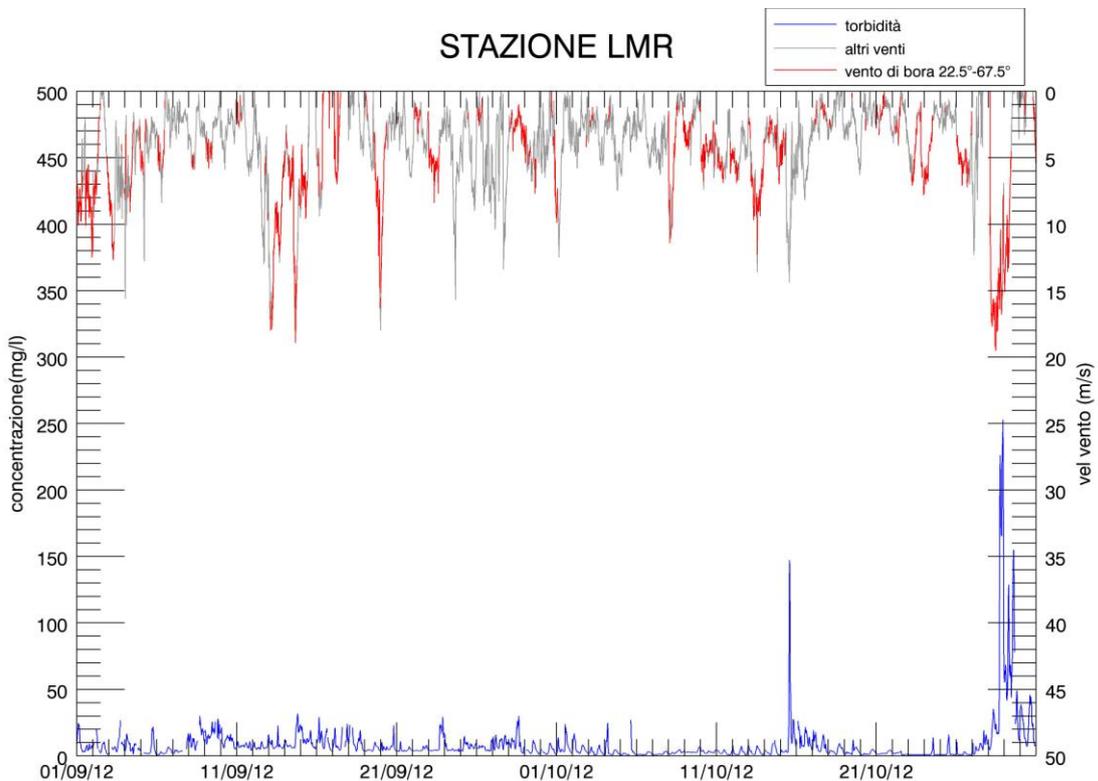
(b)

Figura 3.8. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHP nel periodo Novembre-Dicembre 2012.

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



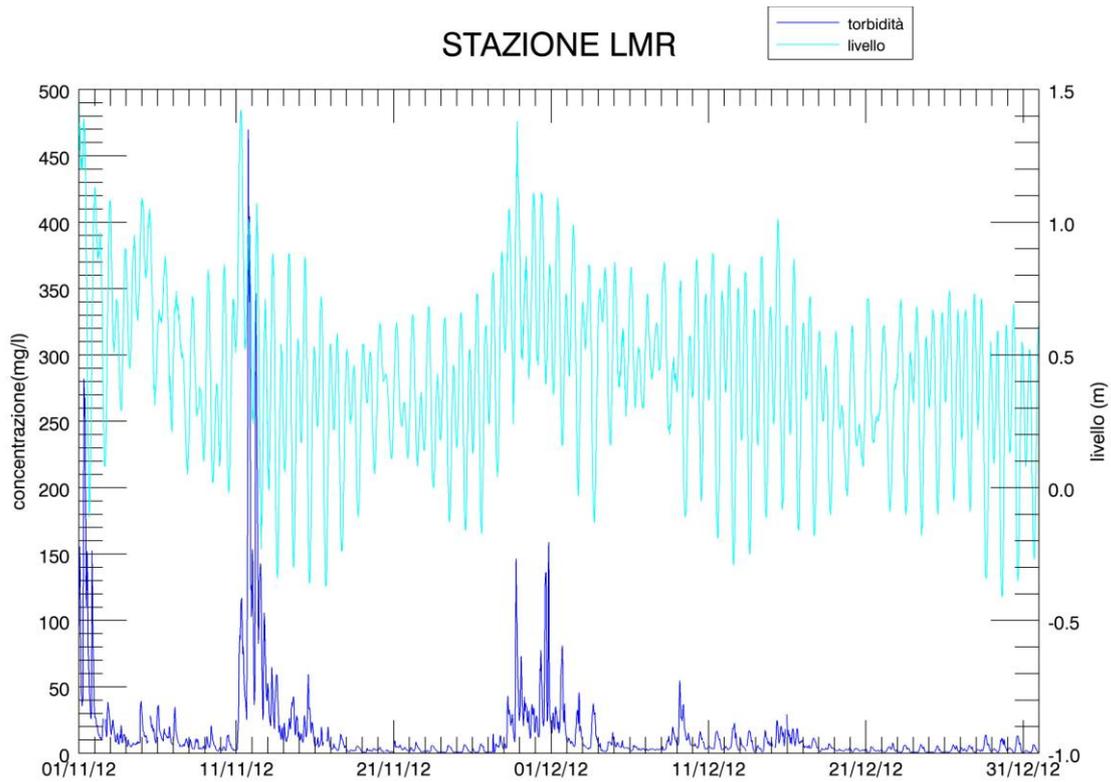
(a)



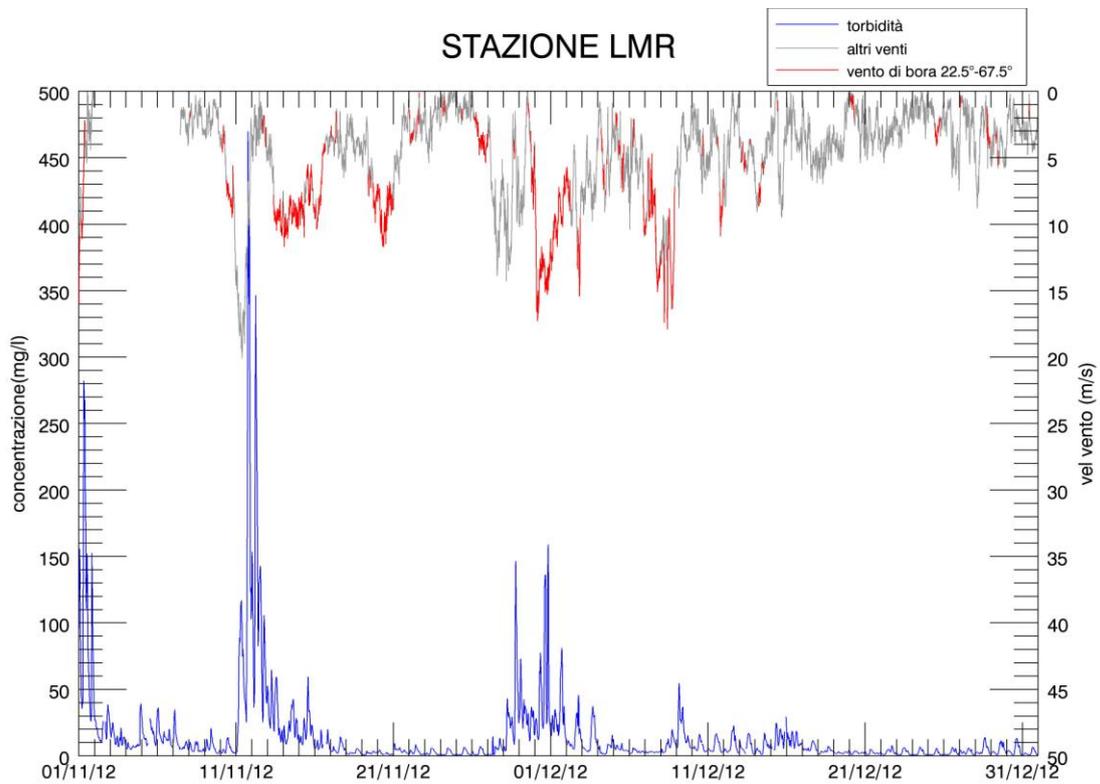
(b)

Figura 3.9. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LMR nel periodo Settembre-Ottobre 2012

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



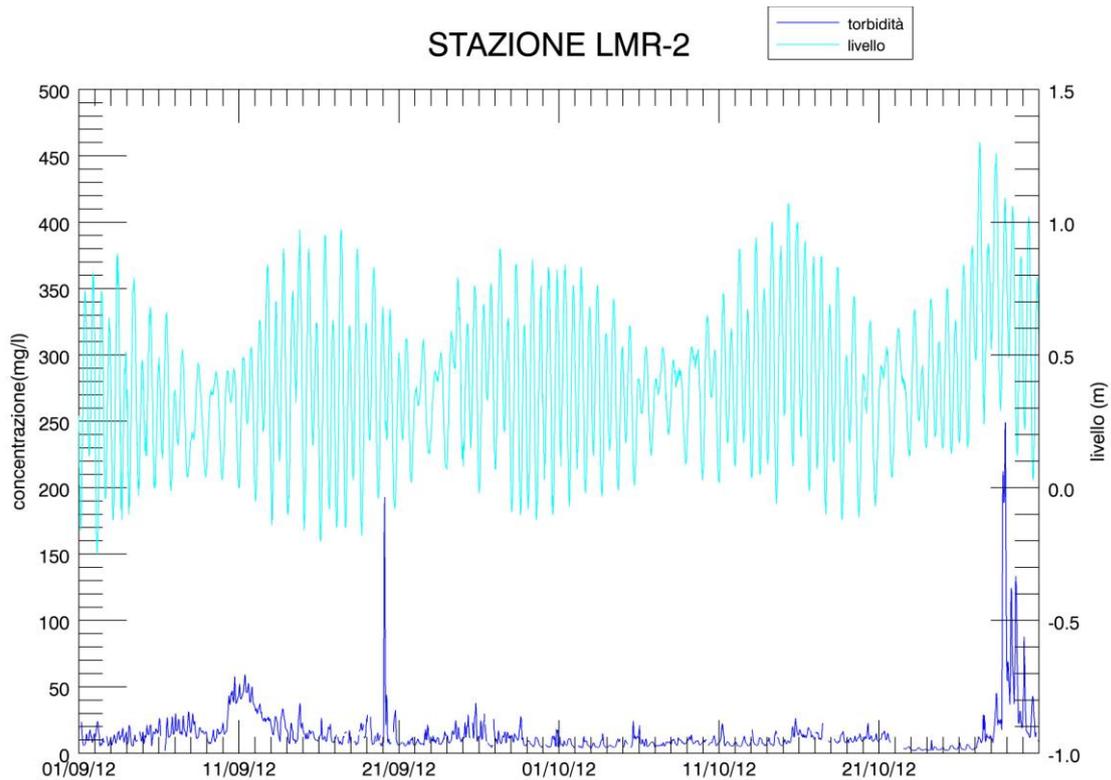
(a)



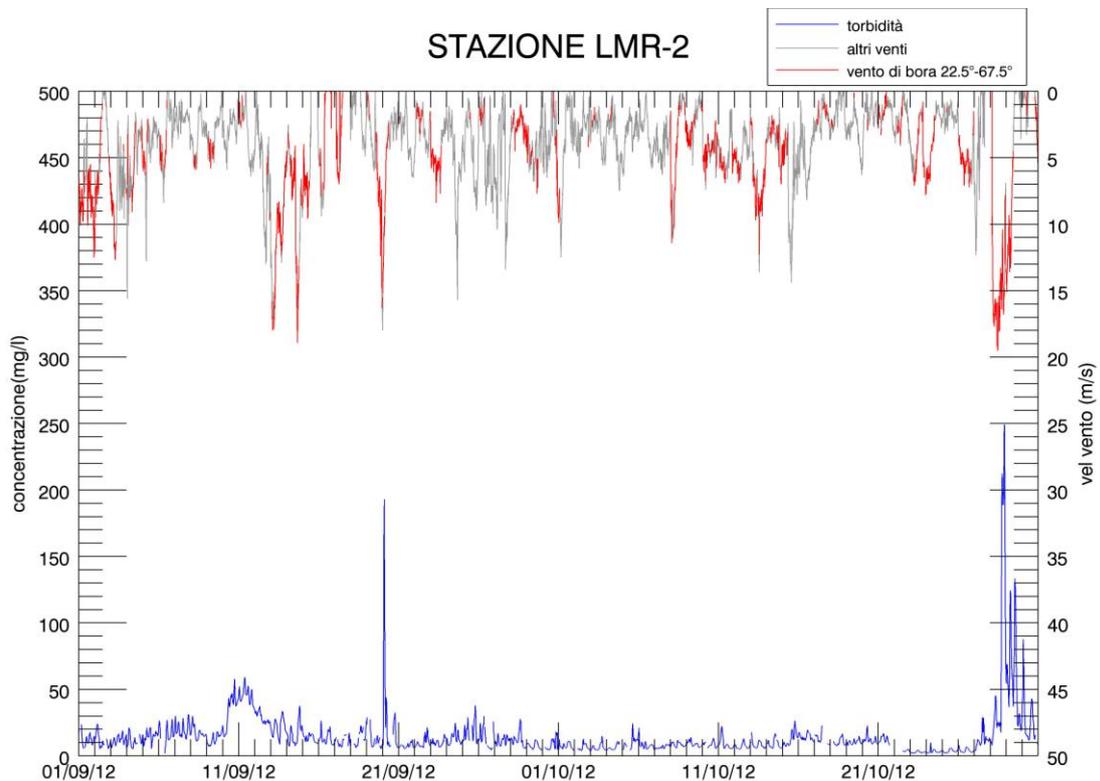
(b)

Figura 3.10. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LMR nel periodo Novembre-Dicembre 2012.

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



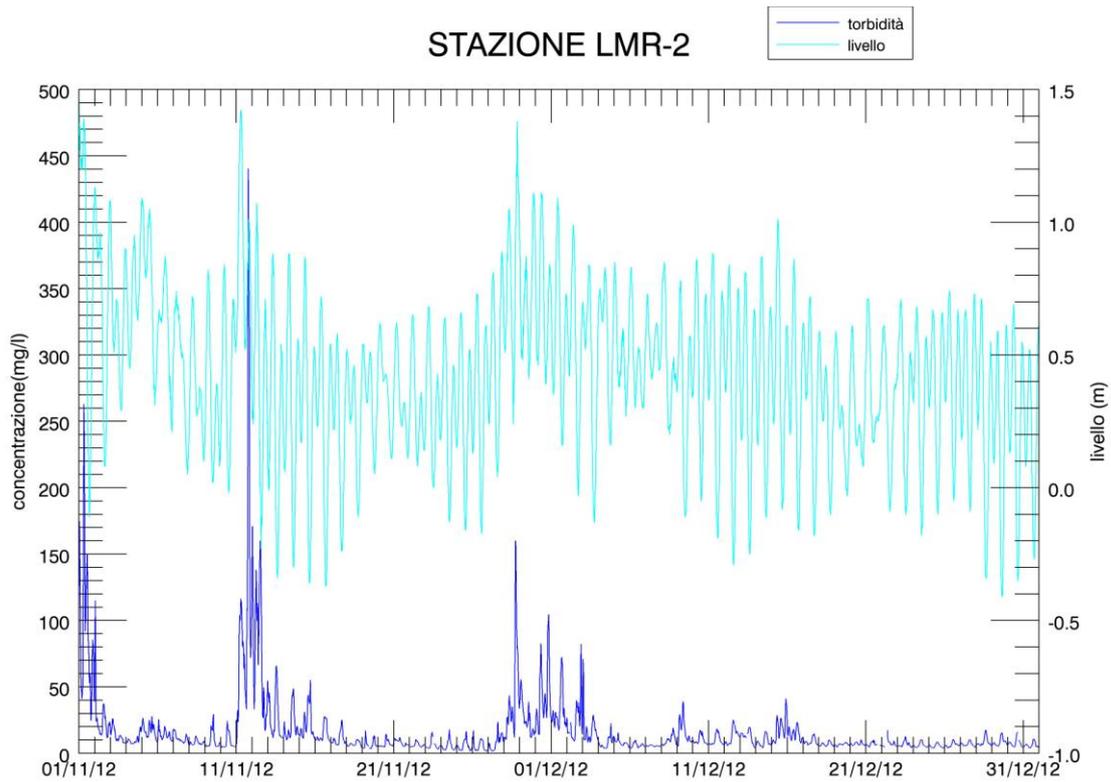
(a)



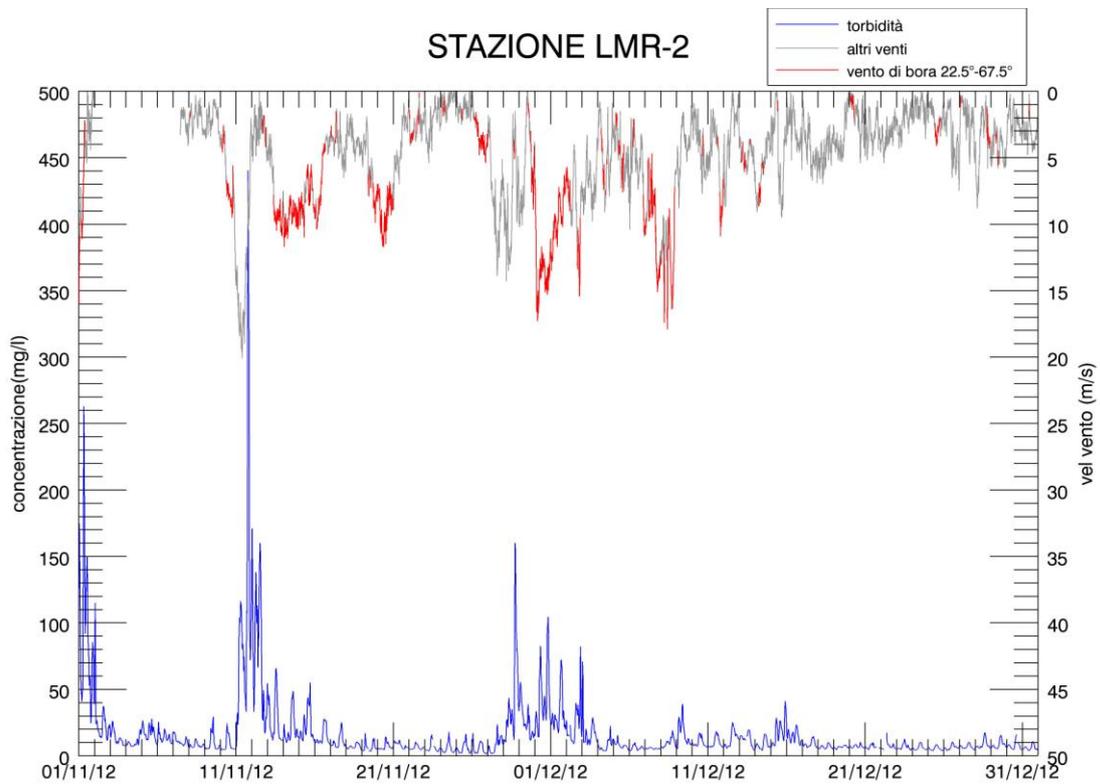
(b)

Figura 3.11. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LMR-2 nel periodo Settembre-Ottobre 2012

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



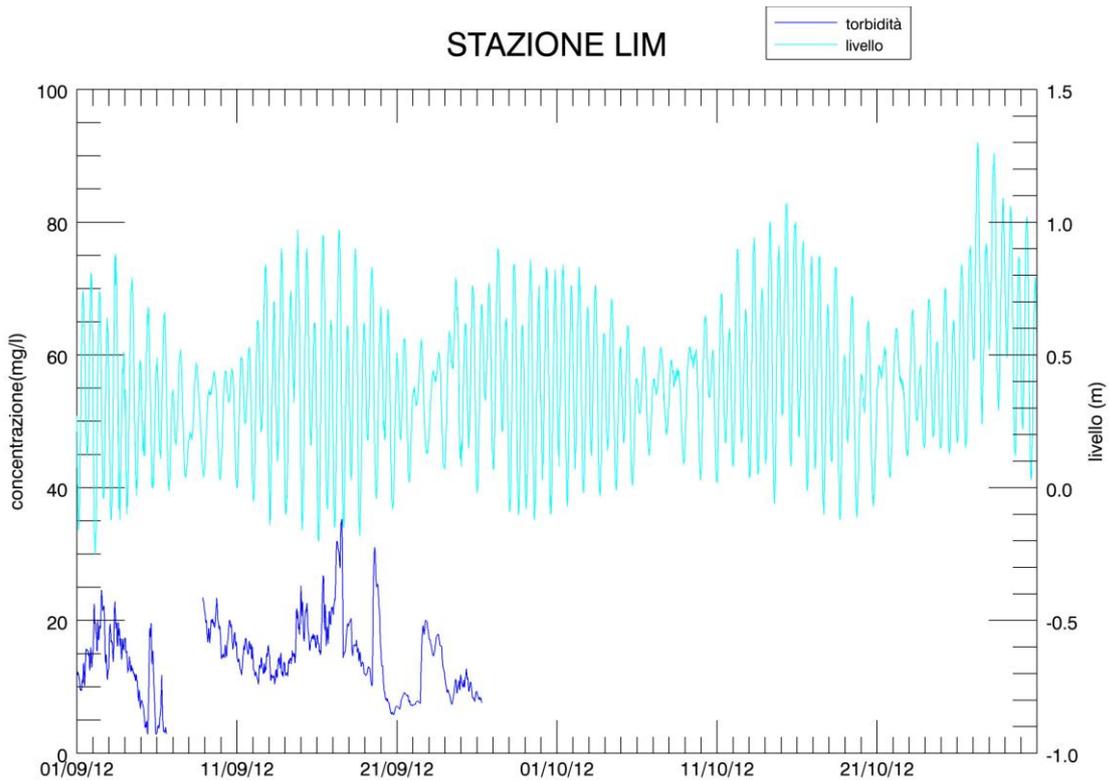
(a)



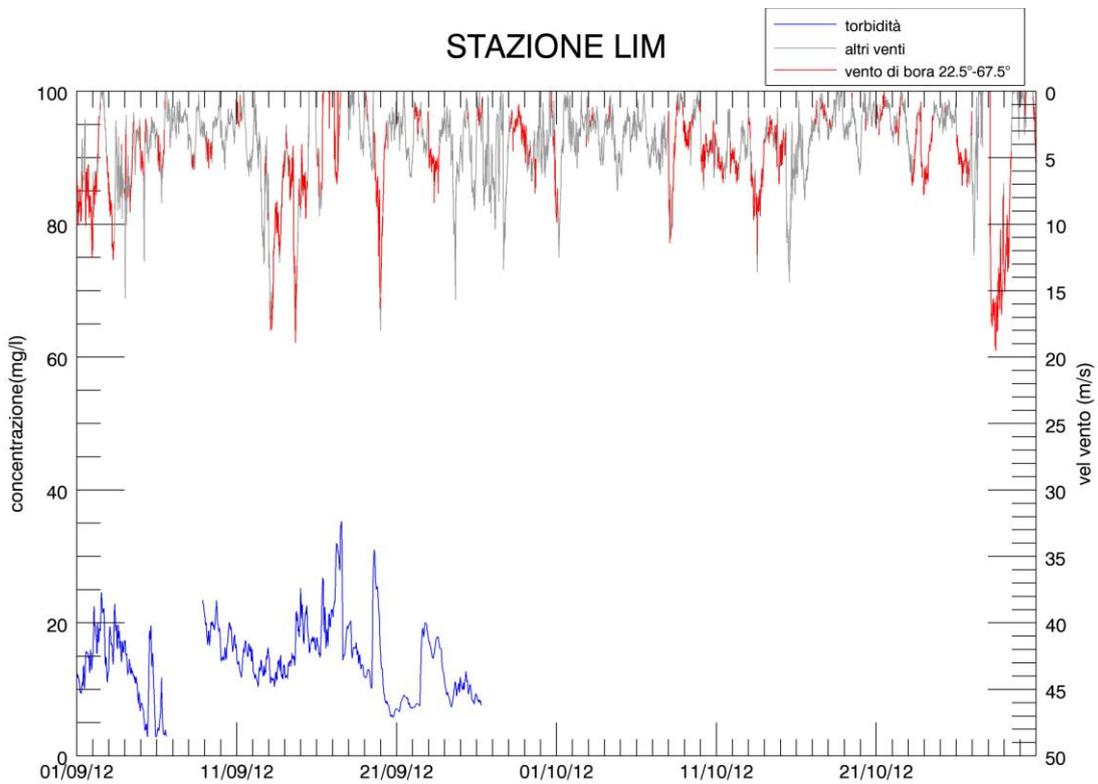
(b)

Figura 3.12. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LMR-2 nel periodo Novembre-Dicembre 2012.

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



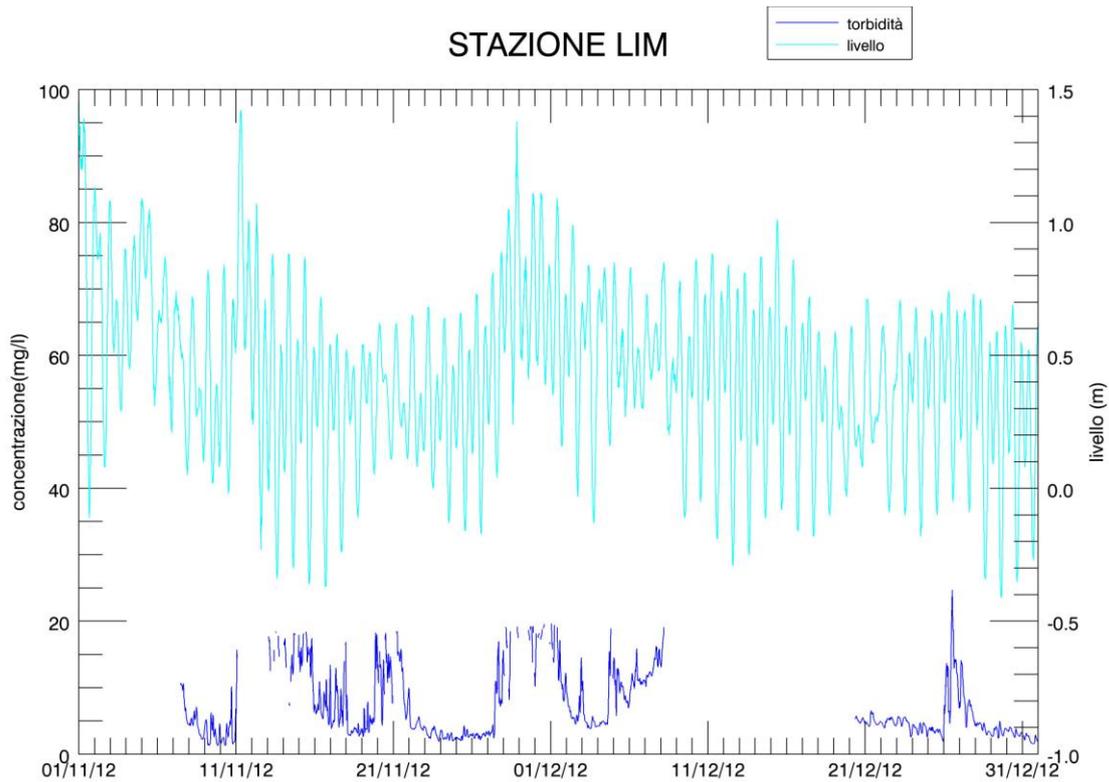
(a)



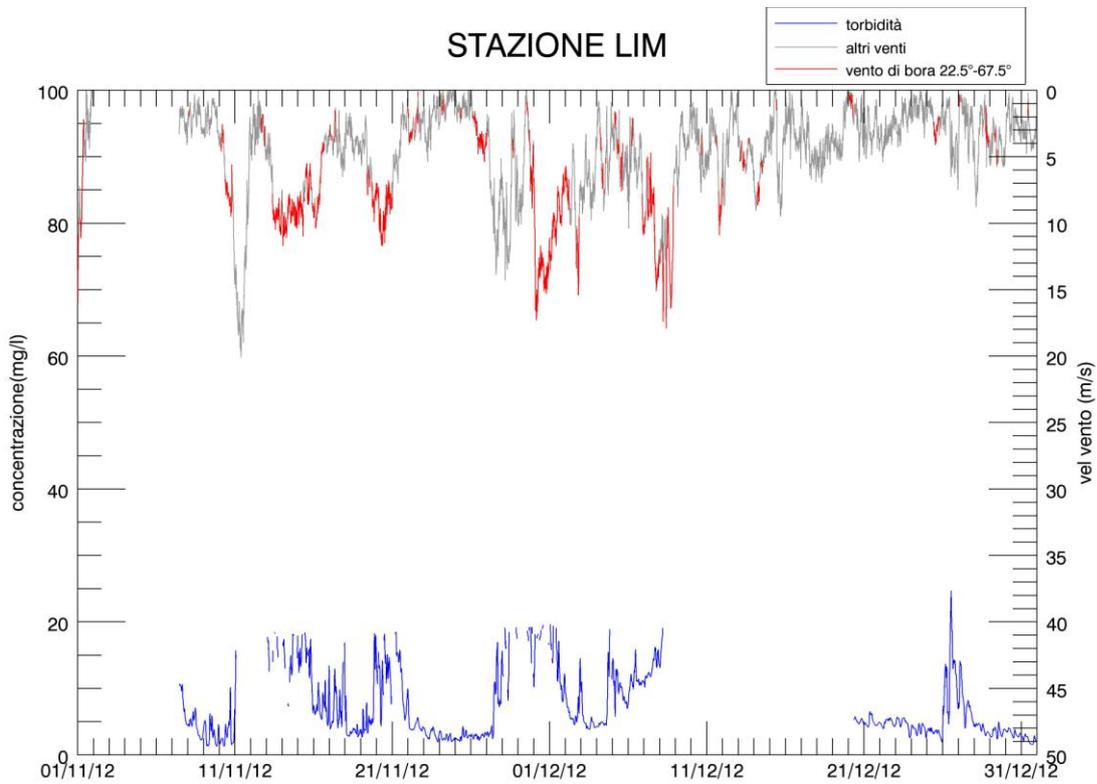
(b)

Figura 3.13. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LIM nel periodo Settembre-Ottobre 2012

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



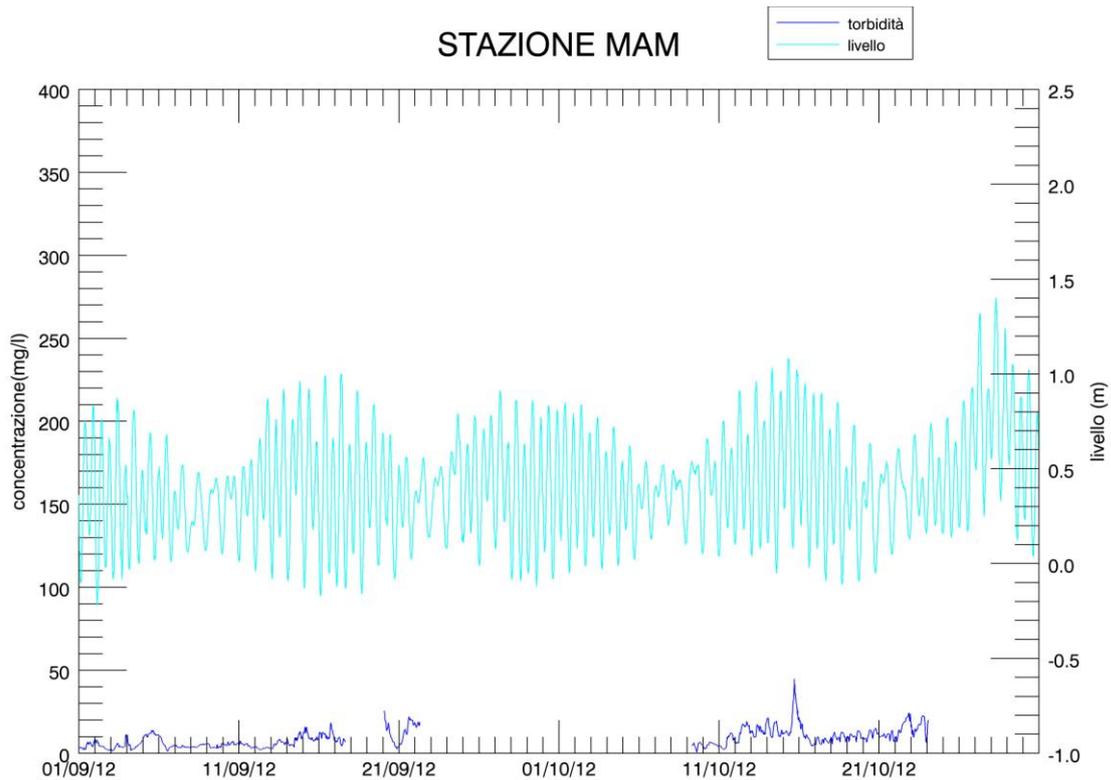
(a)



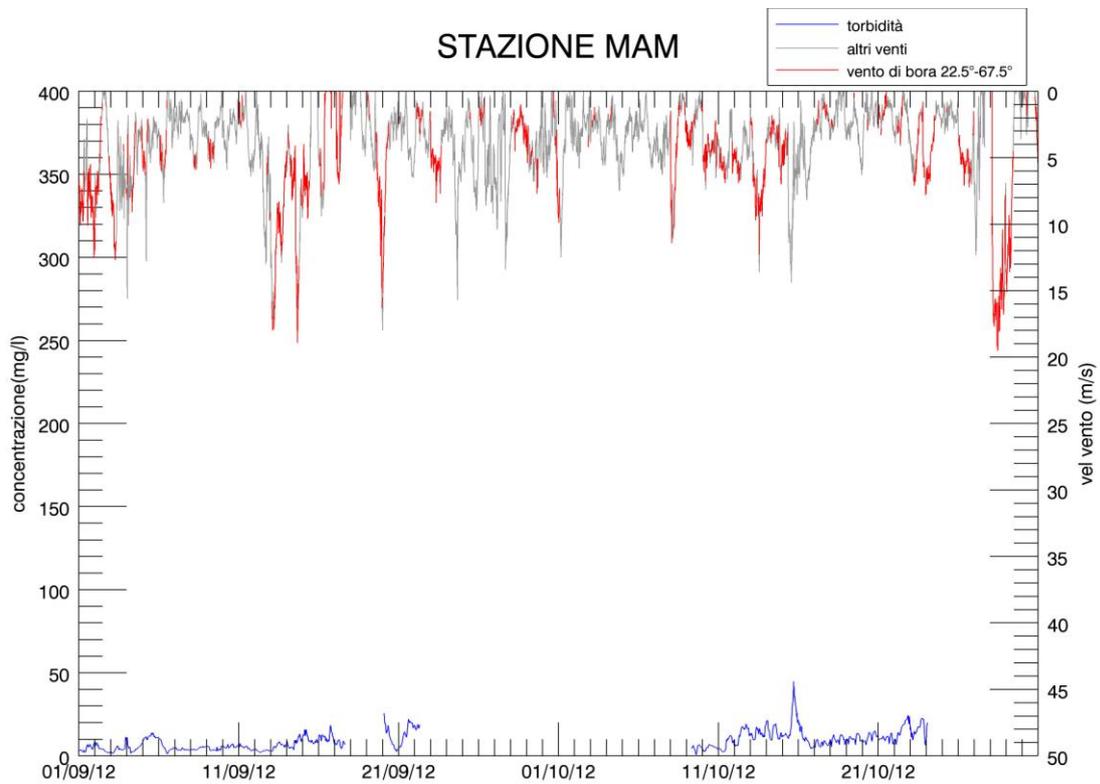
(b)

Figura 3.14. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LIM nel periodo Novembre-Dicembre 2012.

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



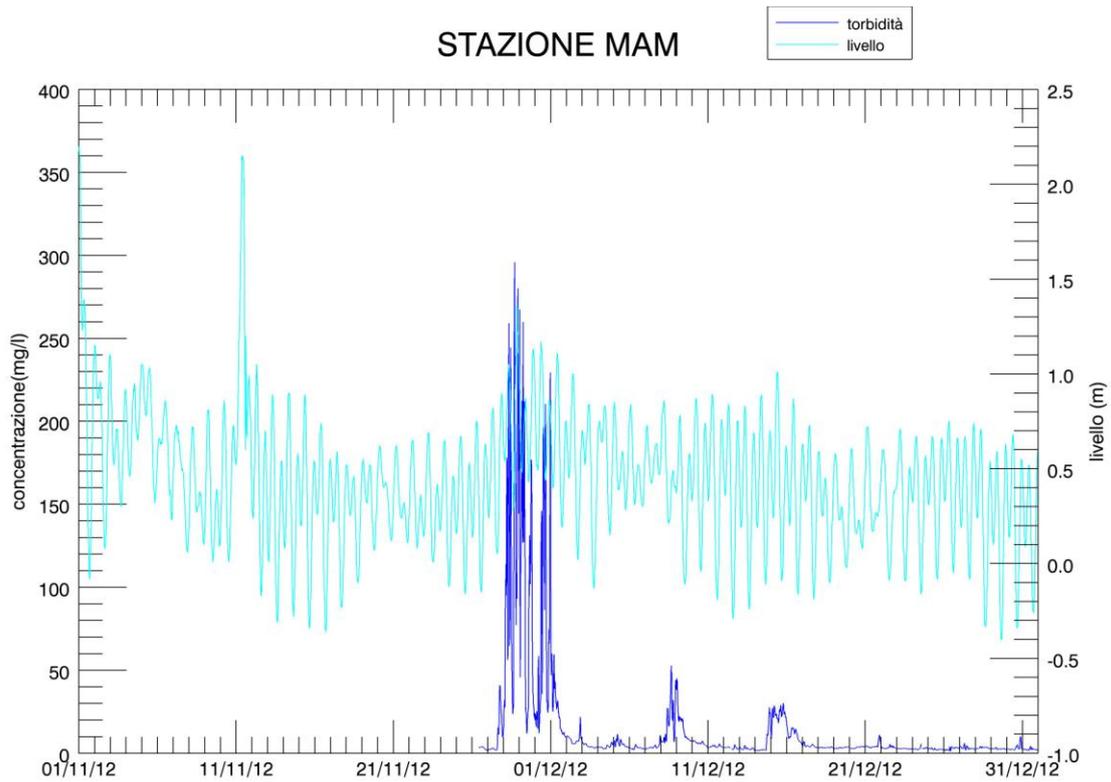
(a)



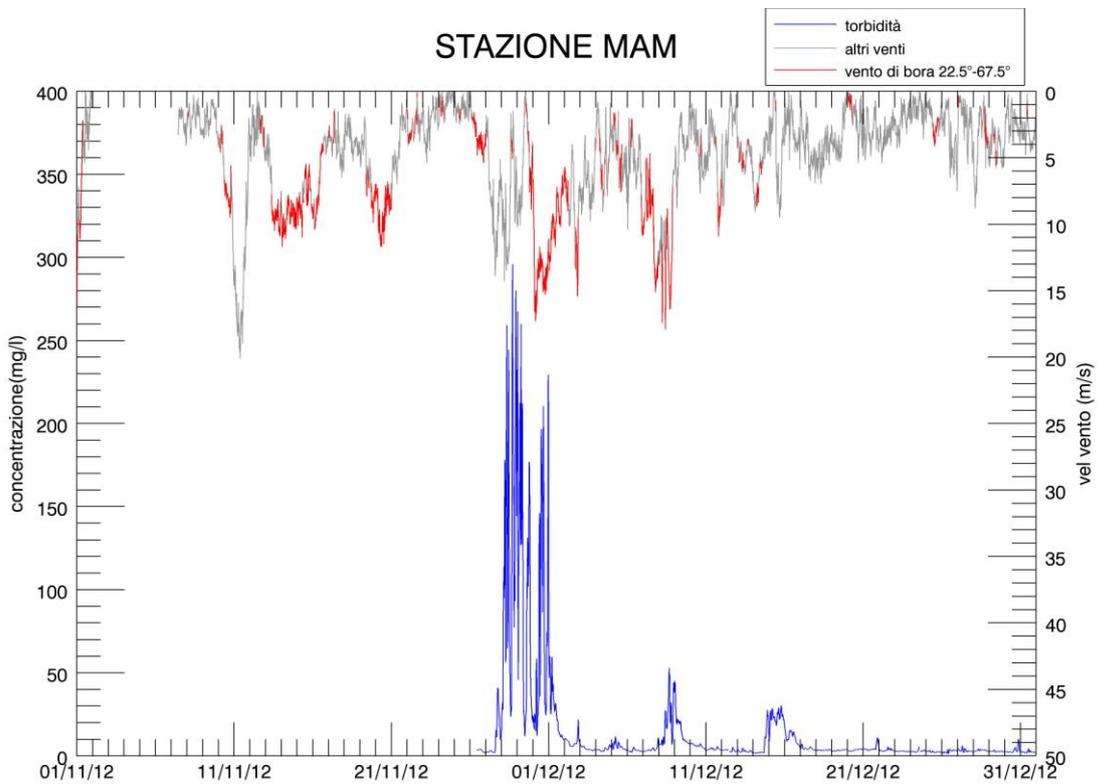
(b)

Figura 3.15. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAM nel periodo Settembre-Ottobre 2012

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



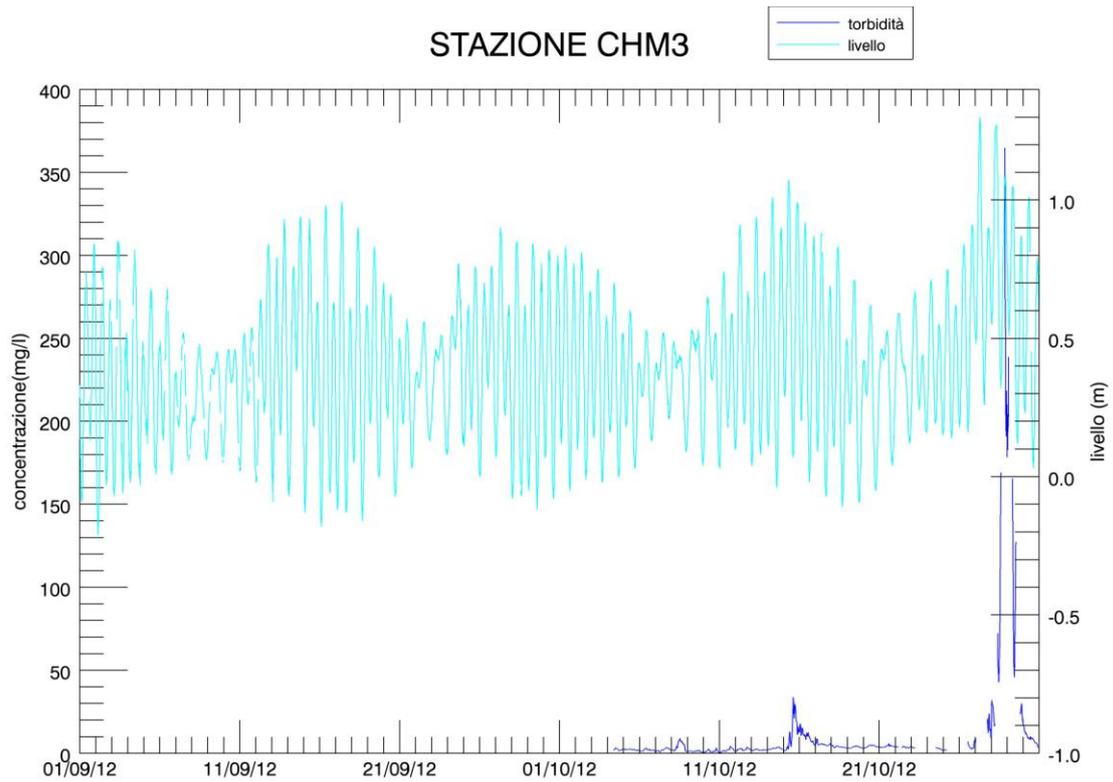
(a)



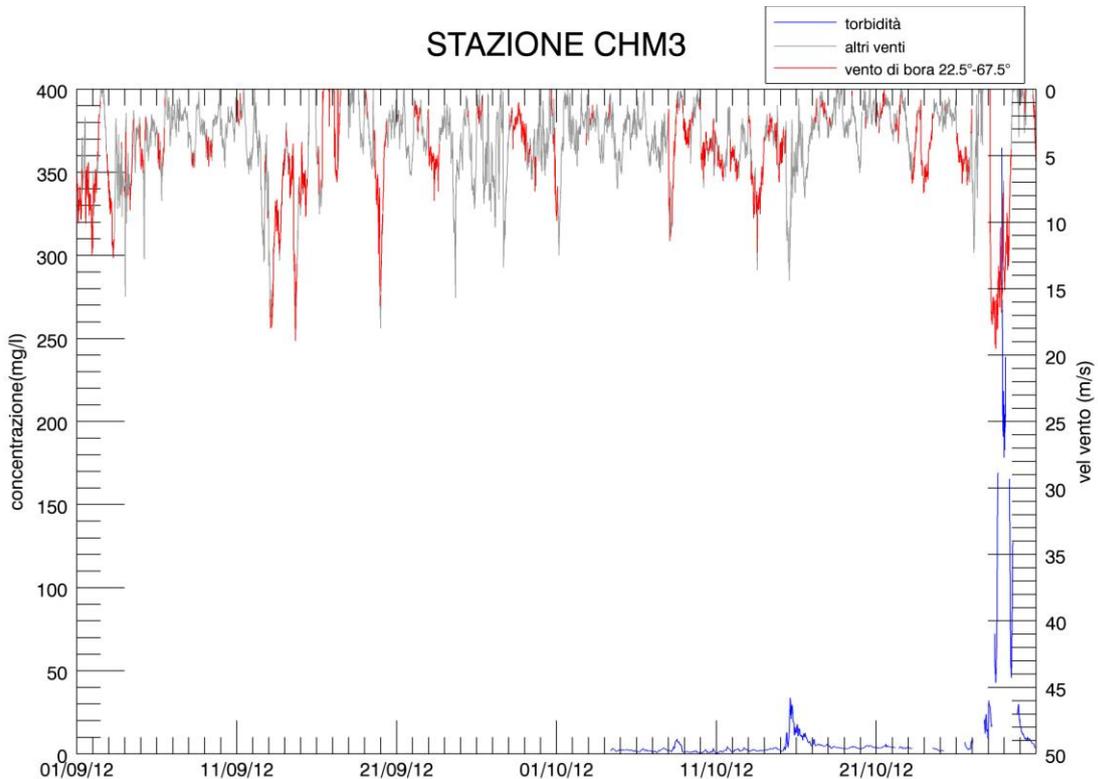
(b)

Figura 3.16. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAM nel periodo Novembre-Dicembre 2012.

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



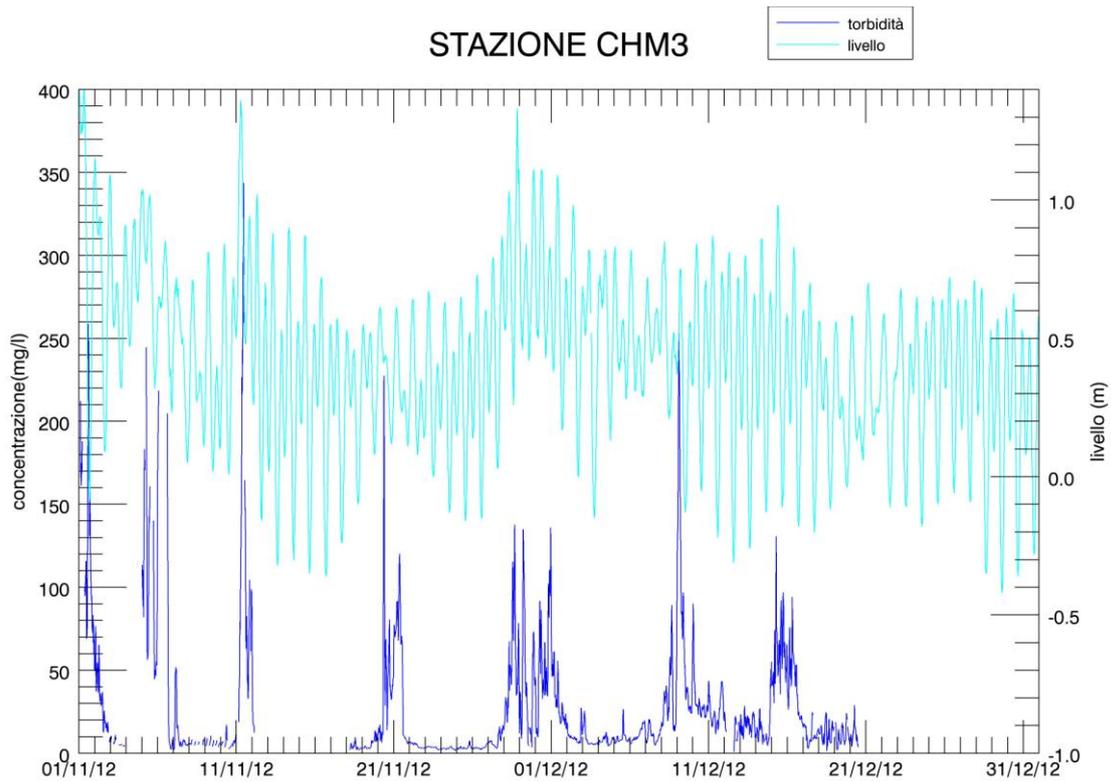
(a)



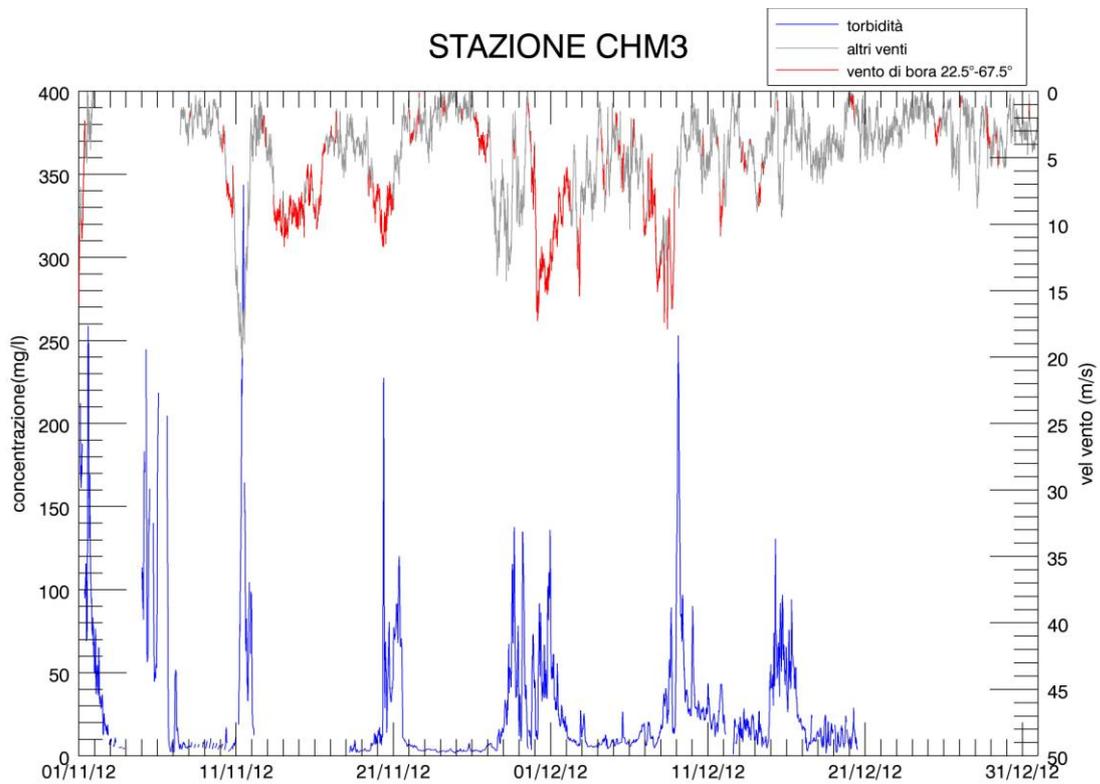
(b)

Figura 3.17. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHM3 nel periodo Settembre-Ottobre 2012

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



(a)



(b)

Figura 3.18. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHM3 nel periodo Novembre-Dicembre 2012.

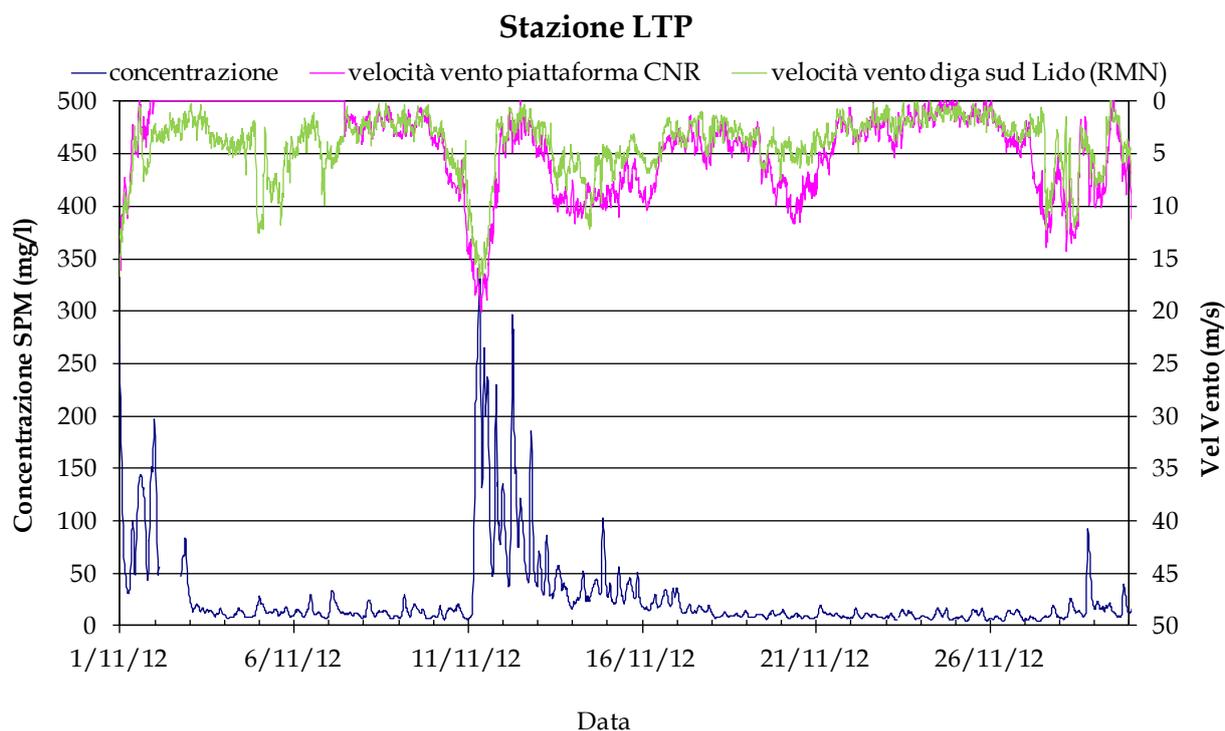


Figura 3.19. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LTP e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di Novembre 2012.

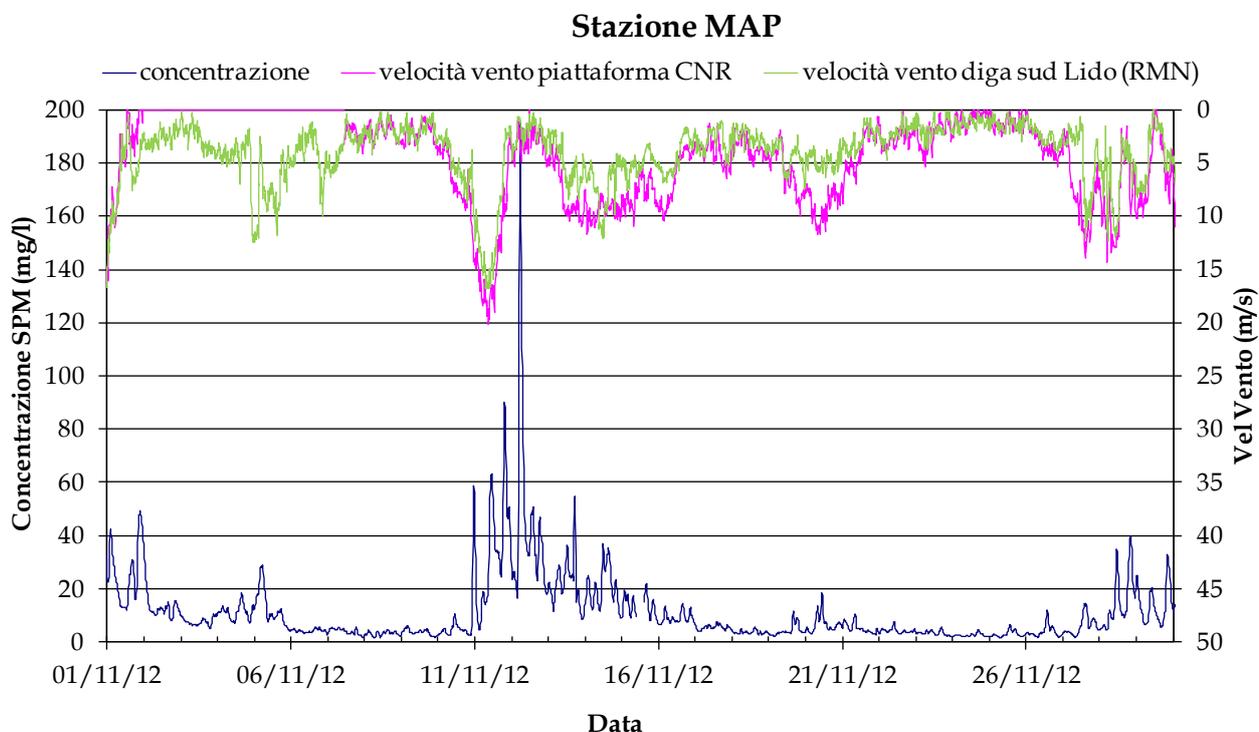


Figura 3.20. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione MAP e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di Novembre 2012.

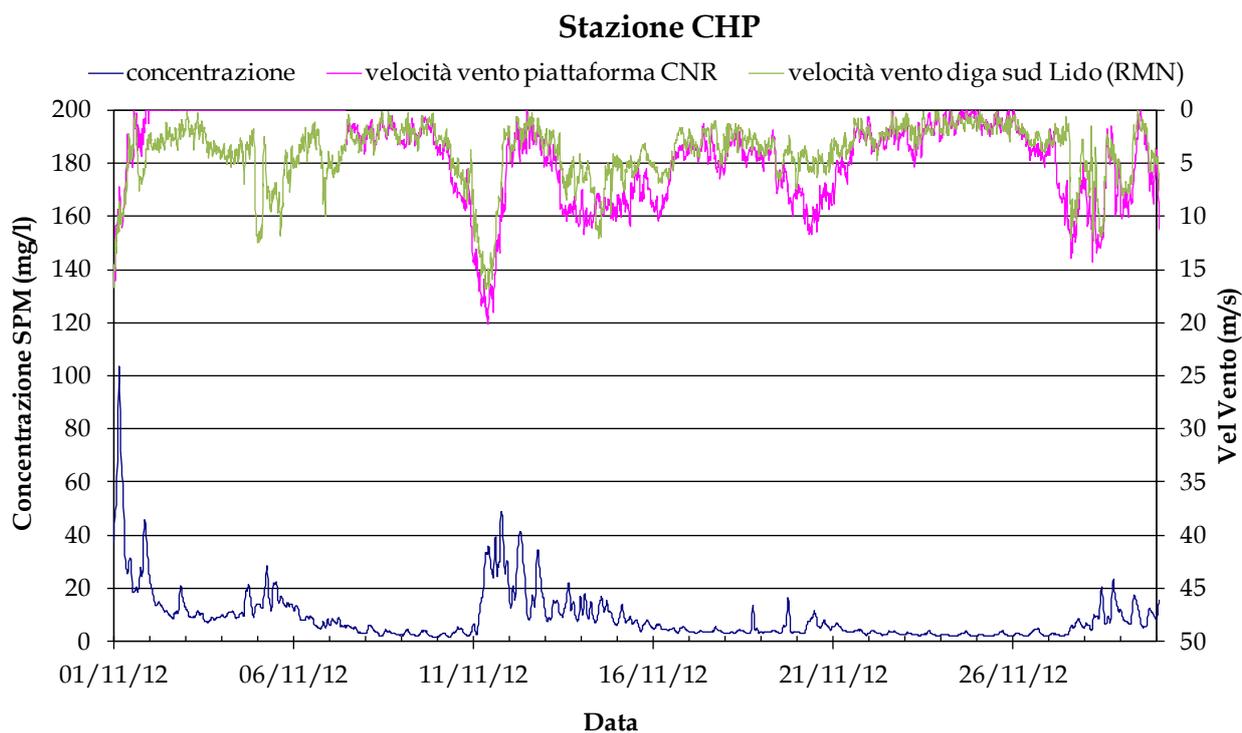


Figura 3.21. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione CHP e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di Novembre 2012.

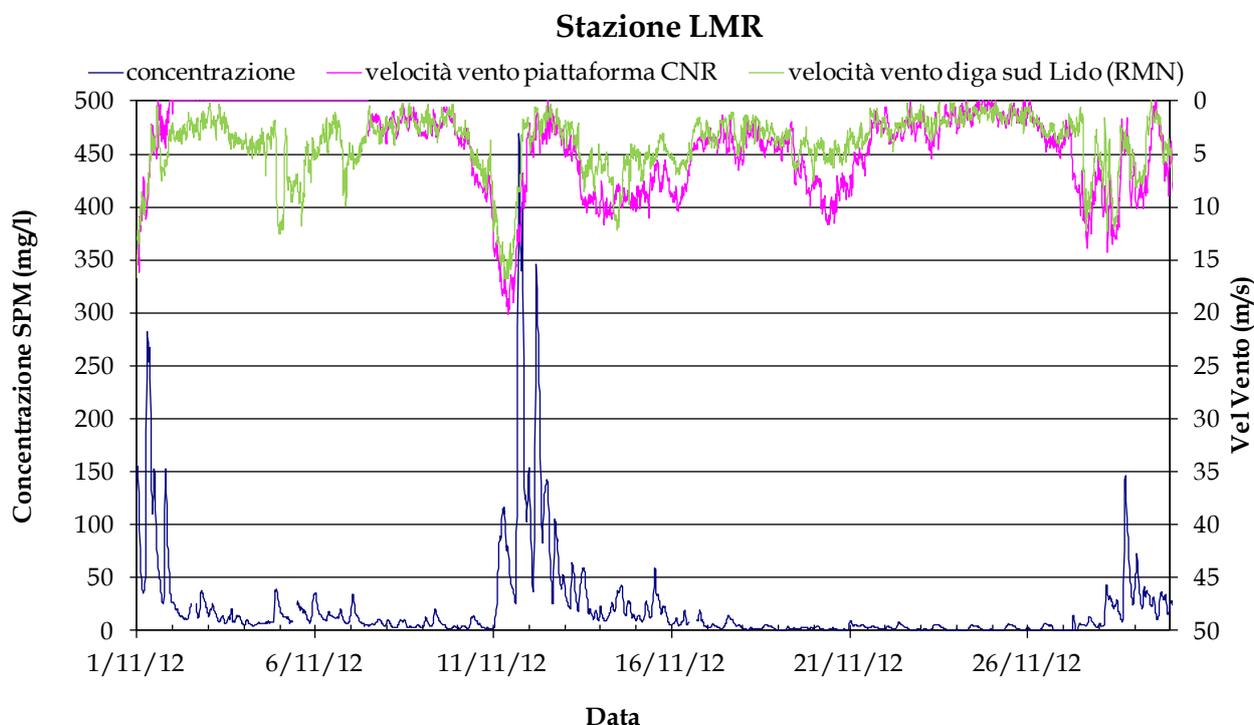


Figura 3.22. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di Novembre 2012.

### Stazione LMR-2

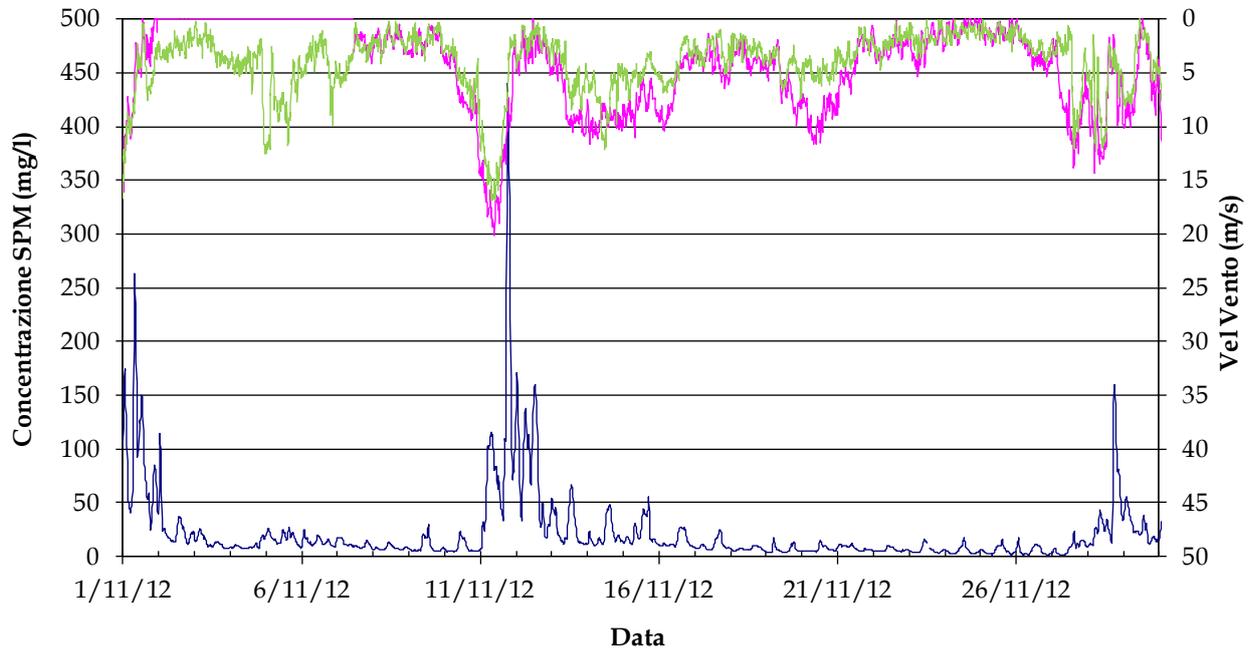


Figura 3.23. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR-2 e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di Novembre 2012.

### Stazione LIM

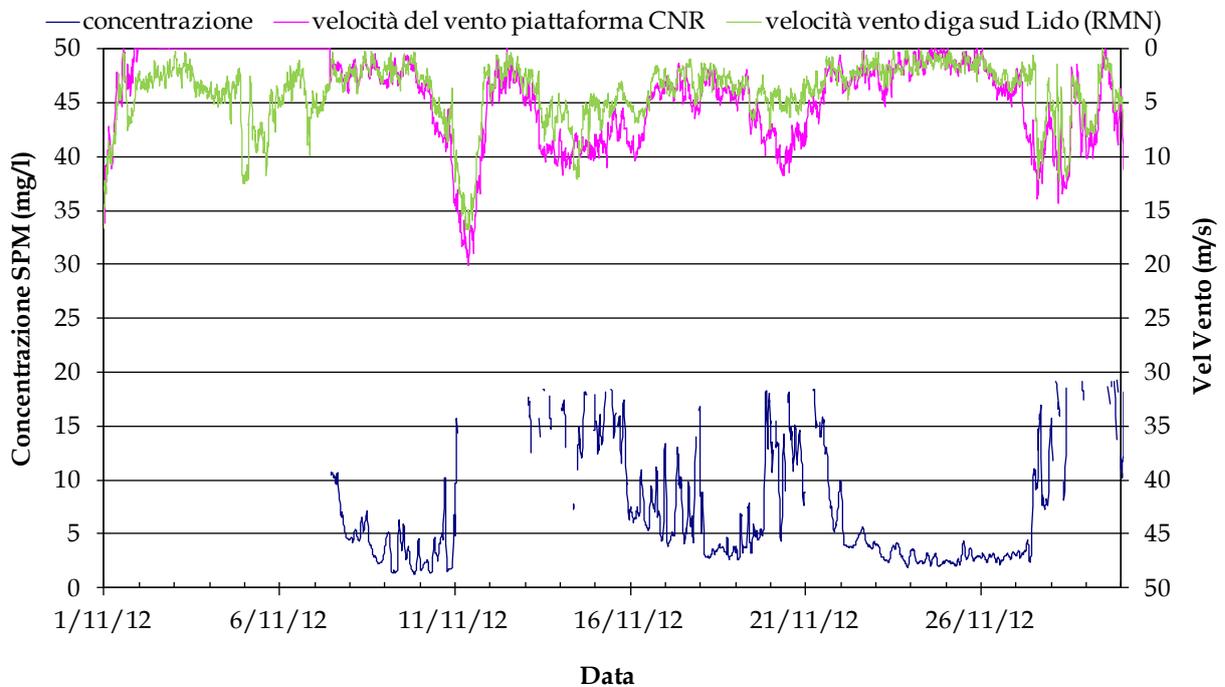


Figura 3.24. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LIM e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di Novembre 2012.

### Stazione MAM

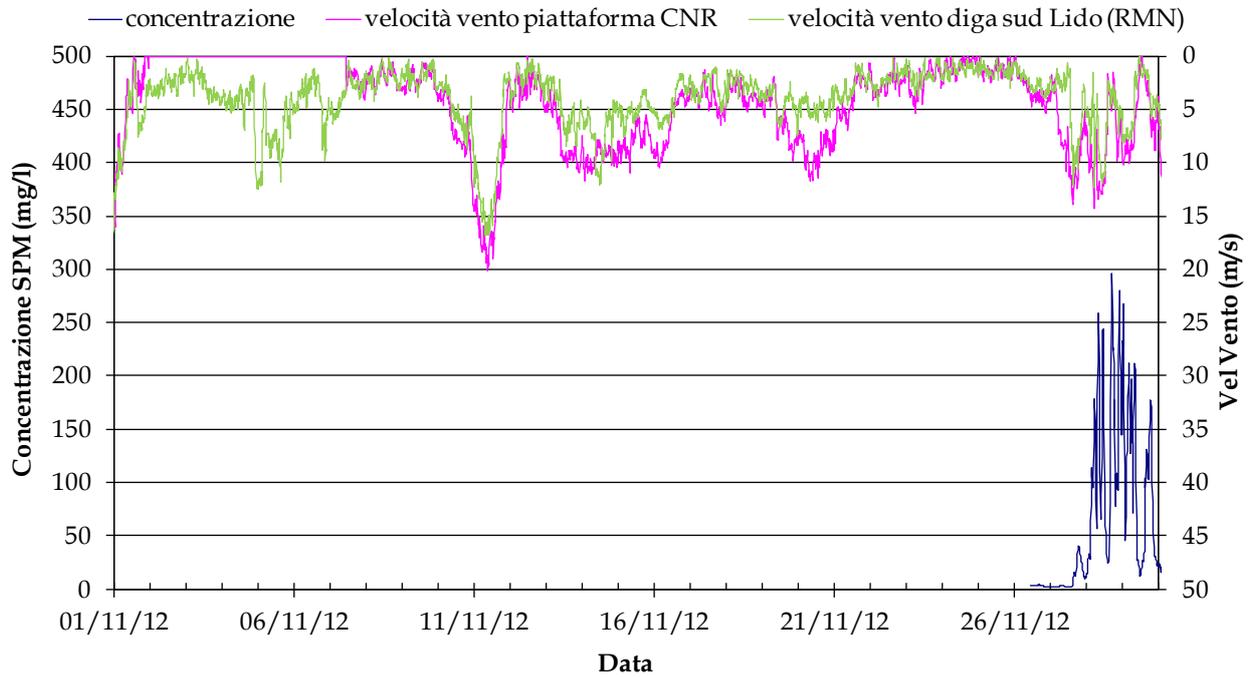


Figura 3.25. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione MAM e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di Novembre 2012.

Sulle serie temporali della concentrazione (mg/l) è stata svolta un'elaborazione statistica i cui risultati sono riportati nella Tabella 3.3.

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

Tabella 3.3. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali di concentrazione 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 espresse in mg/l.

PARAMETRI	<i>Stazioni in laguna</i>			<i>Stazioni in bocca di porto</i>		<i>Stazioni a mare</i>		
	LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM	CHM3
<b>Ntot</b>	11163	10320	11702	11464	11247	5680	6629	5879
<b>Media</b>	17.8	6.9	7.1	11.5	15.5	9.7	11.7	20.5
<b>Dev. Std.</b>	29.1	9.1	11.8	26.6	22.9	6.2	25.3	35.7
<b>Max.</b>	373.0	195.0	274.7	469.7	440.3	35.3	295.7	364.7
<b>Min.</b>	2.3	0.9	1.5	0.9	1.6	1.2	0.6	0.4
<b>25° percentile</b>	7.4	3.0	3.0	2.4	6.4	4.2	3.3	3.2
<b>50° percentile</b>	10.5	4.0	4.1	4.8	9.6	8.3	5.3	6.8
<b>75° percentile</b>	16.4	6.7	6.6	10.3	15.5	14.3	11.0	20.0
<b>95° percentile</b>	50.9	24.0	20.5	36.6	43.9	19.9	28.1	85.9
<b>Media interquartile</b>	11.9	4.9	4.8	6.4	11.0	9.3	7.2	11.6

Si fa notare che le stazioni a mare hanno una bassa percentuale di dati validati, pertanto il confronto con le altre stazioni non è molto significativo. In particolare per le stazioni LIM e MAM non sono presenti i dati durante gli eventi meteo dei giorni 28-29-30-31 Ottobre e 1-10-11 Novembre).

Media, massimo e minimo, deviazione standard, media interquartile

I valori minimi, che rappresentano le condizioni dell'acqua in assenza di perturbazioni sia biologiche sia meteomarine, sono variabili tra 0.4 mg/l (stazione a mare CHM3) e 2.3 mg/l (stazione lagunare LTP).

Per quanto riguarda le medie, si hanno valori più bassi per le stazioni MAP (6.9 mg/l), CHP (7.1 mg/l), LIM (9.7), più elevati per CHM3 (20.5 mg/l), LTP (17.8 mg/l) e LMR-2 (15.5 mg/l) intermedi e confrontabili tra loro per MAM (11.7 mg/l) e LMR (11.5 mg/l).

La deviazione standard per tutte le stazioni (ad eccezione di LIM) assume valori superiori alla media, il che implica una notevole dispersione dei dati.

È quindi utile confrontare anche la media interquartile (media tra il 25° e il 75° percentile), che rappresenta il valore medio non influenzato dagli outlier cioè dagli eventi estremi. Analizzando tale parametro si nota che si hanno valori più bassi per le stazioni in bocca MAP (4.9 mg/l) e CHP (4.8 mg/l), più elevati per LTP (11.9 mg/l), LMR-2 (11.0 mg/l) e CHM3 (11.6 mg/l), intermedi per LMR (6.4 mg/l), MAM (7.2 mg/l) e LIM (9.3 mg/l).

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

I valori massimi di torbidità sono raggiunti nelle stazioni della bocca di Lido e in particolare LMR (469.7 mg/l), LMR-2 (440.3 mg/l) entrambi in seguito all'evento meteo del giorno 11 novembre mentre per LTP (373.0 mg/l) in seguito all'evento meteo del giorno 15 ottobre. Valori elevati si hanno anche per le stazioni a mare CHM3 (364.7 mg/l) durante l'evento meteo del 28 ottobre e MAM (295.7 mg/l) in seguito all'evento meteo del 28 novembre. Per le stazioni in laguna si hanno i valori massimi in corrispondenza dell'evento meteo del 12 novembre per la stazione MAP (195.0 mg/l) e durante l'evento meteo del 28 ottobre per CHP (274.7 mg/l). Il valore più basso di riscontra nella stazione LIM (35.3 mg/l) in assenza di vento.

### Percentili

I valori del 25° percentile rappresentano convenzionalmente le condizioni ordinarie di assenza di perturbazioni, cioè assenza di rilevante moto ondoso e velocità della corrente di marea inferiore a qualche cm/s. Si nota come i valori più bassi si hanno per le stazioni LMR (2.4 mg/l), MAP e CHP (3.0 mg/l), CHM3 (3.2 mg/l) e MAM (3.3 mg/l). I valori maggiori si hanno per la stazione LTP (7.4 mg/l) e LMR-2 (6.4 mg/l) mentre un valore intermedio si ha per la stazione LIM (4.2 mg/l).

Il 50° percentile coincide con il valore mediano e quindi rappresenta le condizioni più probabili. In questo caso si nota come i valori più bassi si hanno per le stazioni MAP (4.0 mg/l), CHP (4.1 mg/l), LMR (4.8 mg/l). I valori più elevati si hanno per le stazioni LTP (10.5 mg/l) e LMR-2 (9.6 mg/l) mentre valori intermedi si hanno per le stazioni a mare (5.3 mg/l) per MAM, (6.8 mg/l) per CHM3 e (8.3 mg/l) per LIM.

I valori del 75° percentile si possono considerare, invece, come indicatori di torbidità relativamente elevate dovute ad un'eccessiva presenza di carico organico, come nei mesi estivi, o a eventi meteo marini di moderata intensità. In questo caso i valori delle stazioni CHP (6.6) e MAP (6.7 mg/l) sono più bassi, sono più elevati per CHM3 (20.0 mg/l) e LTP (16.5 mg/l) e intermedi per le restanti stazioni LMR-2 (15.5 mg/l), LIM (14.3 mg/l), MAM (11.0 mg/l) e LMR (10.3 mg/l).

Infine, la distribuzione del 95° percentile è rappresentativa dei valori estremi legati al verificarsi di eventi meteomarinari intensi, che possono provocare un apprezzabile innalzamento della concentrazione del materiale solido sospeso in laguna e in mare, nonché un aumento del trasporto di sedimenti lungo costa con aumenti del carico rilevabili anche nei giorni successivi all'evento. In questo caso si hanno i valori più bassi per le stazioni LIM (19.9 mg/l), CHP (20.5 mg/l), MAP (24.0 mg/l), MAM (28.1 mg/l). Il valore maggiore si ha per CHM3 (85.9 mg/l) mentre valori intermedi per LTP (50.9 mg/l) e per le due stazioni in bocca di porto LMR (36.6 mg/l) e LMR-2 (43.9).

Si nota come la stazione LTP in questo quadrimestre, come nel precedente, abbia i percentili 25° e 50° più alti delle altre stazioni: ciò significa che è stata maggiormente soggetta a risospensione anche durante condizioni meteo non perturbate, probabilmente a causa della sua posizione lungo un canale interno alla laguna dove vi è molto passaggio di imbarcazioni. Questo comportamento è confermato anche dalla media interquartile più elevata.

Si nota inoltre come per le stazioni LTP, LMR, LMR-2, CHM3 il 95° percentile sia superiore al valore di soglia; queste sono infatti le stazioni che presentano la percentuale più alta di superamenti (Tabella 3.5).

### **3.3 Analisi degli eventi meteo e dei picchi di torbidità**

Nella Tabella 3.4 sono riportati, per il quadrimestre considerato, gli eventi meteo (orari, velocità del vento, direzione media del vento) durante i quali la velocità del vento, misurata alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR, ha superato i 10 m/s. È riportato anche il valore massimo della concentrazione di solidi sospesi in tutte le stazioni durante ciascun evento. Si

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

ricorda che è possibile avere valori di concentrazione più elevati dei valori massimi riportati in Tabella 3.4 anche dopo il termine dell'evento quando la velocità del vento scende sotto i 10 m/s.

Nei precedenti Studi [Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto, Studio B.6.72 B/1, Settembre 2005; Linee guida misure speditive, Studio B.6.72 B/1, Dicembre 2006; Rapporto Finale, Studio B.6.72 B/1, Dicembre 2006] si è stabilito il valore di soglia della concentrazione del materiale solido sospeso pari a 30 mg/l, confermato anche dalle elaborazioni riportate nel Rapporto Finale dello Studio B.6.72 B/6, Luglio 2011.

Nella Tabella 3.4 pertanto si evidenziano in rosso i valori di concentrazione che superano il valore soglia di 30 mg/l.

## CORILA

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

Tabella 3.4 Eventi meteo significativi (velocità del vento superiori a 10 m/s) registrati nel periodo Settembre-Dicembre 2012 e corrispondente concentrazione massima in ogni stazione. Si evidenziano in rosso i superamenti della soglia di 30 mg/l. Le celle restano vuote in corrispondenza di dati cancellati durante la procedura di filtrazione e correzione del fouling

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)							
				Stazioni in laguna			Stazioni in bocca di porto		Stazioni a mare		
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM	CHM3
1 Settembre	2:45	10.1	43° bora	17.49	6.70	5.89	24.53		11.75	3.38	
1 Settembre	13:30	10.1	59° bora	13.32	4.80	2.10	6.34	9.43	15.37	6.55	
1-2 Settembre	22:00-00:15	9.7-12.5	46° bora	25.32	6.97	9.23	7.88	14.77	15.38	9.32	
3 Settembre	4:30-7:45	10.1-12.7	56° bora	24.72	8.91	21.31	6.53	13.90	18.98	4.37	
3 Settembre	8:00-8:30	10.6-11.3	72° levante	26.87	2.61	6.79	6.42	10.45	2.45	5.02	
4 Settembre	00:30-00:45	14.0-15.6	88° levante	8.13	2.27	3.90	4.31	6.79	17.33	11.13	
4 Settembre	2:30	10.1	5° tramontana	9.81	3.85	6.65	13.84	14.22	15.39	5.16	
5 Settembre	5:00-5:15	12.6	185° mezzogiorno		3.37	3.77	2.18	15.45	5.64	11.53	
12 Settembre	13:45-15:45	10.0-11.7	146° scirocco	8.38	4.66	4.12	10.45	26.72	13.08	3.20	
12 Settembre	16:00-17:00	10.1-13.0	178° mezzogiorno	9.19	4.31	3.92	6.36	25.68	13.52	3.51	
12 Settembre	17:15-17:45	10.2-12.8	324° maestrale	9.11	4.23	3.88	5.64	26.04	13.31	3.69	
13 Settembre	00:00-1:45	11.2-14.9	10° tramontana	15.36	4.55	4.95	15.58	21.91	15.29	2.85	
13 Settembre	2:00-9:30	10.4-18.0	35° bora	26.79	7.01	7.30	12.03	27.78	12.09	6.49	
13 Settembre	11:45-18:30	8.3-12.9	60° bora	28.59	12.54	7.23	22.58	33.37	15.11	8.50	
14 Settembre	13:45-18:45	11.5-18.9	64° bora	28.53	6.65	22.79	26.5	32.29	21.77	11.81	
14 Settembre	19:00-20:15	10.1-12.8	74° levante	40.39	6.72	11.48	31.6	37.53	21.36	13.01	
19 Settembre	20:45-21:15	10.0-12.4	43° bora	108.14	3.10	6.45	6.2	6.86	22.84		
19-20 Settembre	22:45-3:15	9.4-18.0	56°-73° bora-levante	82.79	5.65	16.89	10.3	192.73	18.38		
24 Settembre	13:45-16:15	9.7-14.1	136° bora	25.19	7.58	5.49	4.2	20.91	11.16		
24 Settembre	16:30	15.7	280° ponente	10.58	6.17	4.81	3.9	14.35	10.88		
27 Settembre	4:00-4:15	10.1-10.4	177° mezzogiorno	11.72	3.97	3.61	12.2	11.03			
27 Settembre	16:45-19:00	9.9-13.4	206° libeccio	13.56	3.57	4.93	15.1	15.93			
1 Ottobre	3:15-4:30	10.5-12.5	193° mezzogiorno	14.90	4.51	6.55	8.6	6.82			
8 Ottobre	2:15-2:30	10.5-11.4	58° bora	6.26		2.73	1.3	10.18			2.00
8 Ottobre	3:30-5:30	10.0-11.1	66°-80° bora-levante	6.59		12.43	2.4	10.54			2.25

## CORILA

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

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)								
				Stazioni in laguna			Stazioni in bocca di porto		Stazioni a mare			
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM	CHM3	
13 Ottobre	13:00-13:15	10.3-12.3	41° bora	12.95	3.99	3.58	7.6	11.97		15.96	1.94	
13 Ottobre	13:30	13.6	356° tramontana	13.77	4.06	3.95	7.5	11.85		16.12	1.80	
15 Ottobre	9:30-15:30	8.8-14.4	148°-189° scirocco-mezzogiorno	20.54	17.84	6.62	147.1	20.11		31.78	33.65	
27 Ottobre	2:00-3:30	10.2-12.3	178° mezzogiorno	6.16	5.75	7.11	1.39	8.08				
28-29 Ottobre	3:00-7:30	6.9-19.5	56° bora	312.94	60.39	274.73	252.71	249.12			364.69	
31 Ottobre	12:30-15:30	9.0-11.6	35° bora	25.69	22.86	80.18	16.62	18.52				
31 Ottobre	16:00-19:00	10.8-17.9	77° levante	66.00	26.78	76.89	20.86	28.99			125.57	
31 Ottobre - 1 Novembre	19:15-00:45	10.9-16.1	51° bora	312.71	49.21	49.47	133.37	163.79				
1 Novembre	1:00-2:00	10.3-12.3	14° tramontana	155.63	41.98	67.62	155.64	174.70				
1 Novembre	4:15-5:45	10.0-11.1	34° bora	40.13	28.99	71.67	42.77	49.07			188.00	
4-5 Novembre*	22:15-2:30	10.1-12.5	164° mezzogiorno	27.82	17.88	14.21	39.14	26.45				
5 Novembre *	14:30-15:15	10.2-11.8	245° libeccio	13.53	11.09	17.14	31.26	27.53				
10 - 11 Novembre	21:45-14:45	10.3-20.1	140° scirocco	334.50	63.43	39.26	116.9	116.27			343.51	
11 Novembre	15:00-18:00	10.0-13.5	163° mezzogiorno	112.63	34.77	48.45	423.3	390.97			82.59	
11 Novembre	19:30	10.1	183° mezzogiorno	229.84	90.10	39.10	349.8	334.40			82.74	
13 Novembre	13:45	10.5	48° bora	56.68	24.96	16.65	59.3	61.43				
13 Novembre	20:00-22:30	10.0-10.9	56° bora	33.21	16.45	13.81	19.3	12.36				
14 Novembre	1:00-7:30	9.2-11.7	46° bora	52.09	25.01	18.00	22.7	23.71				
14 Novembre	19:30-19:45	10.1-10.2	66° bora	49.37	22.19	10.91	27.4	17.56				
14 Novembre	21:00	10.3	66° bora	110.76	19.67	7.56	26.6	20.23				
14 Novembre	22:45	10.4	51° bora	47.10	9.22	5.82	12.9	14.45				
14 Novembre	23:30	10.1	49° bora	33.81	8.78	6.03	15.8	13.88	14.57			
15 Novembre	2:00	10.1	53° bora	38.53	18.43	11.35	12.9	17.66	13.27			
15 Novembre	7:45-8:00	10.6-11	38° bora	56.18	16.77	9.29	28.5	30.91				
16 Novembre	2:45-4:00	10.0-10.4	33° bora	17.75	12.52	6.30	11.4	12.42	6.64			

## CORILA

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

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)								
				Stazioni in laguna			Stazioni in bocca di porto		Stazioni a mare			
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM	CHM3	
20 Novembre	4:00-4:45	9.3-10.7	51° bora	7.88	3.39	3.43	3.7	5.43	13.48		12.10	
20 Novembre	6:30-14:00	8.80-11.7	51° bora	12.20	18.57	11.30	2.6	14.39	18.21		227.35	
27 Novembre	10:30	10.8	159° mezzogiorno	4.98	3.97	2.32	0.95	3.62	3.79	2.43	4.40	
27 Novembre	12:15-18:30	9.6-13.9	120°160° scirocco-mezzogiorno	17.12	14.69	7.72	13.37	23.56	16.94	40.81	16.12	
28 Novembre	1:30-2:15	10.3-10.9	85° levante	7.22	5.51	6.20	6.80	12.14		32.52	29.14	
28 Novembre	3:45-5:00	10.5-14.36	163° mezzogiorno	8.12	5.69	7.04	18.57	26.46	18.90	172.96	29.58	
28 Novembre	5:30-6:00	9.8-10.4	136° scirocco	14.90	10.30	9.88	43.12	27.33	16.36	175.02	33.40	
28 Novembre	7:00-12:15	10.8-13.5	117° scirocco	26.04	34.90	20.49	32.79	43.36		259.10	67.37	
29 Novembre	00:15-1:00	10.0-10.2	172° mezzogiorno	19.43	24.86	10.54	39.92	46.87		267.25	37.09	
29 Novembre	4:30	10.1	185° mezzogiorno	16.26	8.47	7.11	33.08	37.18		191.58	71.05	
30 Novembre - 1 Dicembre	1:30-11:15	9.2-17.3	47° bora	93.03	37.12	96.43	158.82	104.42		229.26	135.84	
1 Dicembre	18:15	10.2	42° bora	24.84	21.87	35.75	43.06	38.84	10.43	11.39	24.59	
2 Dicembre	7:30	10.1	11° tramontana	10.56	8.69	15.18	8.69	11.66	5.62	7.48	9.40	
2 Dicembre	8:45	10.2	0° tramontana	13.16	10.96	11.43	7.78	11.68	5.32	5.91	9.17	
2 Dicembre	16:15-17:15	11.1-13.4	27° bora	21.61	18.40	15.48	32.57	34.48	5.87	7.38	6.58	
2 Dicembre	17:30-17:45	10.2-12.1	12° tramontana	21.55	17.59	20.88	23.21	31.82	4.93	7.41	5.97	
2 Dicembre	18:00-21:00	10.5-11.4	50° bora	20.65	16.55	23.90	45.66	47.40	8.77	20.39	8.43	
6 Dicembre	1:00	10.4	91° levante	5.80	3.30	4.81	1.56	3.69	8.79	3.34	5.90	
6-7 Dicembre	22:30-1:15	9.8-10.9	52° bora	6.33	3.50	4.93	2.88	5.49	11.12	2.62	19.69	
7 Dicembre	1:45-2:00	10.2-10.3	74° levante	4.70	2.86	4.84	3.16	5.86	11.03	2.85	6.33	
7-8 Dicembre	16:00-00:15	10.1-15.1	31° bora	5.01	14.93	16.08	3.19	6.04	16.23	10.73	18.05	
8 Dicembre	00:30-4:30	9.3-13.0	0° tramontana	6.48	9.66	12.84	5.09	6.72	19.10	9.34	37.31	
8 Dicembre	5:00-6:00	11.5-17.4	33° tramontana	4.84	5.35	14.74	2.75	7.44		9.54	35.70	
8 Dicembre	6:15-9:45	9.7-13.2	13° tramontana	7.50	8.11	19.38	9.63	10.98		24.22	40.52	
8 Dicembre	10:00-11:00	11.6-17.9	32° bora	7.97	7.92	15.94	10.78	10.54		27.29	26.28	
8 Dicembre	11:45-12:30	10.5-11.9	26° bora	8.33	9.09	22.53	11.69	10.73		17.71	43.48	
8 Dicembre	13:45-20:30	10.2-16.4	58° bora	8.23	8.19	17.83	19.90	18.93		52.84	89.15	

## CORILA

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

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)								
				Stazioni in laguna			Stazioni in bocca di porto		Stazioni a mare			
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM	CHM3	
11 Dicembre	19:00-20:00	9.4-10.9	31° bora	14.34	9.67	7.63	4.70	8.35		4.58	43.32	

\*dati relativi alla stazione posta presso la diga sud della bocca di porto di Lido (RMN)

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

Dalla Tabella 3.4 emergono diversi prolungati e intensi eventi meteo di bora:

- dal giorno 28 Ottobre al 1 Novembre
- dal giorno 10 Novembre al giorno 11 Novembre
- dal giorno 30 Novembre al giorno 1 Dicembre

Tali eventi hanno causato una notevole risospensione di sedimenti ed il superamento del valore di soglia in tutte le stazioni della rete (nulla si può dire sulle stazioni LIM e MAM poiché non sono disponibili i dati per l'evento dei giorni 28-29-30-31 Ottobre -e 1 -10-11 Novembre).

L'evento di scirocco e mezzogiorno dei giorni 28 e 29 Novembre ha influito solo sulle misure delle stazioni in bocca di porto e in mare (ad eccezione di un leggero superamento nella stazione MAP).

Gli episodi non continuativi di vento verificatesi nei giorni 13, 14, 15 Novembre hanno creato risospensione solo nella stazione LTP.

Per quanto riguarda gli altri eventi di minore intensità, dall'analisi della tabella si vede come tutte le stazioni rispondano in maniera diversa, mettendo in evidenza così la variabilità spaziale della concentrazione.

In generale i superamenti del limite di 30 mg/l sono legati a numerose e differenti cause, valide solamente per alcune stazioni e per particolari tipologie e durate di eventi:

- eventi di risospensione riconducibili al vento locale, soprattutto bora, tanto in mare quanto specialmente all'interno della laguna;
- aumento della risospensione e del trasporto litoraneo, e quindi del carico, rilevabile anche nei giorni successivi all'evento scatenante di vento sostenuto, o addirittura in assenza di vento (moto ondoso creato a distanza);
- 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 (porta-container o navi cisterna nella bocca di Malamocco) che sono caratterizzate da un pescaggio elevato (superiore ai 9 m);
- attività di dragaggio dei canali alle bocche di porto.

Nella Tabella 3.5 si riporta per ogni stazione il numero totale di superamenti della soglia di 30 mg/l rilevati nel periodo Settembre-Dicembre 2012, mentre nella Tabella 3.6 si individuano quelli che avvengono o meno in presenza di vento.

## CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI  
 Tabella 3.5. Numero totale di superamenti della soglia di 30 mg/l e percentuale rispetto al numero totale dei dati validati nel periodo Settembre-Dicembre 2012

STAZIONI	Stazioni in laguna						Stazioni in bocca di porto				Stazioni a mare					
	LTP		MAP		CHP		LMR		LMR-2		LIM		MAM		CHM3	
Dati totali	11163	100%	10320	100%	11702	100%	11464	100%	11247	100%	5680	100%	6629	100%	5879	100%
condizioni eccezionali con C>30 mg/l	999	8.95%	319	3.09%	336	2.87%	753	6.57%	998	8.87%	34	0.60%	302	4.6%	1066	18.13%

Tabella 3.6. Numero totale di superamenti della soglia di 30 mg/l, numero dei superamenti dovuti e non dovuti al vento e relative percentuali rispetto al totale dei superamenti nel periodo Settembre-Dicembre 2012.

STAZIONI	Stazioni in laguna						Stazioni in bocca di porto				Stazioni a mare					
	LTP		MAP		CHP		LMR		LMR-2		LIM		MAM		CHM3	
Eventi eccezionali con C>30 mg/l	999	100%	319	100%	336	100%	753	100%	996	100%	34	100%	302	100%	1066	100%
superamenti CERTAMENTE dovuti a risospensione da vento (v >10 m/s)	999	100%	319	100%	336	100%	753	100%	787	79.02%	0	0%	302	100%	873	81.89%
superamenti la cui causa NON È CERTAMENTE legata alla risospensione da vento (v<10 m/s)	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	209	20.98%	34	100%	0	0%	193	18.11%

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

Dalla Tabella 3.5 appare evidente che nel periodo Settembre-Dicembre 2012 la percentuale dei superamenti della soglia di concentrazione pari a 30 mg/l rispetto al numero totale dei dati validati per ogni stazione è molto bassa.

Nella Tabella 3.7 si riportano per ogni stazione le date dei superamenti e la relative cause (vento o no vento); si nota che, fatta eccezione per alcuni casi verificatesi nelle stazioni LMR-2, LIM, CHM3 i superamenti sono dovuti alla risospensione determinata da vento-moto ondosso.

Tabella 3.7. Superamenti della soglia di 30 mg/l dovuti e non dovuti al vento nel periodo Settembre-Dicembre 2012.

DATA	CAUSA
<b>LTP</b>	
1 Settembre	vento
14 Settembre	vento
15 Settembre	vento
16 Settembre	vento
17 Settembre	vento
19-20 Settembre	vento
15-16 Ottobre	vento
27 Ottobre	vento
28 Ottobre	vento
1 Novembre	vento
2 Novembre	vento
7 Novembre	vento
11-17 Novembre	vento
28 Novembre - 30 Novembre	vento
1 Dicembre	vento
<b>MAP</b>	
28 -29 Ottobre	vento
31 Ottobre - 2 Novembre	vento
10-14 Novembre	vento
28 -30 Novembre	vento
1 Dicembre	vento
<b>CHP</b>	
28 -29 Ottobre	vento
31 Ottobre - 1 Novembre	vento
10-12 Novembre	vento
30 Novembre	vento
1 Dicembre	vento

DATA	CAUSA
<b>LMR</b>	
14 Settembre	vento
15 Ottobre	vento
28 Ottobre - 1 Novembre	vento
2 Novembre	vento
4 Novembre	vento
5 -6Novembre	vento
7 Novembre	vento
11-15 Novembre	vento
28 -30 Novembre	vento
1 -2 Dicembre	vento
3 Dicembre	vento
9 Dicembre	vento
<b>LMR-2</b>	
7 Settembre	no vento
10-12 Settembre	no vento
13- 14 Settembre	vento
20 Settembre	vento
25 Settembre	no vento
28-31 Ottobre	vento
1-2 Novembre	vento
11-15Novembre	vento
28-30 Novembre	vento
1-3 Dicembre	vento
9 Dicembre	vento
15 Dicembre	vento
<b>LIM</b>	
17 Settembre	no vento
19 Settembre	no vento
<b>MAM</b>	
15 ottobre	vento
27-30 Novembre	vento
1 Dicembre	vento
8-9 Dicembre	vento

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

DATA	CAUSA
<b>CHM3</b>	
15 ottobre	vento
28 Ottobre-2 Novembre	vento
5-7 Novembre	vento
11-12 Novembre	vento

DATA	CAUSA
20-21 Novembre	vento
28 Novembre -1 Dicembre	vento
8-10 Dicembre	vento
10-11 Dicembre	No vento
14-16 Dicembre	No vento

In alcune stazioni, come anche evidenziato in Tabella 3.7, sono presenti superamenti non associabili alla contemporanea presenza di vento superiore a 10 m/s:

- nella stazione LMR-2: la concentrazione è superiore a 30 mg/l il giorno 7 Settembre dalle 20:15 alle 21:00 (valore massimo 31.25 mg/l) e dalle 7.45 del 10 Settembre alle 10:00 del 12 settembre (valore massimo 59.21 mg/l). Secondo le informazioni sulle attività di scavo forniteci dalla Direzione Lavori non risultano lavorazioni in questi giorni. Visto che i dati rientrano a valori normali senza interventi di pulizia, si deve escludere un effetto dovuto al fouling sul sensore.
- nella stazione LIM: la concentrazione è superiore a 30 mg/l il giorno 17 Settembre dalle 5:00 alle 8:45 (valore massimo 31.93 mg/l), dalle 11:15 alle 14:00 (valore massimo 35.26 mg/l), e il giorno 19 Settembre dalle 14:00 alle 15:15 (valore massimo 30.99 mg/l). Secondo le informazioni sulle attività di scavo forniteci dalla Direzione Lavori non risultano lavorazioni in questi giorni. Visto che i dati rientrano a valori normali senza interventi di pulizia, si deve escludere un effetto dovuto al fouling sul sensore.
- nella stazione CHM3: la concentrazione è superiore a 30 mg/l dal 10 Dicembre alle 23:30 alle 2:00 del 11 Dicembre (valore massimo 43.57 mg/l), dalle ore 18:00 alle ore 22:15 dell'11 Dicembre (valore massimo 43.32 mg/l), dalle ore 22:15 del 14 Dicembre alle ore 16 del giorno 16 Dicembre (valore massimo 130.58 mg/l). Come si può vedere dalla Tabella 3.4 il giorno 11 Dicembre si è verificato un evento meteo ma di breve durata e debole intensità, pertanto non si è attribuita al vento la causa dei superamenti di concentrazione che sono comunque iniziati prima dell'aumento della velocità del vento. Secondo le informazioni sulle attività di scavo forniteci dalla Direzione Lavori non risultano lavorazioni in questi giorni. Visto che i dati rientrano a valori normali senza interventi di pulizia, si deve escludere un effetto dovuto al fouling sul sensore.

Si ricorda che le correlazioni fra torbidità ed eventi meteo-marini (vento, correnti di marea, correnti litoranee, correnti fluviali...) che vengono invocate per spiegare la successione cronologica dei rilievi, non hanno valore locale ed istantaneo. Il fenomeno di risollevarimento dei sedimenti, infatti, è solo uno dei meccanismi che determina la torbidità nel luogo e nel momento assegnati; essa non dipende soltanto dalla risospensione contemporaneamente creata dal moto ondoso nello stesso sito, ma anche (e soprattutto) dalla concentrazione dei sedimenti risollevari altrove e qui convogliati dalle correnti di marea. In termini matematici ciò significa che non esiste una relazione algebrica (per quanto complicata) fra torbidità e vento, ma solo un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali che descrivono tanto i processi di sollevamento/deposizione quanto i processi di trasporto dei sedimenti da parte delle onde e delle correnti. I cosiddetti modelli morfodinamici integrano numericamente queste equazioni e forniscono la distribuzione della concentrazione nello spazio e nel tempo, note che siano le condizioni iniziali e al contorno.

Pur assumendo che approssimative correlazioni tra la torbidità locale (rilevata da certo torbidimetro) e gli eventi meteo-marini (vento e correnti registrati nello stesso luogo o nelle vicinanze) possono essere ricercate qualora ci si riferisca ad opportuni valori medi, è evidente che tali correlazioni sono tanto più plausibili quanto più lungo è il periodo sul quale viene fatta la media in condizioni paragonabili. In effetti la media è proprio un valore integrale che elimina, almeno fino a un certo punto, le perturbazioni; per cui le correlazioni trovate sono tanto più

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

robuste (cioè valide generalmente) quanto più ampie sono le medie spaziali e temporali considerate.

Su lunghi periodi, inoltre, tendono a compensarsi meglio gli errori strumentali (fouling) e quelli di taratura (relazione fra torbidità e solidi sospesi). Per questo motivo, da un lato sono maggiormente significative le serie di misure pluriennali piuttosto di quelle annuali o addirittura stagionali, dall'altro riesce difficile individuare con sicurezza le variazioni a medio termine (cioè da un anno all'altro) della stessa torbidità.

### 3.4 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche

L'obiettivo del monitoraggio ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio è stato sia quello di acquisire i valori di torbidità naturale (cioè in assenza delle operazioni di dragaggio), sia quello di verificare la dispersione della torbidità generata dalle draghe.

Per il periodo corrispondente all'intervallo Settembre -Dicembre 2012 sono state rese disponibili dalla Direzione Lavori alcune informazioni relative alle attività di dragaggio alla bocca si porto di Malamocco quali periodo dell'attività, effettivi giorni di scavo e i volumi scavati (Tabella 3.8). Non risultano attività di scavo nei cantieri di Lido-Treporti, Lido-S.Nicolò e Chioggia.

I superamenti di soglia nella bocca di Malamocco sono stati rilevati, per la stazione MAP nei giorni 28 -29 Ottobre, 31 Ottobre - 2 Novembre, 10-14 Novembre, 28 -30 Novembre, 1 Dicembre, e per la stazione MAM nei giorni 15 Ottobre, 27-30 Novembre, 1 Dicembre e 8-9 Dicembre tutti in corrispondenza o in seguito a eventi meteo intensi.

Si può pertanto concludere che non è stato riscontrato nessun superamento della soglia di torbidità dovuto ad attività di scavo e che pertanto il pennacchio (*plume*) di materiale risospeso dai mezzi di scavo operanti nelle aree di cantiere nel periodo di misura non ha presentato un'estensione tale da interessare significativamente le stazioni fisse per la registrazione della torbidità.

Tabella 3.8. Localizzazione attività di dragaggio, denominazione dell'opera, inizio e fine del periodo di lavoro, giornate effettive di scavo e metri cubi, secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

	OP	PERIODO	GIORNI SCAVO	m <sup>3</sup>
BOCCA DI MALAMOCCO	OP/355-2°	Dal 03/09/2012 al 05/10/2012	23	20250
	OP/413-7	Dal 06/09/2012 al 20/12/2012	72	178400

### 3.5 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.es. "CHP-tutti").
- 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);

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

- 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).

## 4. 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.
- Hydrolab." Series 4a | Water Quality Instruments".
- 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, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto, Settembre 2005. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. 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, Novembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. 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, Novembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Linee guida misure speditive, Dicembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Dicembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/2 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2007. Consorzio Venezia Nuova
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/3 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2008. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/4 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2009. Consorzio Venezia Nuova.

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

- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/5 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2010. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/6 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2011. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/7 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2011. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.78/I - Attività di monitoraggio alle bocche di porto: controllo delle comunità biologiche lagunari e marine", Disciplinare Tecnico CVN/Technital, Venezia, Giugno 2003.
- Magistrato Alle Acque, 2006. Nuovi Interventi per la salvaguardia di Venezia (Convenzione rep. 7191 del 04/10/1991, a.a. rep. 8100 del 19/12/2005, Legge 29.11.1984 n. 798). Studio B.6.72 B/2, Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari, 2<sup>a</sup> fase, p.8.
- McCandliss, R.R., Jones, S.E., Hearn, M., Latter, R. and Jago, C.F. 2002. Dynamics of suspended particles in coastal waters (southern North Sea) during a spring bloom, *Journal of Sea Research*, 47, 285-302.
- Middleton, G. V. 1976. Hydraulic interpretation of sand size distribution, *Journal of Geology*, 84, 405-426.
- Mikkelsen, O.A. and Pejrup, M. 2000. In situ particle size spectra and density of particle aggregates in a dredging plume, *Marine Geology*, 170, 443-459.
- Mikkelsen, O.A. and Pejrup, M. 2001. The use of a LISST-100 laser particle sizer for in-situ estimates of floc size, density and settling velocity, *Geo-Marine Letters*, 20, 187-195.
- Sequoia Scientific Inc., 2004. LISST-100X Particle Size Analyzer, User's Manual, Version 4.60, p. 76.
- 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.