



**Consorzio per il coordinamento delle ricerche
inerenti al 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/9**

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

Contratto Thetis-CORILA n. 132000442

Documento **MACROATTIVITÀ: RILEVAZIONE DELLA
TORBIDITÀ IN CONTINUO
II RAPPORTO DI VALUTAZIONE
PERIODO DI RIFERIMENTO: DA SETTEMBRE A
DICEMBRE 2013**

Versione **1.0**

Emissione **15 Gennaio 2014**

Redazione

Verifica

Approvazione

Dott. Luca Zaggia
(ISMAR-CNR)

Prof. Giampaolo Di Silvio

Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

1. INTRODUZIONE	3
2. METODOLOGIA.....	4
2.1 Descrizione della rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.....	4
2.2 Strumentazione per la misura della torbidità.....	11
2.3 Gestione della rete di stazioni fisse, attività in campo e di laboratorio	12
2.4 Metodologia per il trattamento dei dati registrati.....	14
2.4.1 <i>Correzione per l'accumulo temporaneo di materiale macroscopico</i>	15
2.4.2 <i>Correzione per il fouling</i>	15
2.4.3 <i>Calibrazione dei sensori di torbidità</i>	18
3. ANALISI e TRATTAMENTO DEI DATI.....	19
3.1 Validazione dei dati e calibrazione	19
3.2 Serie temporali della concentrazione del particolato solido sospeso (SPM)	24
3.3 Analisi degli eventi meteo e dei picchi di torbidità	58
3.4 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche.....	70
3.5 Struttura dell'archivio dei dati.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	72

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/9 - 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 particellato solido sospeso generato dalle attività di cantiere all'interno e all'esterno del canale di bocca. Tali attività hanno lo scopo di 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 particellato 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 poiché fornisce un'indicazione della presenza del particellato 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 delle relative serie temporali permette di definire i valori di riferimento ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio e delle componenti biologiche. Misurare la torbidità in continuo 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 [MAV-CORILA, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012], 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 2013 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/8.

Per quanto riguarda la misura della direzione e velocità del vento, si fa riferimento alle registrazioni effettuate alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR. Per i livelli di marea si considerano i dati del mareografo più vicino alla stazione in questione (diga nord di Malamocco, diga sud di Chioggia, diga sud di Lido,) gestiti dall'ICPSM del Comune di Venezia. Le posizioni delle varie stazioni sono indicate in Figura 2.2.

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.

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.

Per le stazioni a mare, LIM, MAM e CHM3, caratterizzate da un elevato fondale (LIM 9 m, MAM 11 m e CHM3 14 m circa) è stata utilizzata una struttura già esistente impiegata come mareografo (Figura 3.2) ed è stato progettato un apposito sistema di posizionamento ed ancoraggio al fondo della strumentazione di misura tale da consentire un facile recupero della sonda per le operazioni di scarico dati, manutenzione, pulizia e riposizionamento alla quota di misura [Simionato, 2006]. Nella Figura 2.6 è mostrato uno schema tipico della struttura di posizionamento e ancoraggio che nell'ultimo anno è stata modificata rispetto a quella utilizzata in precedenza; infatti si vede che lo zavorramento al fondo è stato fatto, non più con un solo blocco di piastre di acciaio, ma con due blocchi, distanziati circa 2 metri uno dall'altro e collegati mediante una barra di acciaio inox. In questo modo le carrucole sono più distanziate tra loro con il vantaggio di ridurre così i rischi di attorcigliamento del cavo in acciaio per il recupero e il posizionamento.

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).

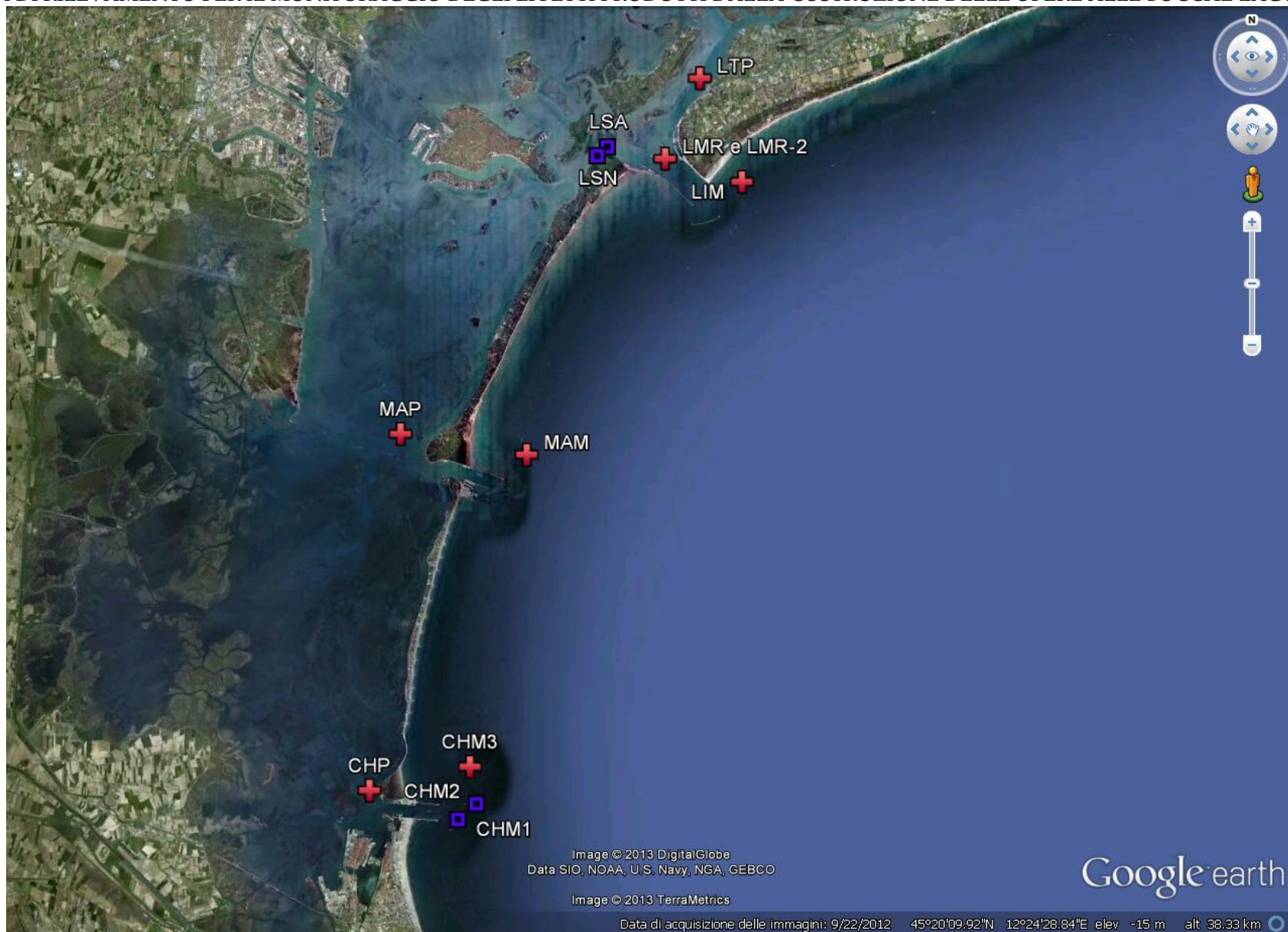


Figura 2.1. La rete delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo. In rosso le stazioni attive nel periodo settembre-dicembre 2013.

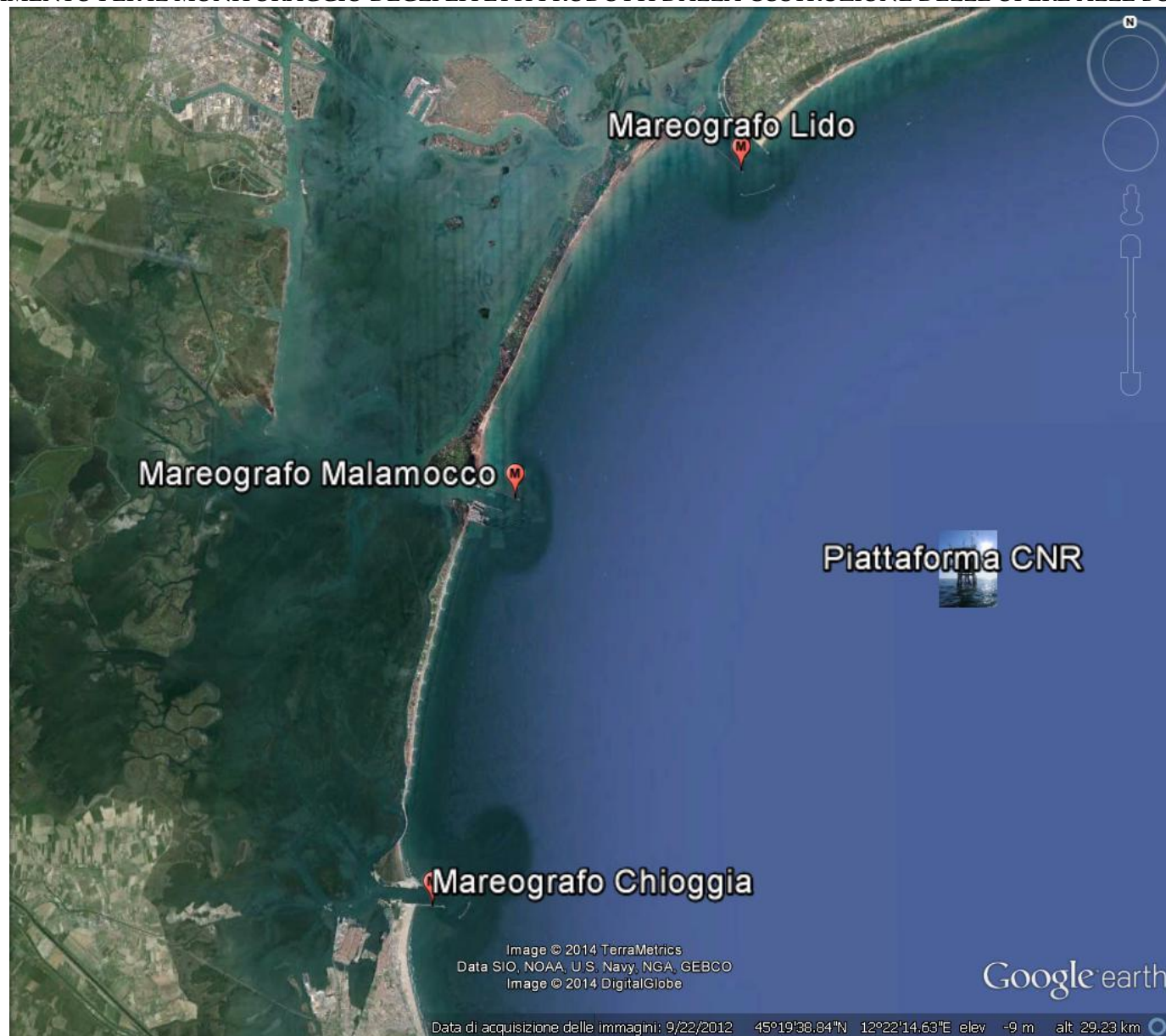


Figura 2.2. Mareografi,piattaforma del CNR.

CORILA

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

Tabella 2.1 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
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	289792 E 5012068 N	2312244.76 5013024.91	Studio B.6.72 B/1
CHM3	CHIOGGIA Mare	Postazione mareografica	CVN-MAV	13.5	290270 E 5013095N	2310273.49 5013115.11	Studio B.6.72 B/8 Studio B.6.72 B/9
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 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 Studio B.6.72 B/9
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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/7 Studio B.6.72 B/8 Studio B.6.72 B/9
LMR	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 Studio B.6.72 B/9

CORILA

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

Sigla Identificativa	Località	Tipo postazione	Ente	Fondale (m)	Coordinate UTM WGS 84	Coordinate Gauss Boaga	Periodo di utilizzo
LMR-2	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 Studio B.6.72 B/9
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 Studio B.6.72 B/4
LSN	LIDO Canale S. Nicolò	Postazione mareografica	MAV	7.0	295624 E 5034542 N	2315566.36 5034465.53	Studio B.6.72 B/1
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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/7 Studio B.6.72 B/8 Studio B.6.72 B/9
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 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 Studio B.6.72 B/9

CORILA

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

Sigla Identificativa	Località	Tipo postazione	Ente	Fondale (m)	Coordinate UTM WGS 84	Coordinate Gauss Boaga	Periodo di utilizzo
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 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 Studio B.6.72 B/9

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



Figura 2.3. Stazione MAM.



Figura 2.4. Stazione LMR.



Figura 2.5. Stazione CHP.

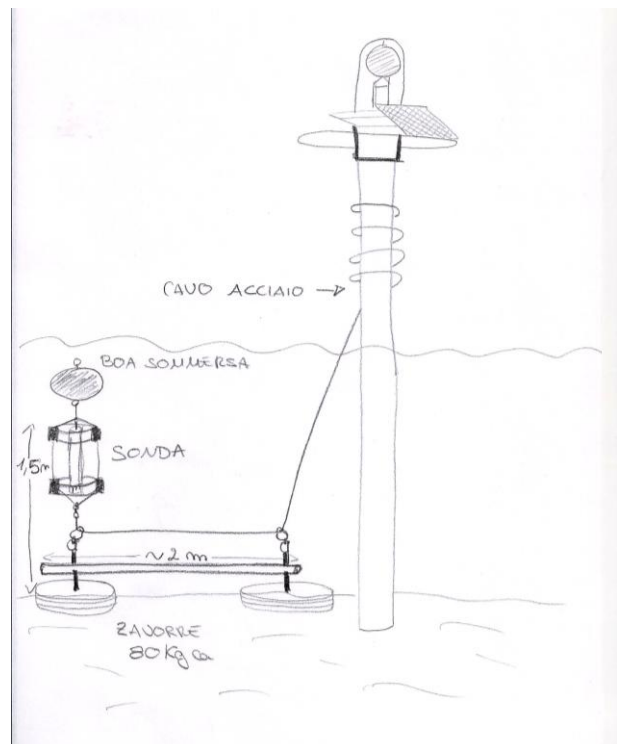


Figura 2.6. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare.

2.2 Strumentazione per la misura della torbidità

Per il rilievo della torbidità in continuo, tutte le stazioni eccetto LMR e CHM3 sono equipaggiate con una sonda multiparametrica autoregistrante Idronaut Mod. OceanSeven 304 CTD-T munita di 8 batterie interne da 9V ciascuna [Idronaut Srl., 2005]; CHM3 è equipaggiata con una sonda multiparametrica autoregistrante Idronaut OceanSeven 304 Plus, munita di una batteria da 3.6V al litio a lunga durata [Idronaut Srl., 2012]. Entrambe queste tipologie di sonde sono fornite di un sensore OBS (Optical Backscatter Sensor) del tipo Seapoint Turbidity Meter [Idronaut Srl., 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, dapprima equipaggiata con una sonda multiparametrica Datasonde 4a [Hydrolab Srl., 1999], il giorno 24/07/2013 è stata attrezzata con una sonda Datasonde 5a [Hydrolab Srl., 2006] 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 di misura passati, si imposta per ciascuno strumento un appropriato intervallo di misura, come indicato nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** dove sono riassunte anche le caratteristiche tecniche di tutti i sensori (temperatura, conducibilità e pressione) montati nelle sonde OceanSeven 304, nella Datasonde 4a e nella Datasonde 5a.

I torbidimetri posizionati nelle stazioni sopra descritte registrano 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 (OceanSeven 304 CTD-T Operator's Manual, 2005), sulla sonda OceanSeven 304 Plus (OceanSeven 304 Plus Operator's Manual, 2012) e sulla sonde Datasonde 4a (Datasonde 4 and Minisonde User's manual, 1999) e Datasonde 5 (Hydrolab DS5X, DS5, and MS5 User's manual, 2006)

Sensore OceanSeven 304	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 1000 dbar	0.05% f.s.	0.0015%
Temperatura	-3 - +35 ° C	0.005 ° C	0.0006 ° C
Conducibilità	0 - 70 mS/cm	0.005 mS/cm	0.001 mS/cm
Turbidimetro SEAPOINT	0 - 750 FTU	<2%	200 - 2 mV / FTU
	25 FTU	<2%	200 mV / FTU
	125 FTU	<2%	40 mV / FTU
	500 FTU	<2%	10 mV / FTU
	750 FTU	<2%	2 mV / FTU (•)
Sensore OceanSeven 304 plus	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 1000 dbar	0.05% f.s.	0.0015%
Temperatura	-5 - +35 ° C	0.005 ° C	0.0006 ° C
Conducibilità	0 - 70 mS/cm	0.005 mS/cm	0.001 mS/cm
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
Torbidità	0 - 1000 NTU	± 5% of reading; ± 1 NTU	0.1 NTU (<100 NTU) 1.0 NTU (>100 NTU)
Sensore Datasonde 5a	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
Torbidità	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.

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; poiché la loro rimozione meccanica in campo è critica per la possibilità di danneggiamento della finestra ottica del torbidimetro, 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 calibrazione aggiuntiva.

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.

In laboratorio vengono analizzati i campioni d'acqua ed eseguite le determinazioni dei solidi sospesi utilizzando la metodica IRSA (Quaderno 100/2050/94) [ANPA,1999]. Tale metodica prevede, per la filtrazione, l'utilizzo di membrane in policarbonato (Millipore HHTP04700) 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 e riposte in scatole Petri. Dopo la filtrazione, le membrane vengono essiccate a +105° C per 12 ore, quindi raffreddate in essiccatore a vuoto ed infine ripesate. La concentrazione del particolato solido in sospensione (Suspended Particulate Matter – SPM) che include sia la frazione organica che inorganica si ottiene come differenza tra il peso finale e iniziale della membrana rapportata al volume d'acqua filtrato; consiste quindi nella 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). Tutte le operazioni di pesatura sono effettuate mediante l'utilizzo di una bilancia analitica.

Il prelievo dei campioni d'acqua e la successiva determinazione della concentrazione del particolato solido sospeso (in mg/l) sono indispensabili per convertire i dati grezzi di torbidità, come descritto nel paragrafo 2.4.3.

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 2.7).

CORILA

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



Figura 2.7. Esempio di scheda di campo riferita alla postazione di misura MAP.

2.4 Metodologia per il trattamento dei dati registrati

La torbidità in condizioni naturali assume un tipico andamento, leggermente oscillante concorde con la fase di marea, di cui si riporta un esempio in Figura 2.8. Dalla figura si vede come l'andamento della variabile sia oscillante con i valori minimi, corrispondenti alle condizioni di torbidità naturale a mare in condizioni di calma, disposti lungo una linea di base pressoché orizzontale e dei massimi relativi in corrispondenza del livello della bassa marea, legati alla maggior concentrazione tipicamente riscontrata nelle acque lagunari normalmente caratterizzate da un maggior carico in sospensione di natura sia organica che inorganica. Si osserva anche come il valore di picco tenda ad aumentare al diminuire del livello del minimo di marea.

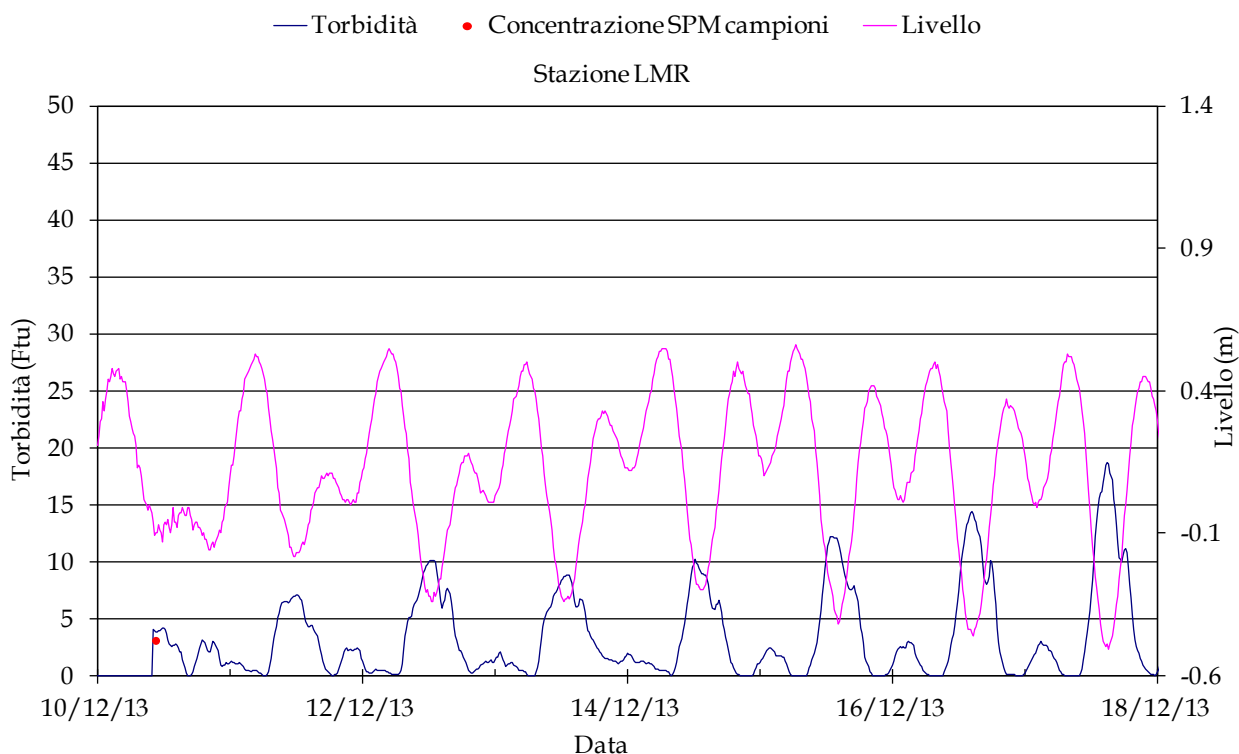


Figura 2.8. Esempio di andamento indisturbato della torbidità nella stazione LMR.

2.4.1 Correzione per l'accumulo temporaneo di materiale macroscopico

L'accumulo temporaneo di materiale macroscopico sulla superficie dei sensori e negli spazi ristretti fra un sensore e l'altro causa, però, la presenza di picchi istantanei della torbidità. Si applica quindi una procedura di filtrazione dei dati che consiste in un controllo sul valore istantaneo registrato, che viene automaticamente eliminato quando si discosta di una quantità superiore al doppio della media dei valori nel suo intorno. 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. Quando questo procedimento, nel caso di perturbazioni prolungate, non risulta efficace, si rende necessario un intervento manuale per l'eliminazione dei picchi residui.

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 di torbidità: i valori minimi pertanto non saranno più lungo una linea di base orizzontale ma cresceranno seguendo un andamento approssimabile ad una relazione lineare o di secondo grado.

Nel caso in cui questa deriva, dovuta probabilmente a piccole incrostazioni che crescono lentamente sulla finestra ottica del sensore, non comporta un aumento significativo delle oscillazioni istantanee, è 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 minimi che giacciono lungo la linea di base 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: è possibile applicare una seconda volta la procedura correttiva, ma a volte non è possibile ottenere un buon risultato pertanto è necessario procedere all'eliminazione dei dati corrispondenti.

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 nel periodo 10-31 ottobre 2013 dopo la sola applicazione della procedura automatica di filtrazione e di media mobile: si vede come i valori minimi, inizialmente disposti lungo la linea di base orizzontale, il giorno 14 ottobre inizino a crescere. In questo caso è stata effettuata una correzione sottraendo una polinomiale di secondo grado che ha permesso di correggere la deriva. È stato cancellato inoltre il picco rilevato il giorno 13 ottobre. Il risultato dopo la correzione è visibile nella Figura 2.10. Per valori molto bassi della concentrazione è possibile che si riscontri una leggera differenza fra la concentrazione nel campione prelevato dopo la pulizia dei sensori e la lettura del torbidimetro, il cui valore in mg/l è risultato dell'applicazione di una relazione di regressione.

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

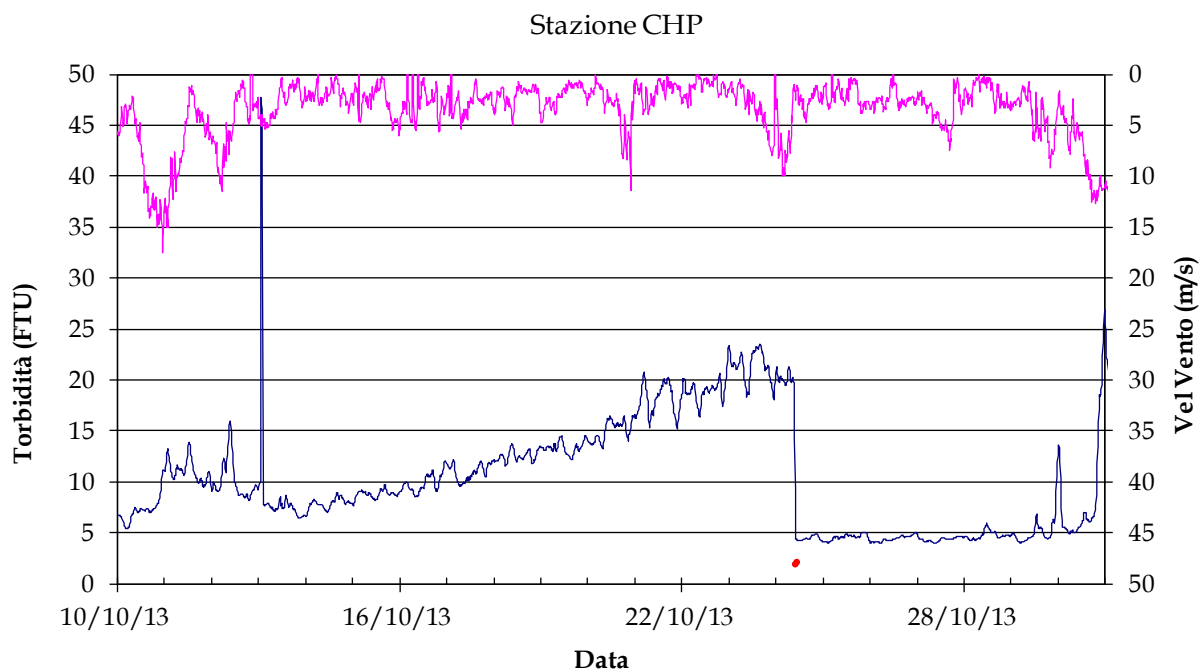


Figura 2.9. Esempio della presenza di deriva progressiva dei valori di torbidità dovuta al fouling nella stazione CHP. I pallini rossi rappresentano i valori di concentrazione misurati nei campioni d'acqua prelevati prima e dopo l'intervento di manutenzione.

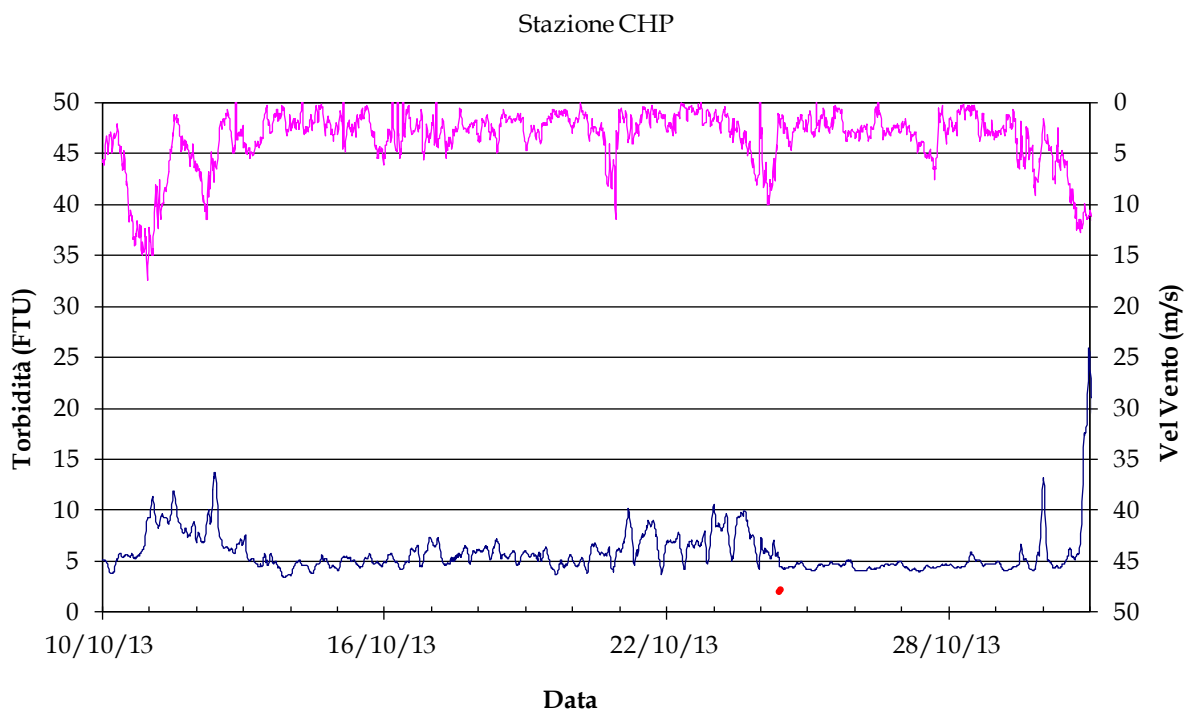


Figura 2.10. Risultato finale dopo l'applicazione della procedura correttiva. I pallini rossi rappresentano i valori di concentrazione misurati nei campioni d'acqua prelevati prima e dopo l'intervento di manutenzione.

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 espressa in 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 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 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. Tale relazione viene calcolata però successivamente alla procedura di filtrazione e alle correzioni effettuate per rimuovere l'effetto del fouling; per la calibrazione pertanto 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 2013 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 le registrazioni dei dati di torbidità e dei parametri fisici dell'acqua senza problemi;
- 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 LMR: il giorno 22/11/2013 si è riscontrato che la registrazione si era interrotta il giorno 21 alle ore 7.15 per dei problemi con le batterie, che sono state sostituite.

Il giorno 09/12/2013 la sonda è stata prelevata e portata presso i laboratori del CNR-ISMAR a causa dell'incomunicabilità con il terminale. Dopo aver constatato l'esaurimento prematuro di parte delle batterie interne (la registrazione dei dati si è interrotta il 26 novembre) e provveduto alla sostituzione delle stesse, la sonda è stata riposizionata in loco il giorno 10/12/2013.

Stazione LMR-2: il giorno 22/10/2013 è stata riposizionata la sonda che era stata rimossa e spedita alla casa produttrice per la riparazione del sensore di torbidità e di conducibilità il giorno 29/08/2013.

Stazione CHM3: il giorno 09/10/2013, durante la lettura dei dati scaricati, si è constatato il mal funzionamento del torbidimetro a partire dal giorno 27/09/2013 a causa dell'esaurimento prematuro della batteria interna dello strumento. Poiché si tratta del nuovo modello Ocean Seven 304Plus, dotato di un'unica batteria interna della durata presunta di circa 3 anni, si è provveduto alla rimozione dello strumento, che è stato riposizionato in loco il giorno 22 ottobre, con la nuova batteria.

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

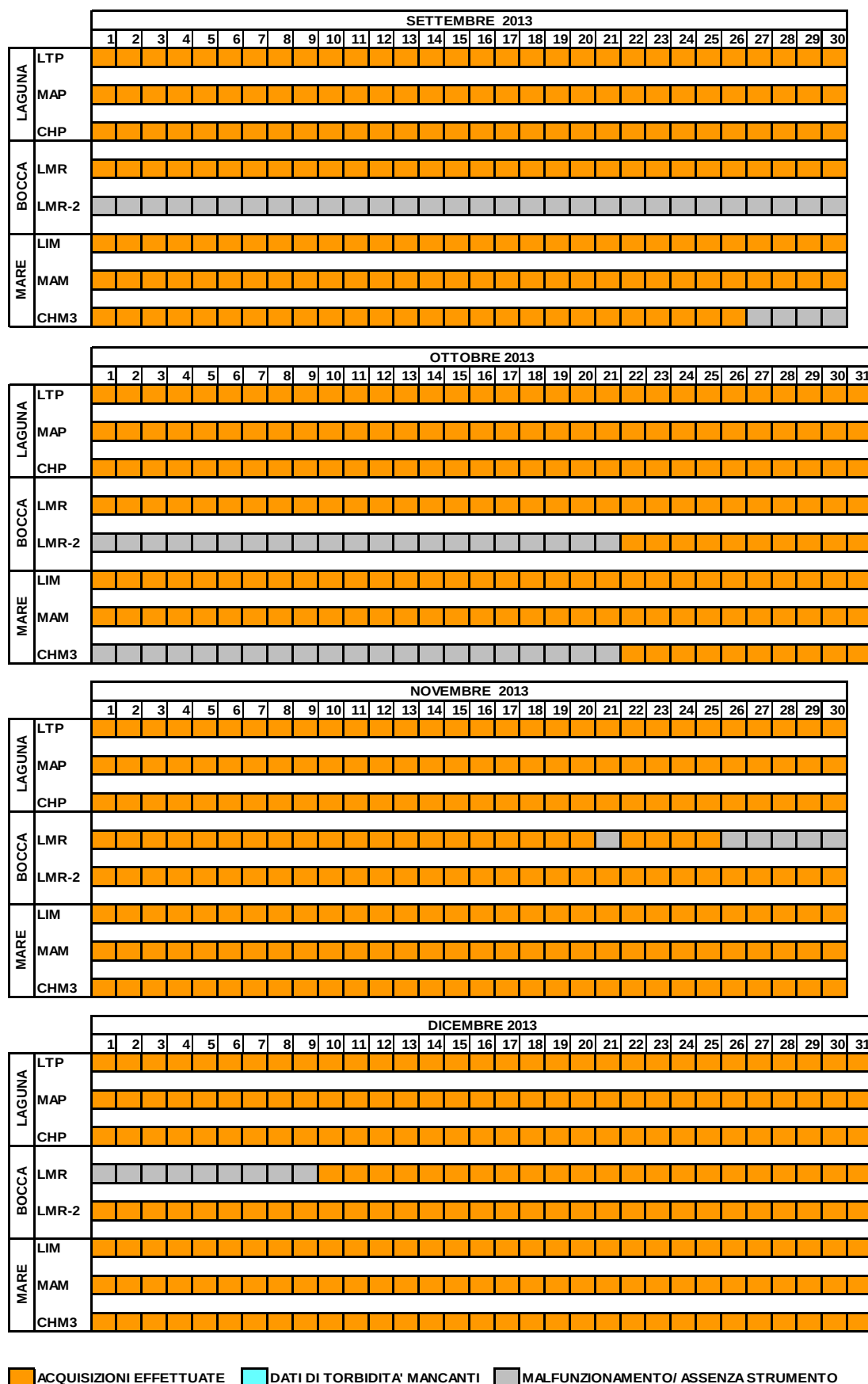


Figura 3.1. Visualizzazione schematica dei periodi di acquisizione degli strumenti impiegati nelle stazioni oggetto del monitoraggio nel periodo settembre-dicembre 2013.

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 2013

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 2013.

Tipologia	Stazione	Percentuale di funzionamento	Percentuale di dati validati
<i>Stazioni in laguna</i>	LTP	100%	94.0%
	MAP	100%	94.1%
	CHP	100%	99.8%
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	87.7%	74.6%
	LMR-2	58.2%	57.5%
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	100%	99.4%
	MAM	100%	95.7%
	CHM3	79.5%	67.3%

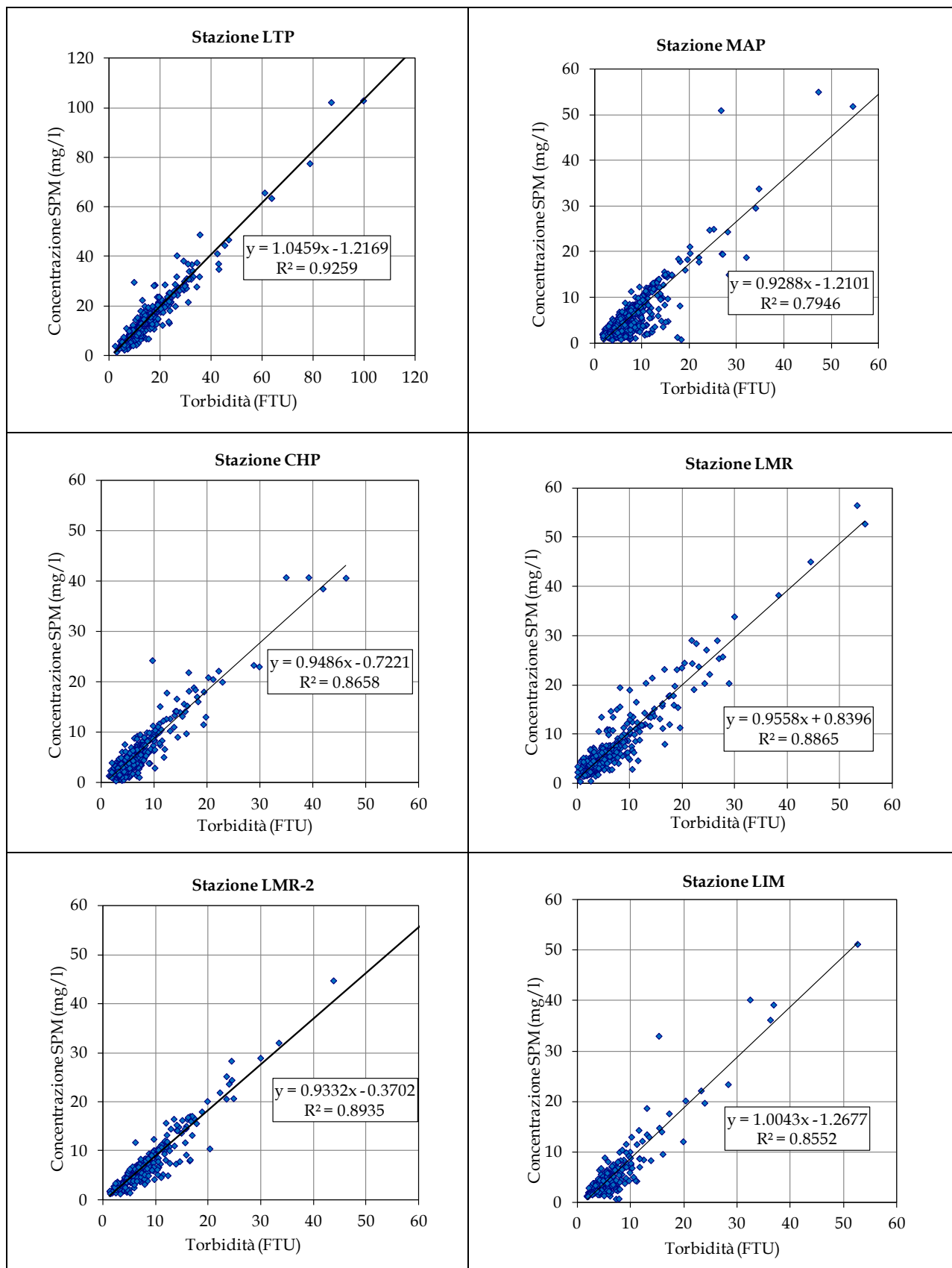
Si evidenzia come per la stazione LMR-2, in bocca di Lido, si abbia una bassa percentuale di funzionamento e quindi anche di dati validati. Tale stazione pertanto non verrà considerata nel confronto con le altre stazioni.

Come descritto nel paragrafo 2.4.3, correlando per ogni stazione i dati di torbidità corretti (FTU) e i corrispondenti valori di concentrazione di SPM (mg/l) relativi ai 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.

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	$y = 1.0459x - 1.2169$ $R^2 = 0.9259$
	MAP	$y = 0.9288x - 1.2101$ $R^2 = 0.7946$
	CHP	$Y = 0.9486x - 0.7221$ $R^2 = 0.8658$
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	$y = 0.9558x + 0.8396$ $R^2 = 0.8865$
	LMR-2	$y = 0.9332x - 0.3702$ $R^2 = 0.8935$
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	$y = 1.0043x - 1.2677$ $R^2 = 0.8552$
	MAM	$y = 0.9693x - 0.8363$ $R^2 = 0.8306$
	CHM3	$y = 0.9335x - 1.4366$ $R^2 = 0.8952$

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



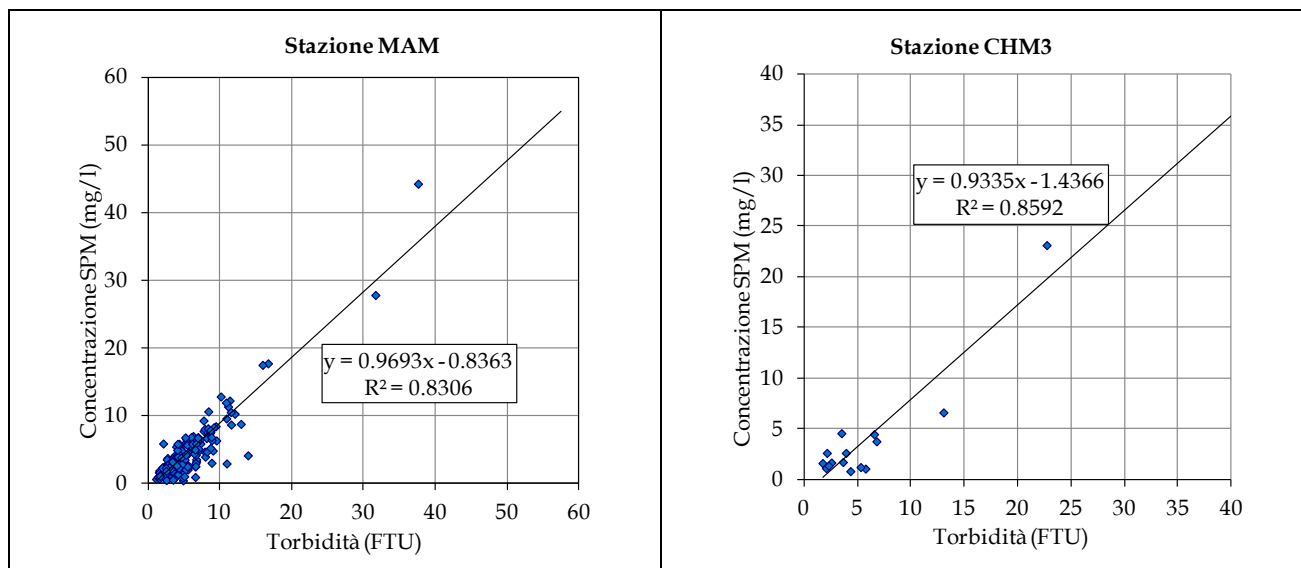


Figura 3.2. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione. Le rette di regressione sono state calcolate includendo tutti i valori disponibili fino a dicembre 2013.

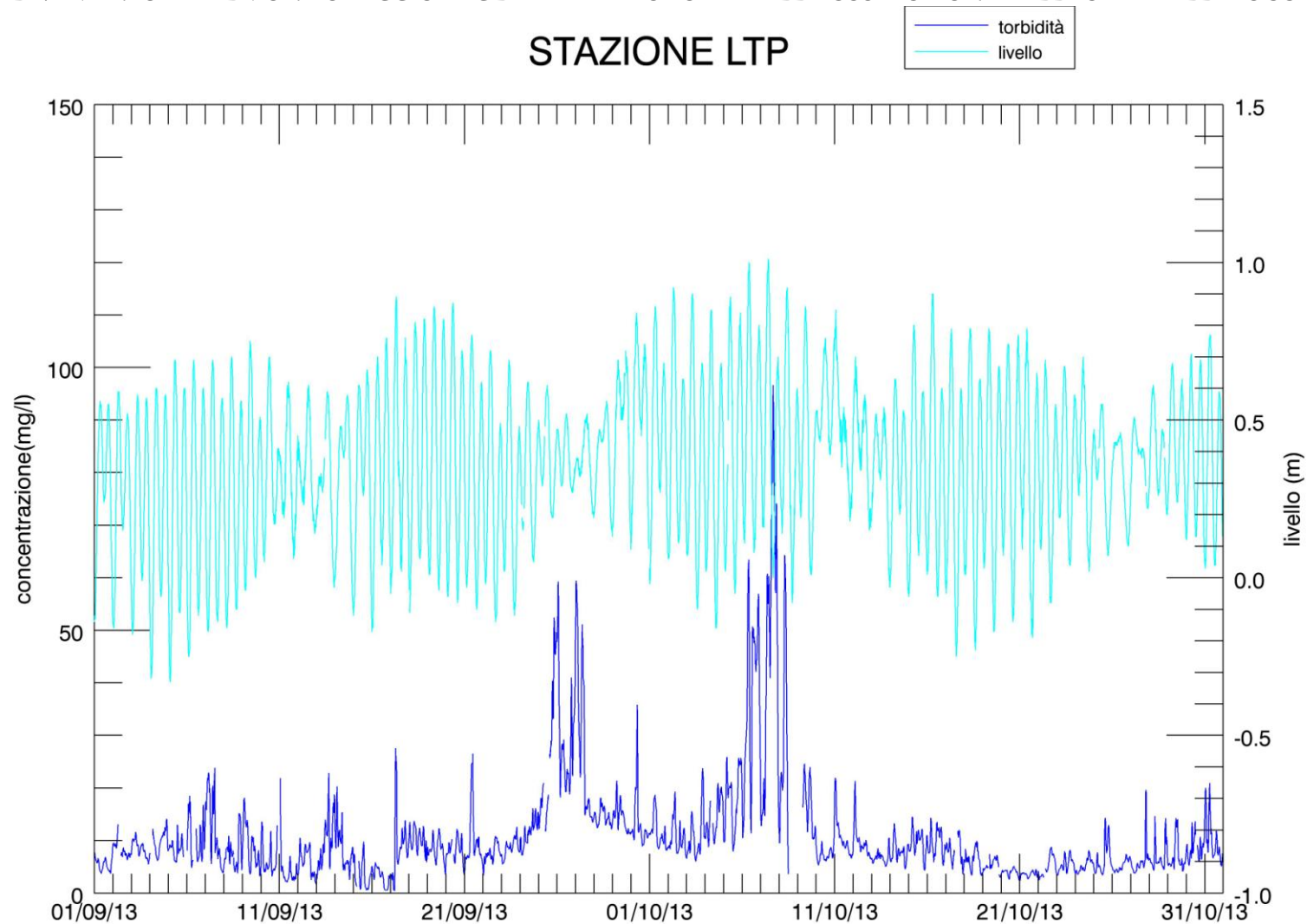
Ciascuna di queste relazioni è stata ricavata utilizzando tutti i dati disponibili rilevati durante i vari anni di monitoraggio. Poiché nella stazione CHM3 il giorno 22/03/2013 è stata sostituita la sonda esistente con una nuova sonda di diversa tipologia, per tale stazione è stata calcolata una nuova retta di calibrazione usando solamente i dati della nuova sonda, anche se limitati in numero. Tali dati sono stati rilevati in istanti di mare calmo e pertanto assumono tutti valori molto bassi; si è preferito quindi integrarli con una coppia di punti sperimentali ottenuta in laboratorio secondo la procedura descritta di seguito. In un beacker contenente acqua distillata e di dimensioni tali da garantire una corretta lettura ottica, è stata versata e mantenuta in sospensione, tramite agitatore magnetico, un'aliquota di sedimento di fondo prelevato in situ. Per ciascuna aliquota si è provveduto alla misura con la sonda e successivamente alla determinazione della concentrazione di solidi sospesi (SPM) con le stesse modalità utilizzate per i campioni destinati alle altre calibrazioni. Ciascuna di queste relazioni è stata poi utilizzata per derivare la serie temporale della concentrazione di SPM a partire dalla serie della torbidità opportunamente corretta (paragrafi 2.4.1 e 2.4.2) relativa alla corrispondente stazione.

Si osserva come le pendenze delle rette di regressione (Tabella 3.2) 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: si osserva che il valore di R^2 per tutte le stazioni è compreso fra 0.93 e 0.79. 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). Tali interventi sono stati effettuati per ognuna delle sonde che presentavano evidenti anomalie e vengono comunque ripetuti ogni qual volta le sonde rientrano presso il laboratorio per eventuali riparazioni o interventi di manutenzione profonda.

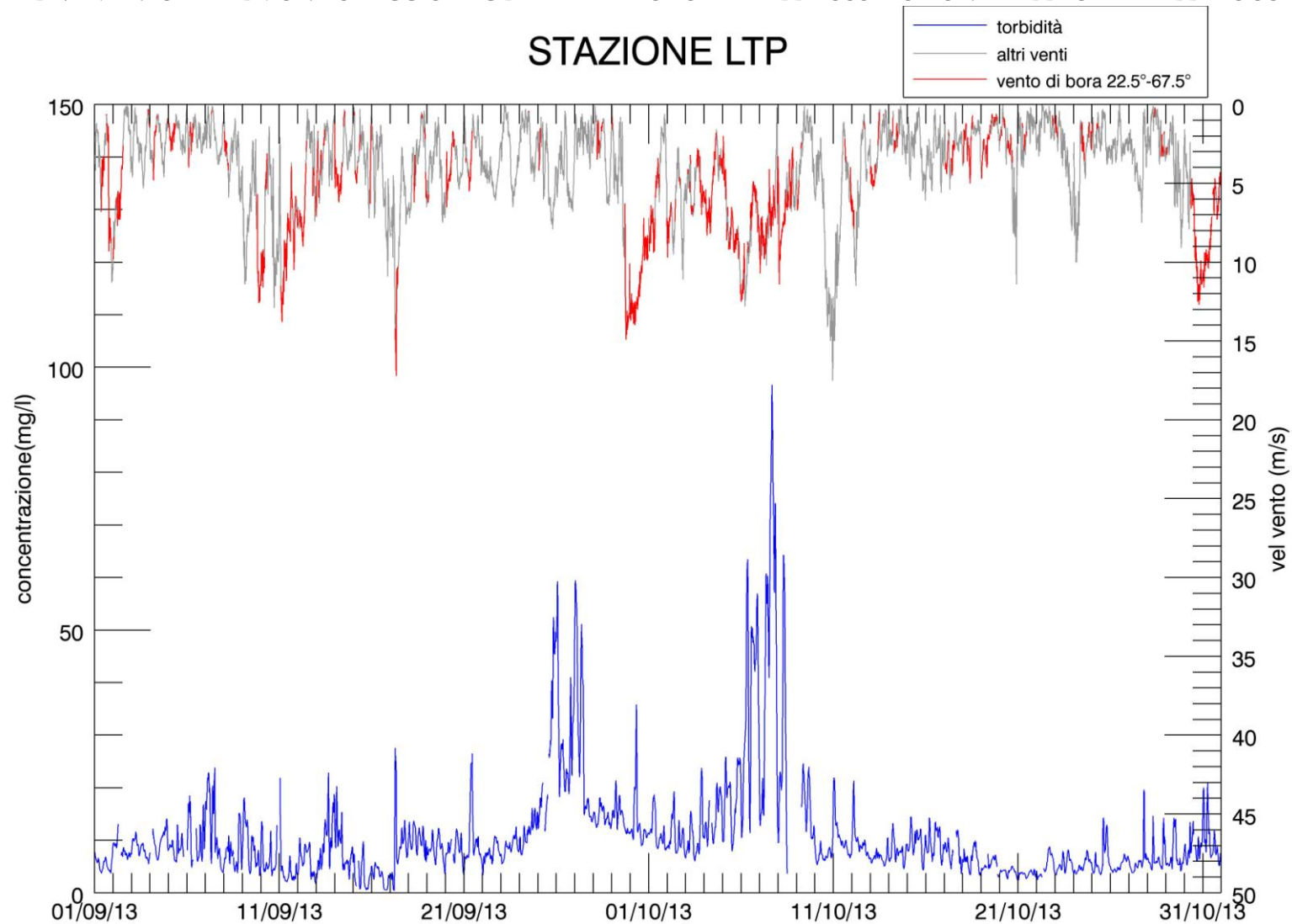
3.2 Serie temporali della concentrazione del particolato solido sospeso (SPM)

Le serie temporali del periodo settembre-dicembre 2013 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 Sud di Lido, Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia gestito dall' 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.

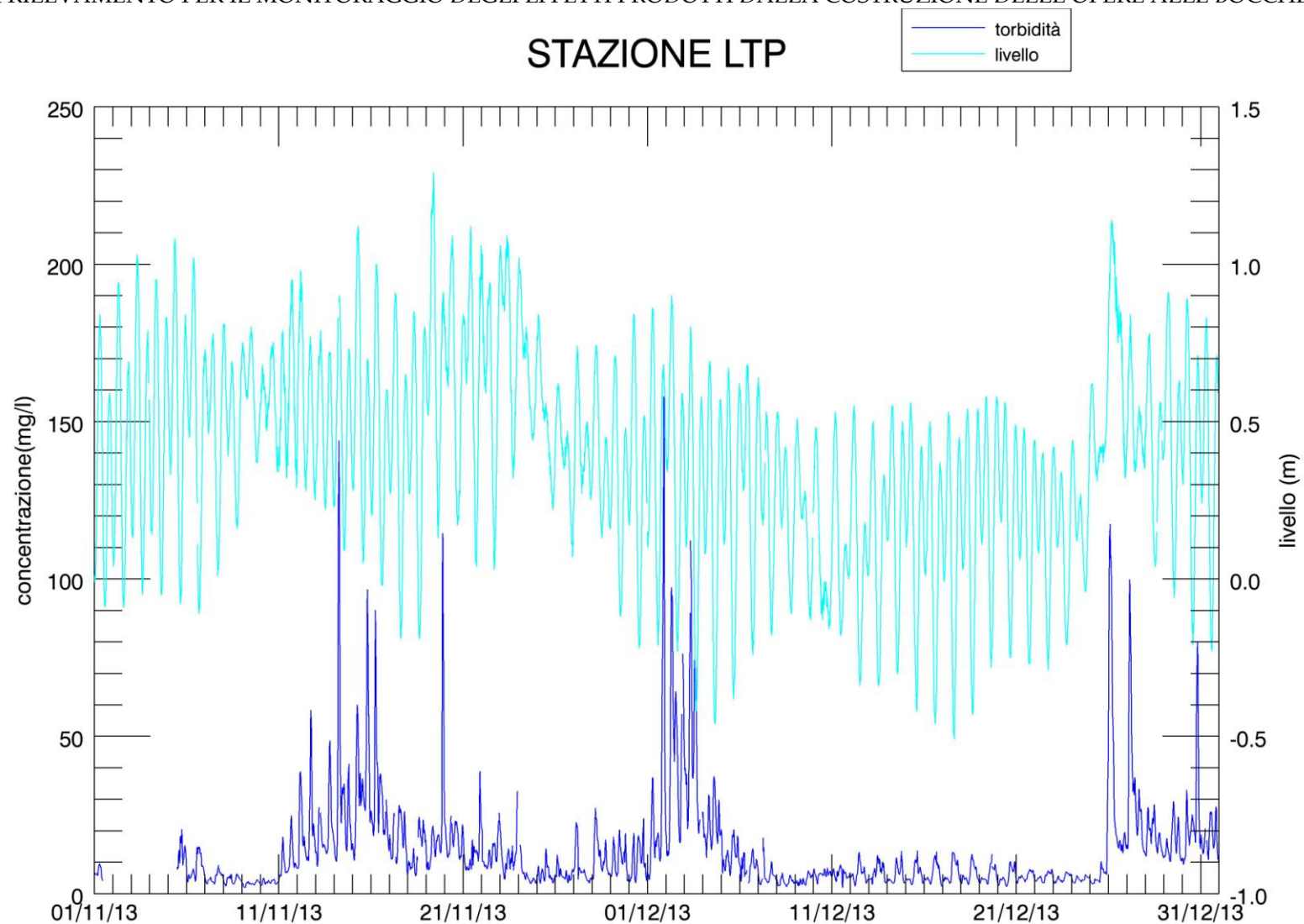


(a)

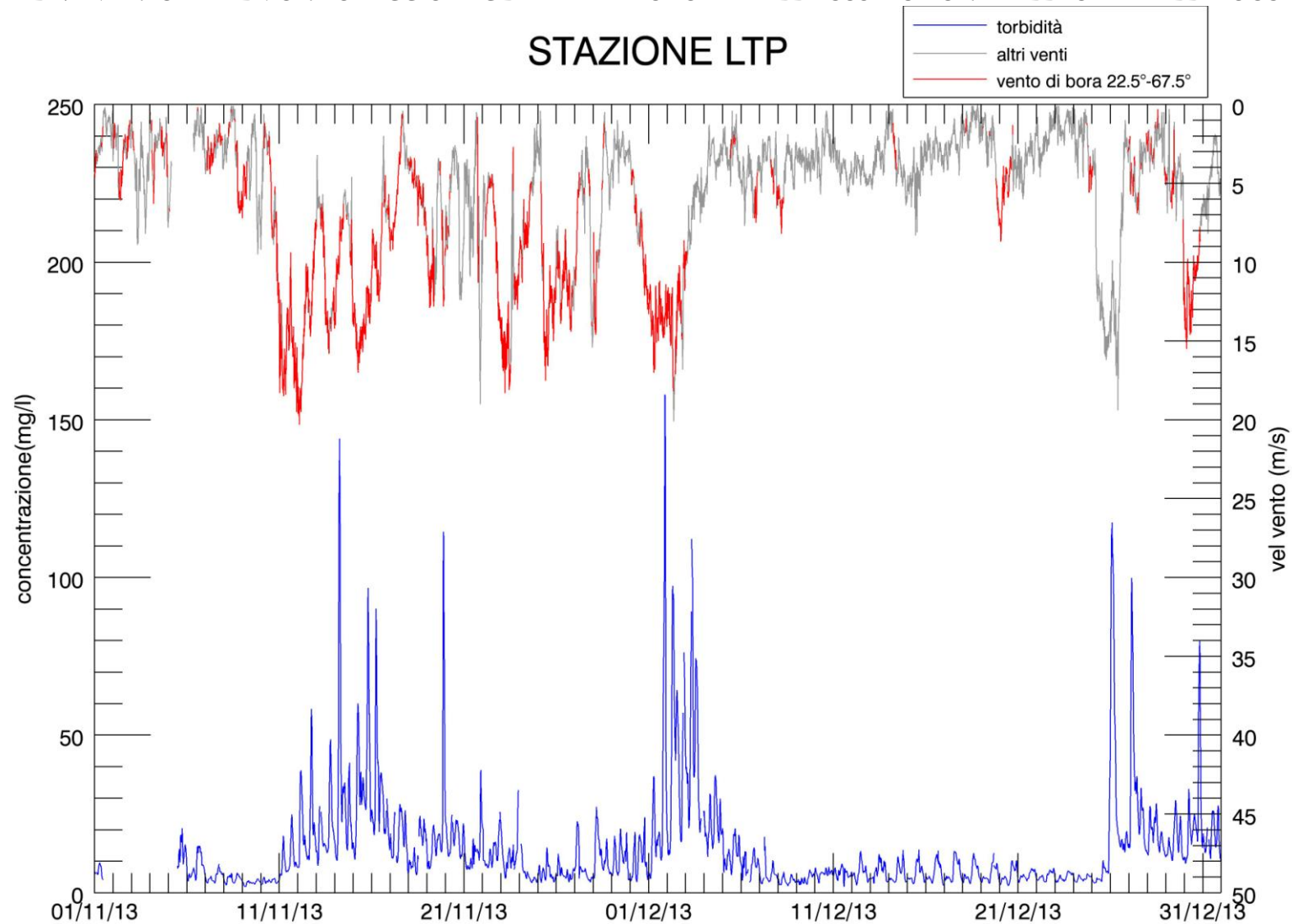


(b)

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 2013.

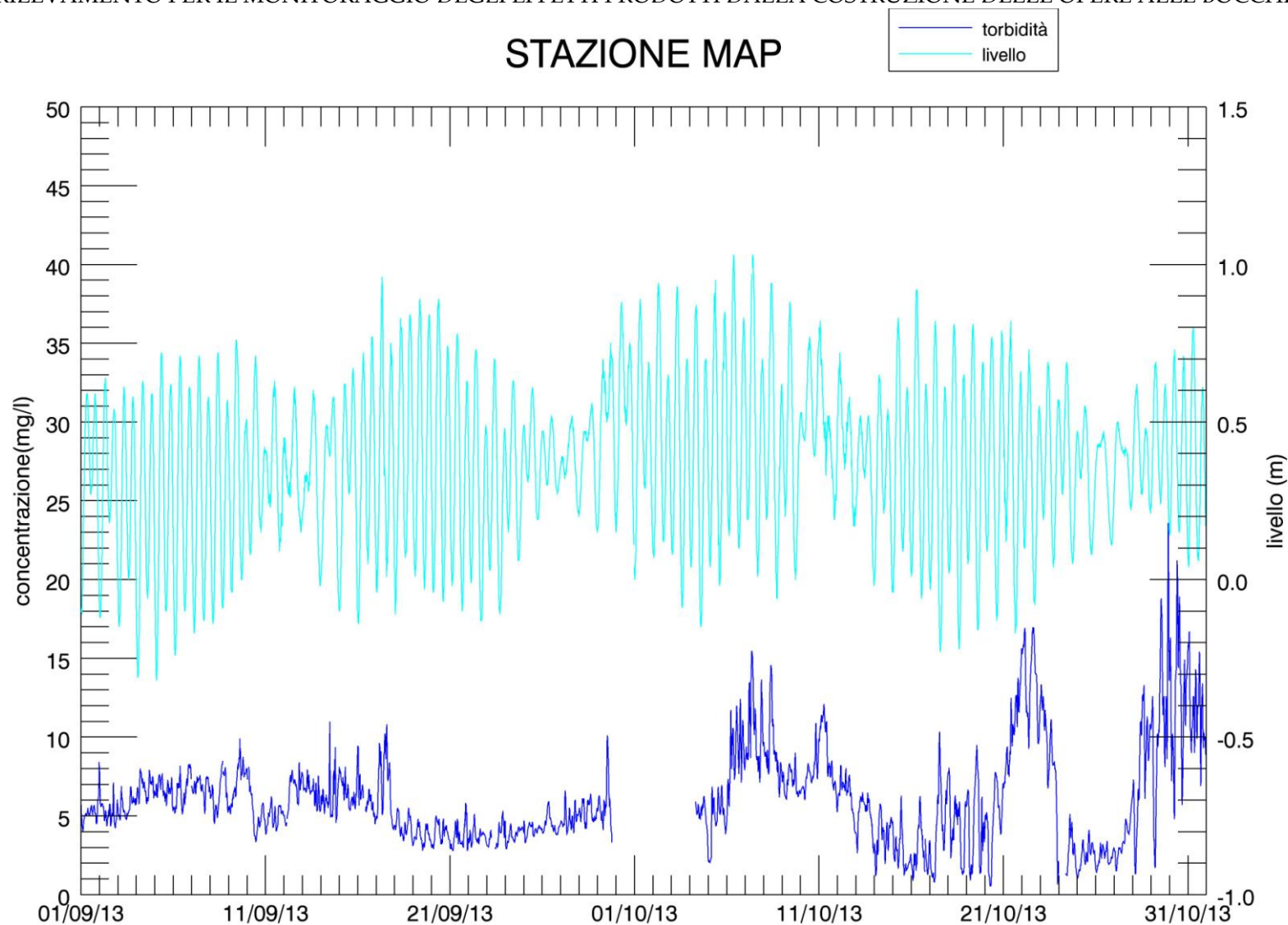


(a)

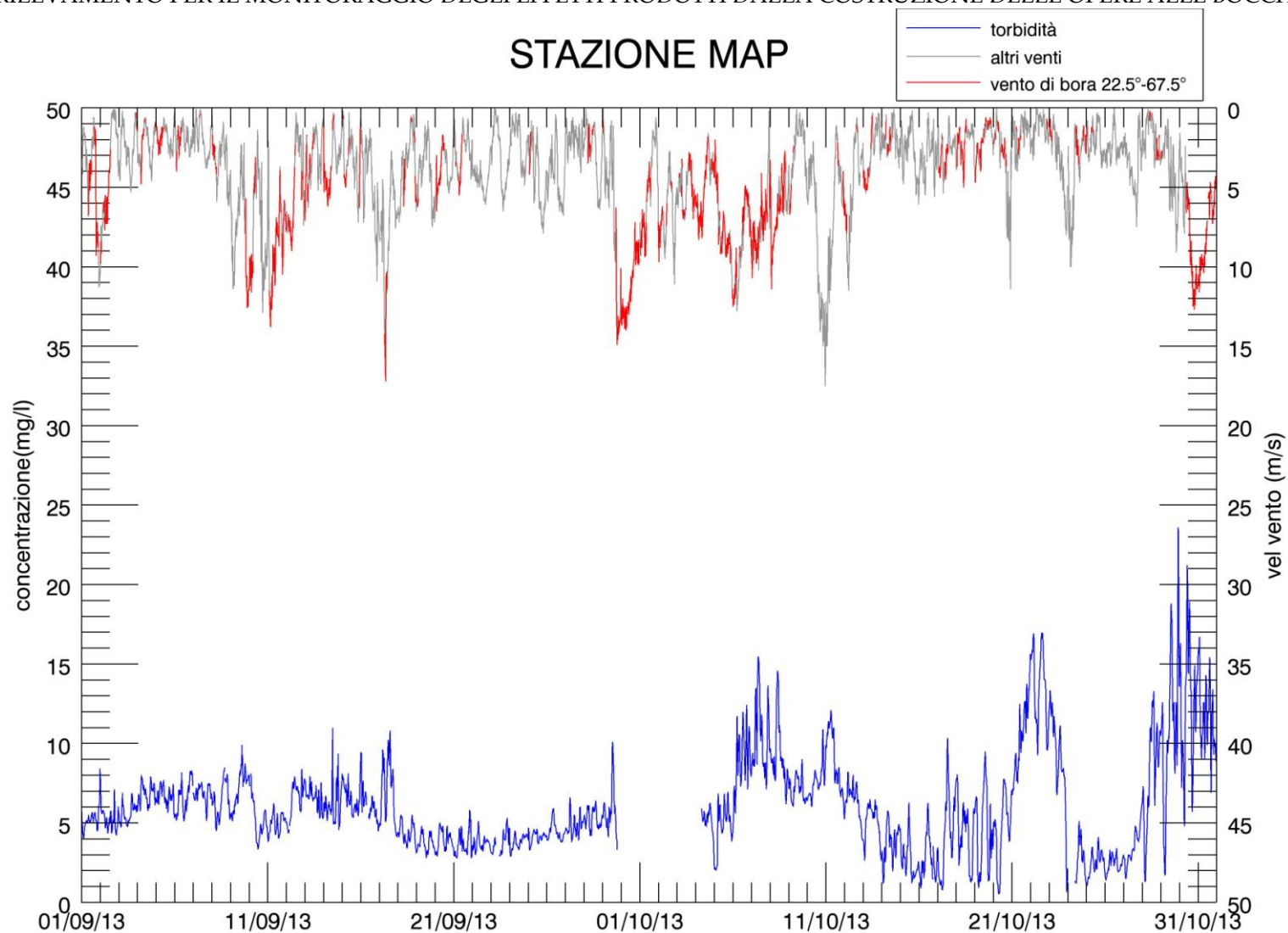


(b)

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 2013.

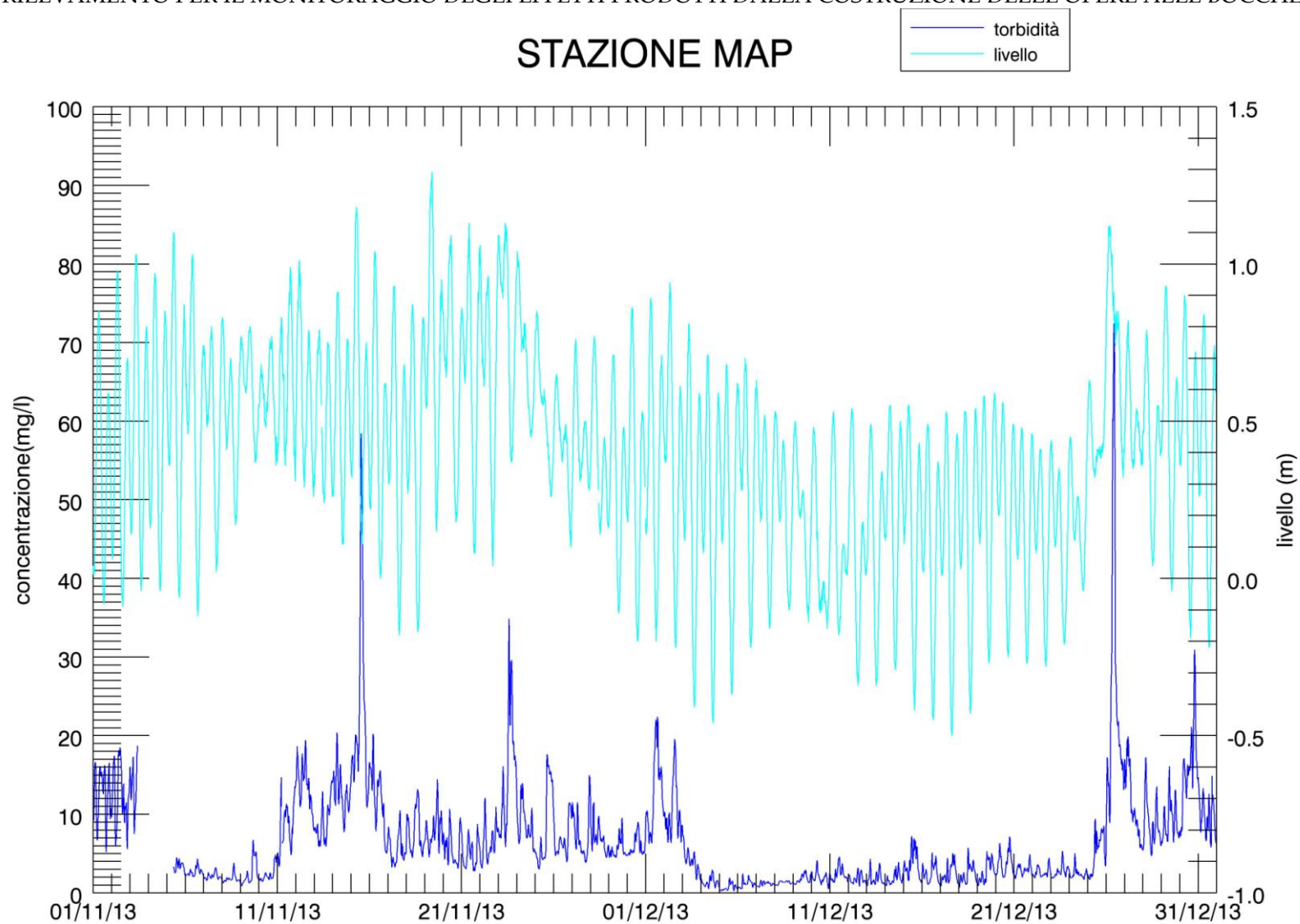


(a)

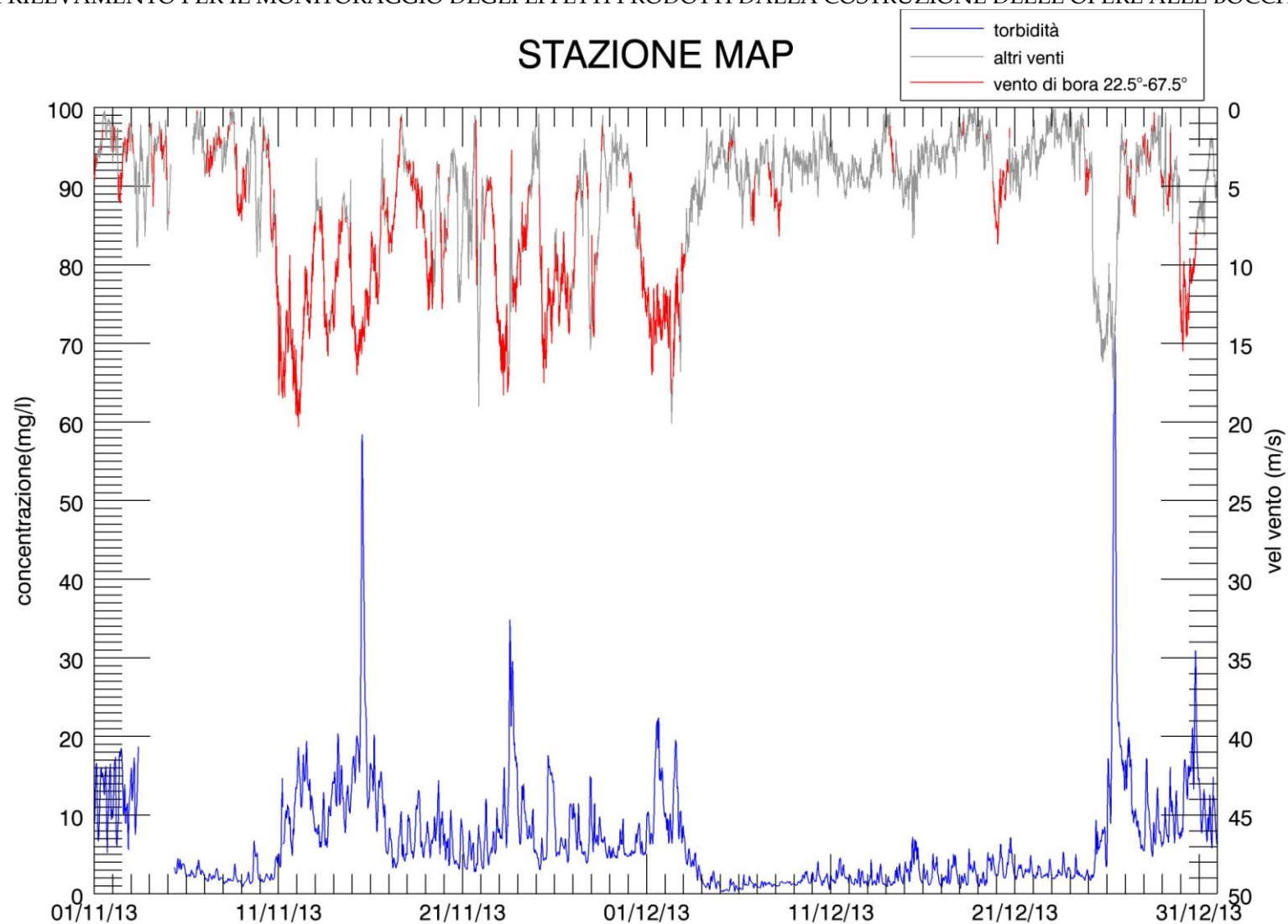


(b)

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 2013.

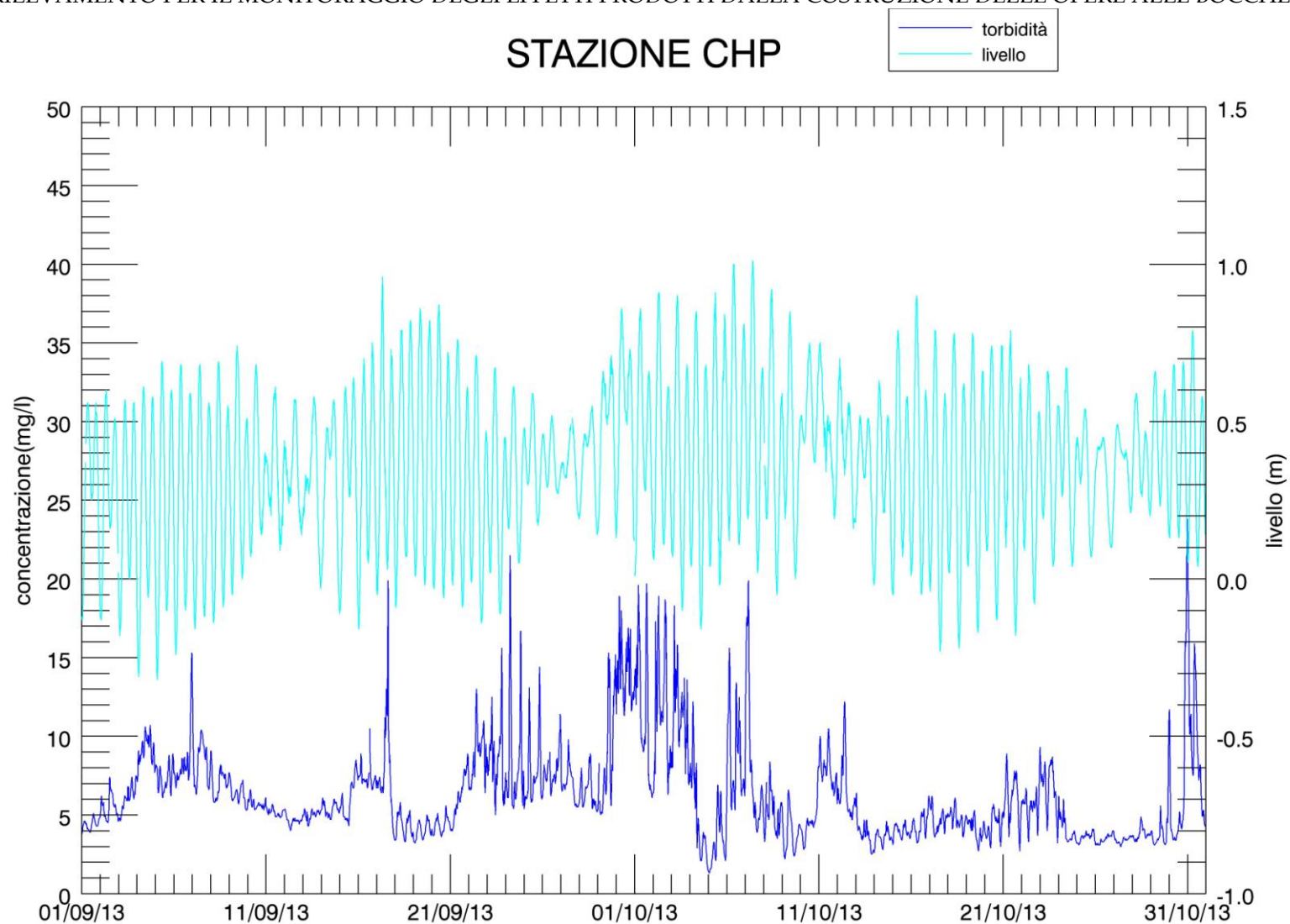


(a)

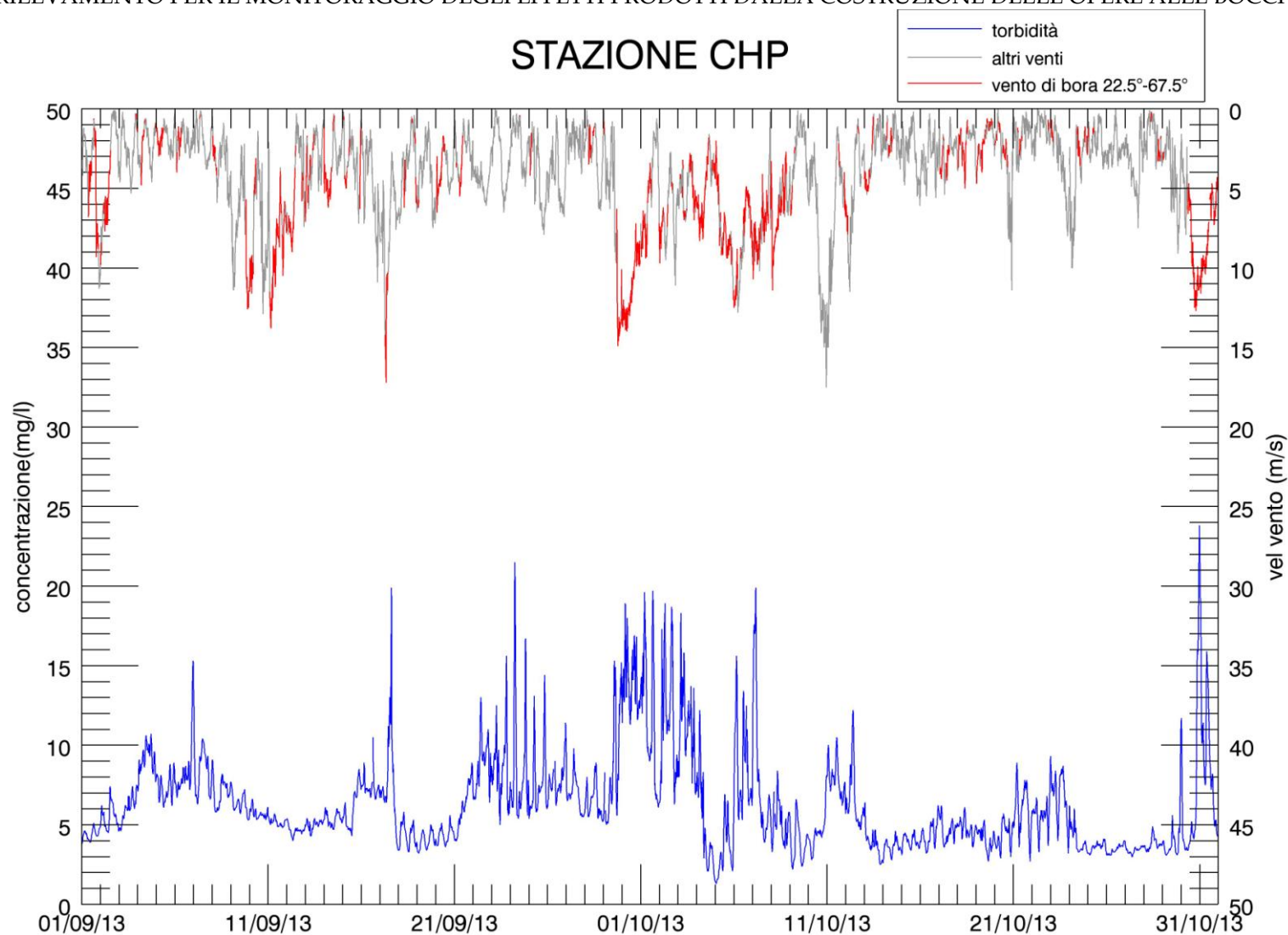


(b)

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 2013.

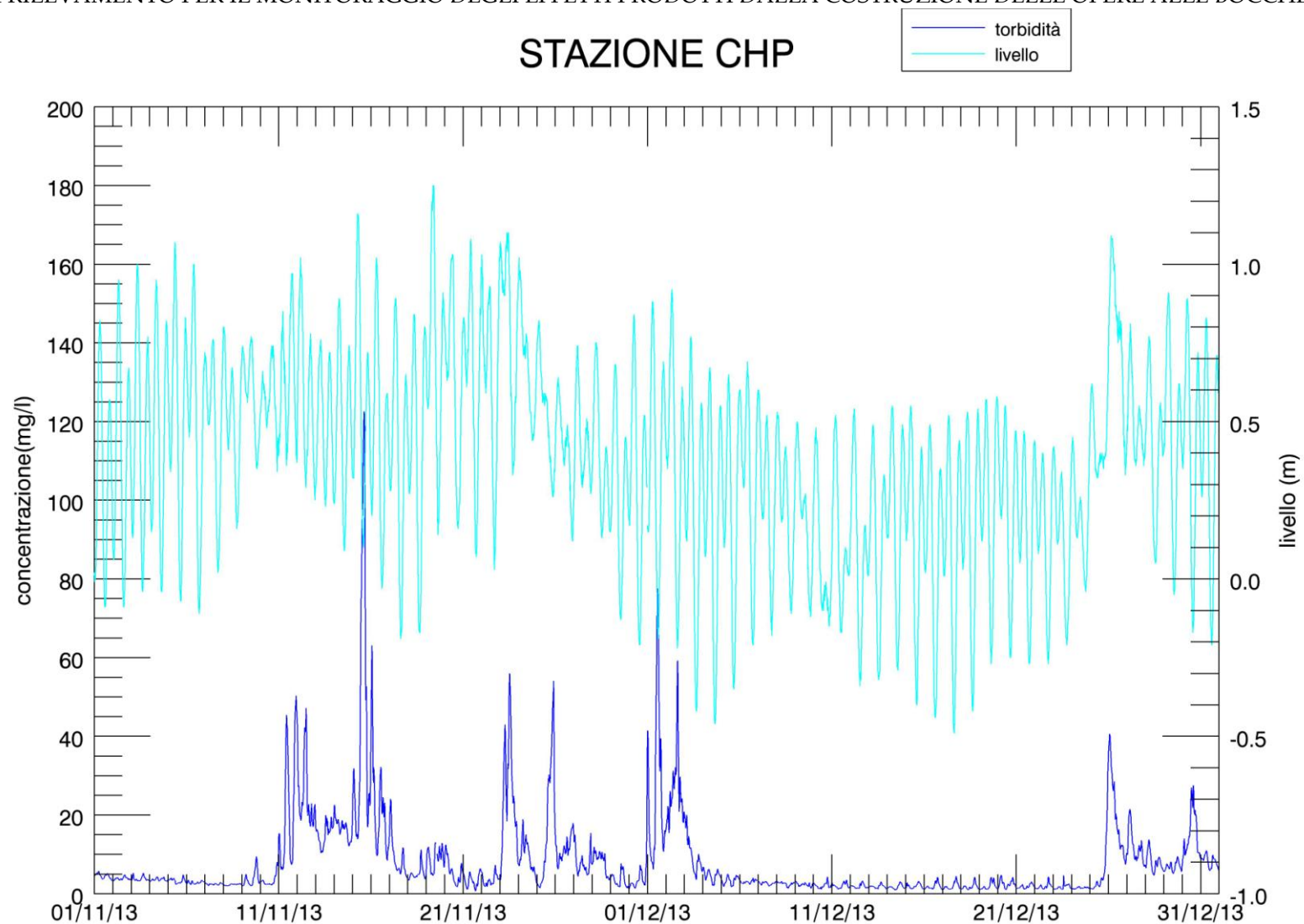


(a)

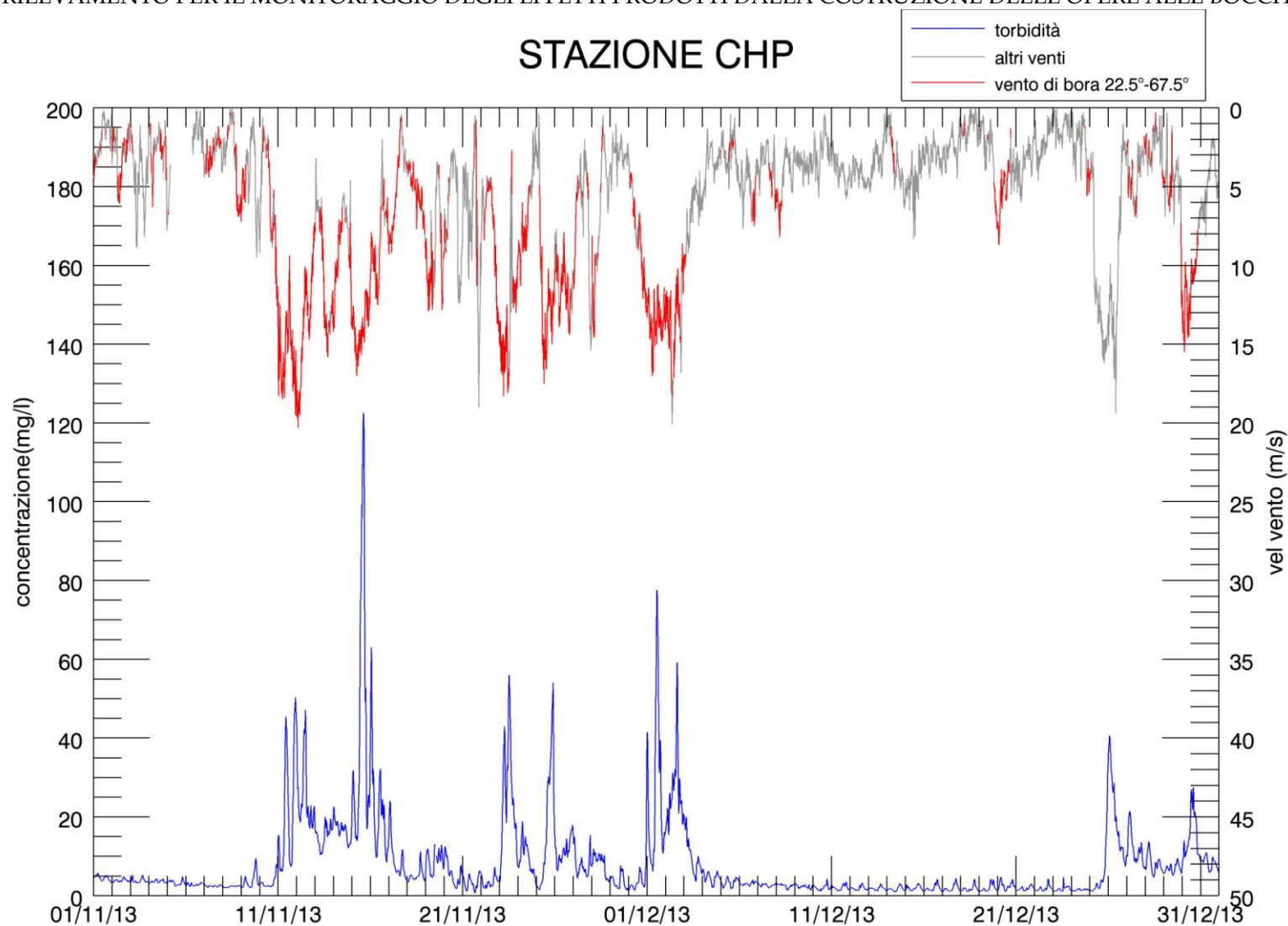


(b)

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 2013.

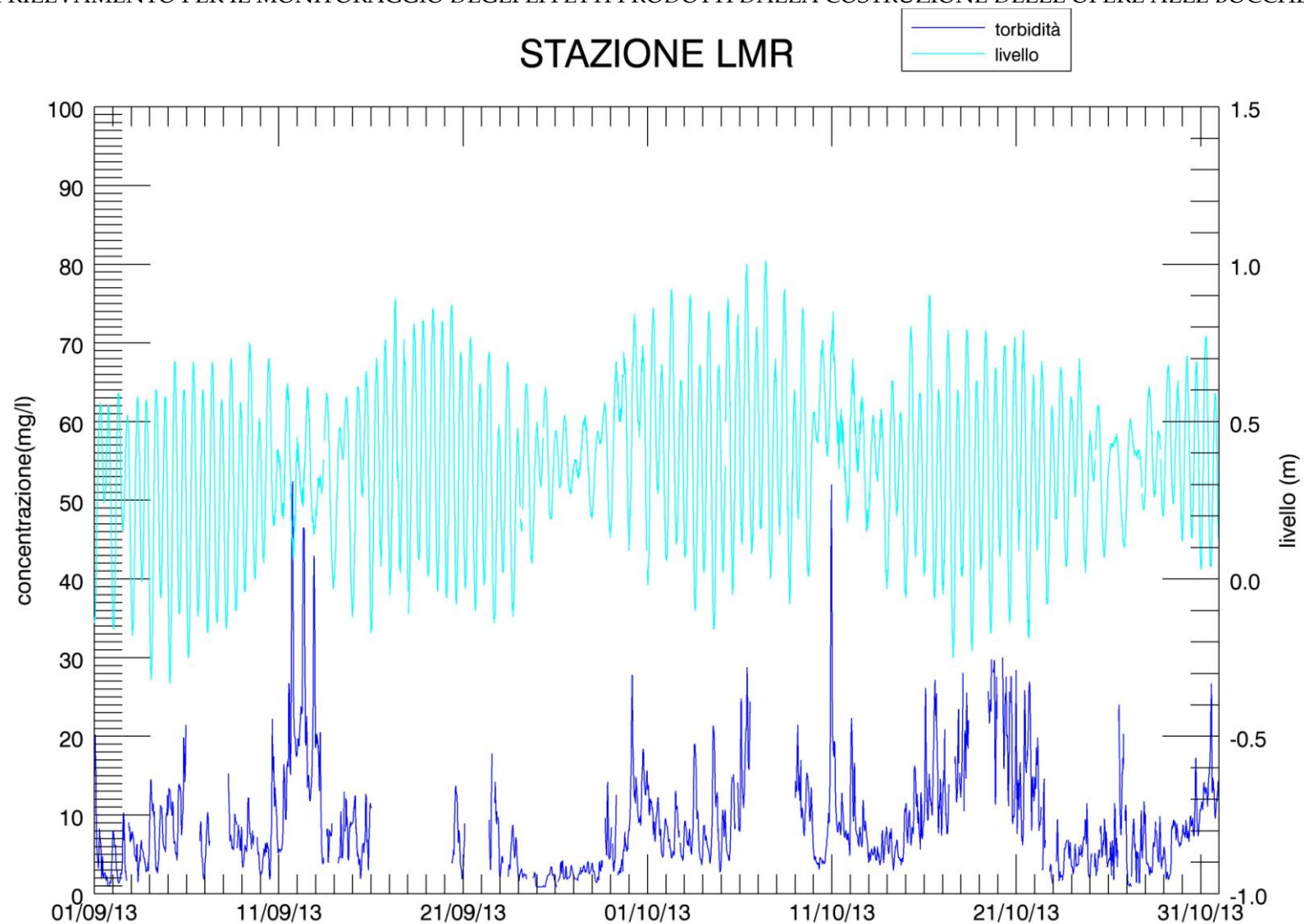


(a)

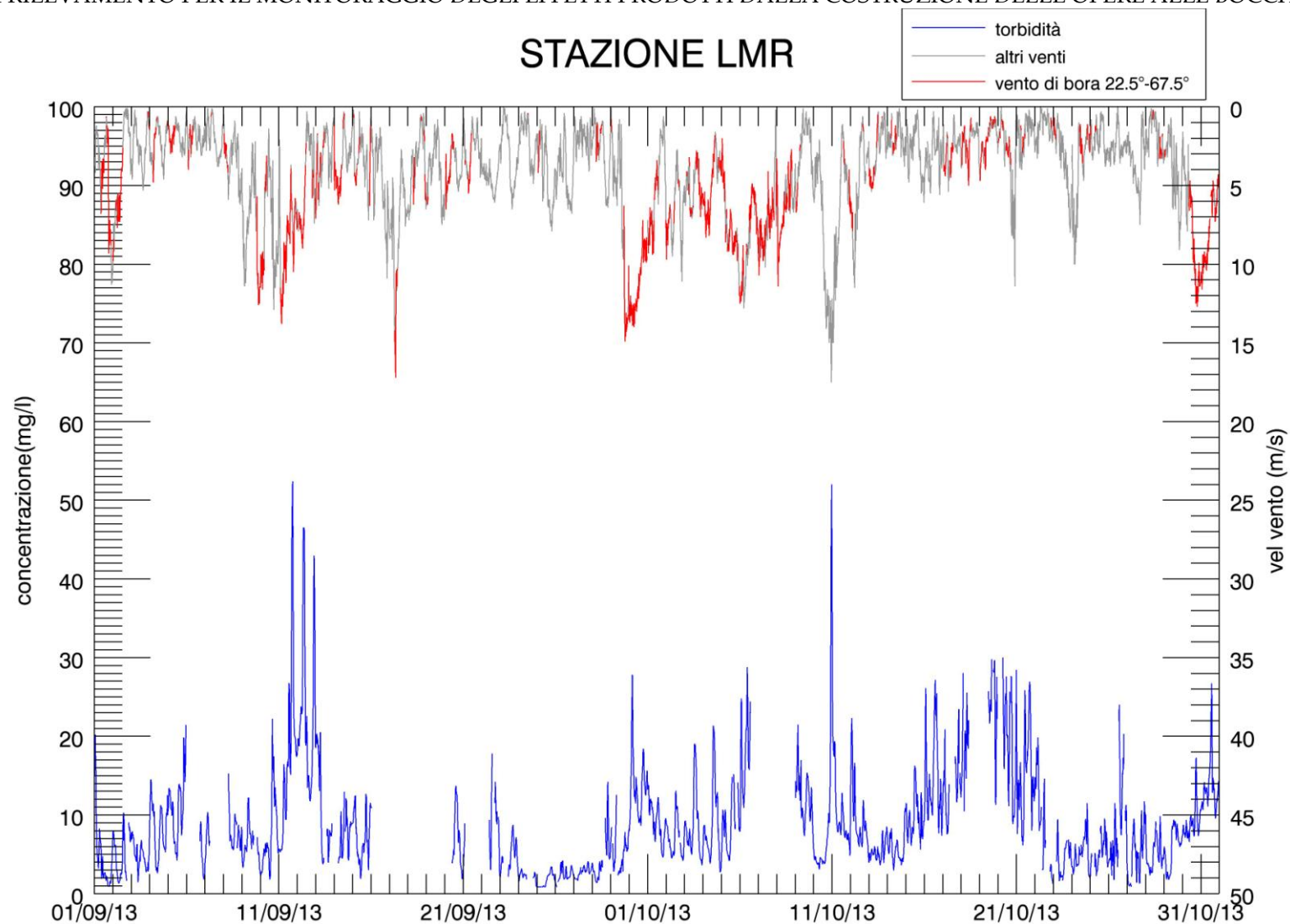


(b)

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 2013.

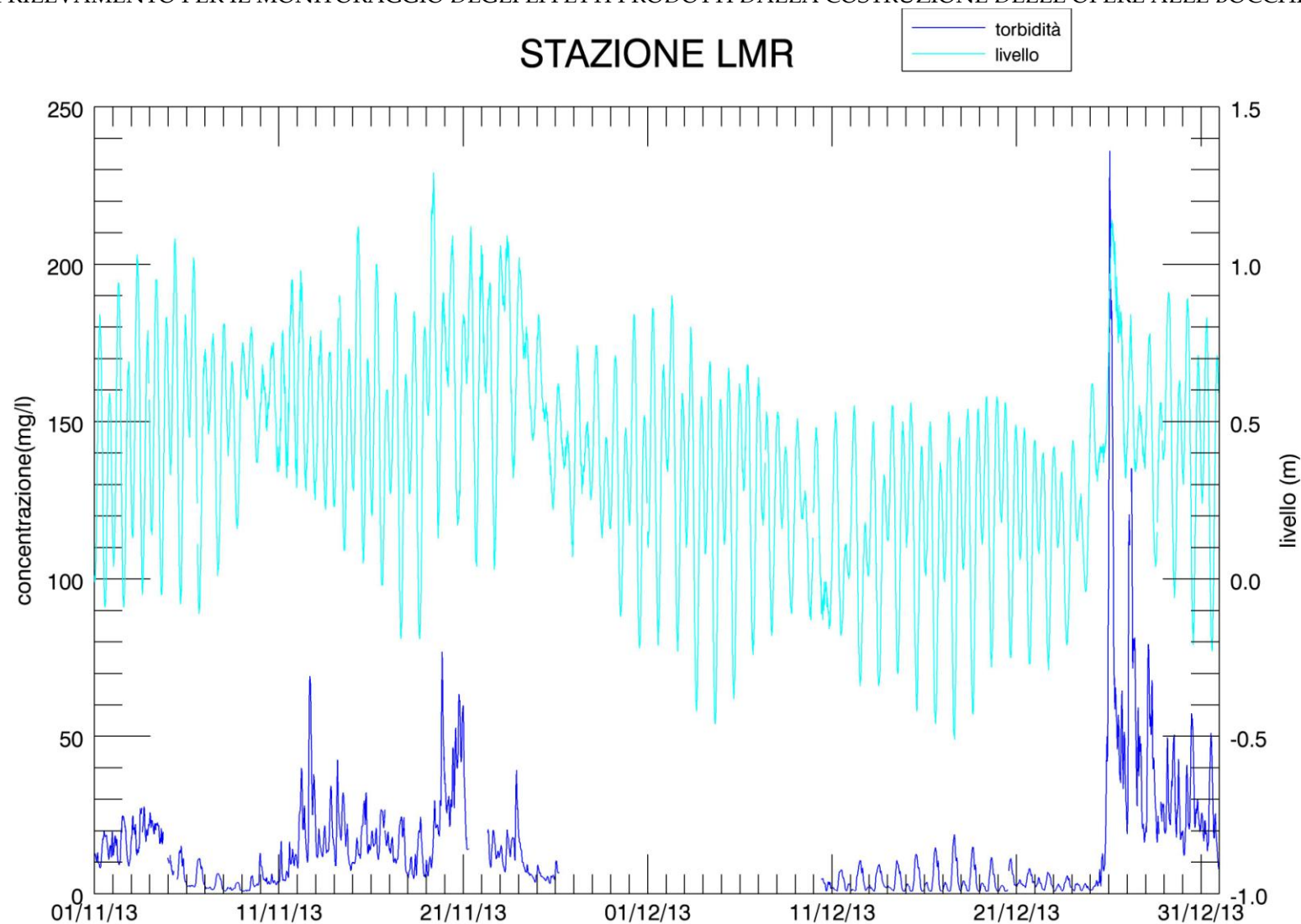


(a)

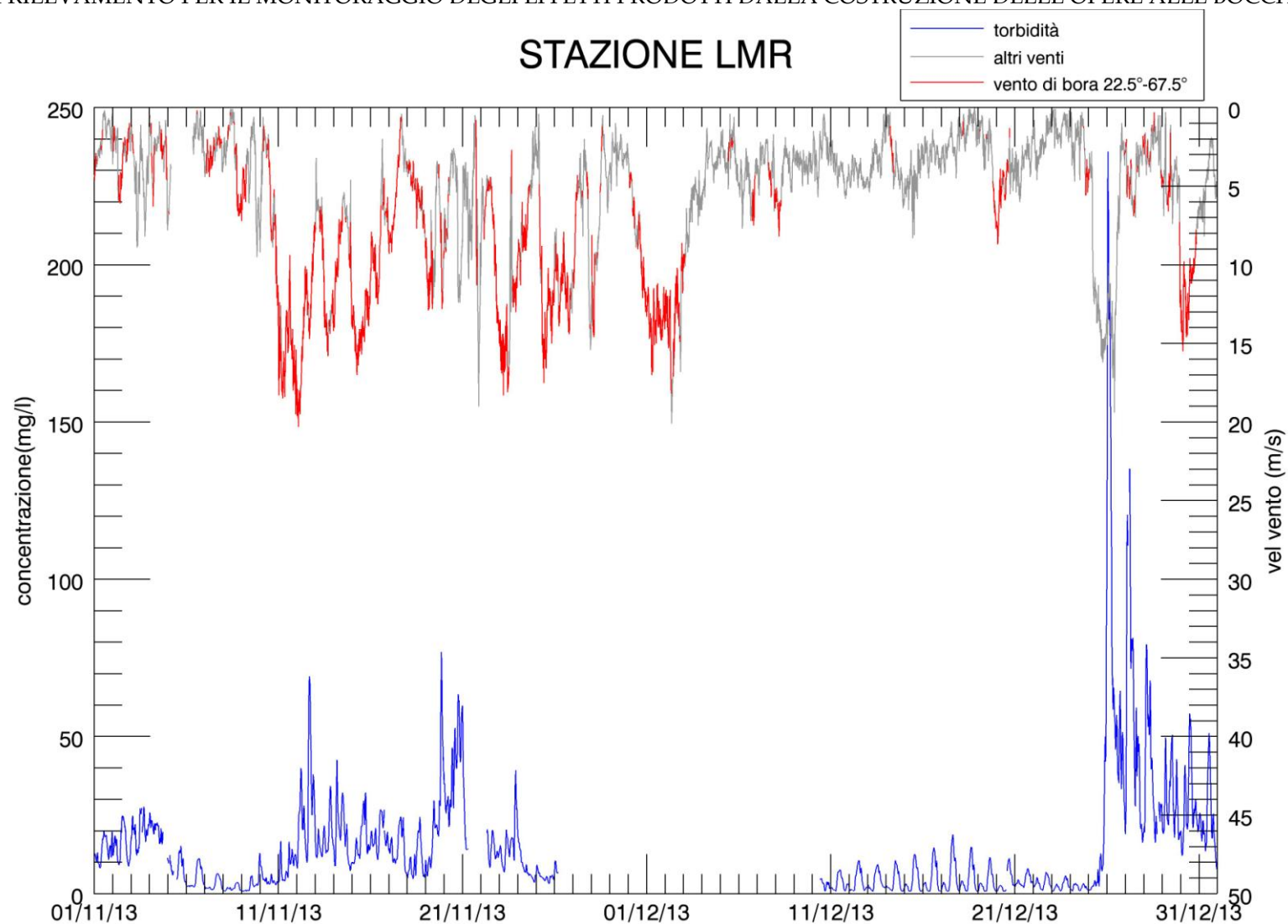


(b)

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 2013.

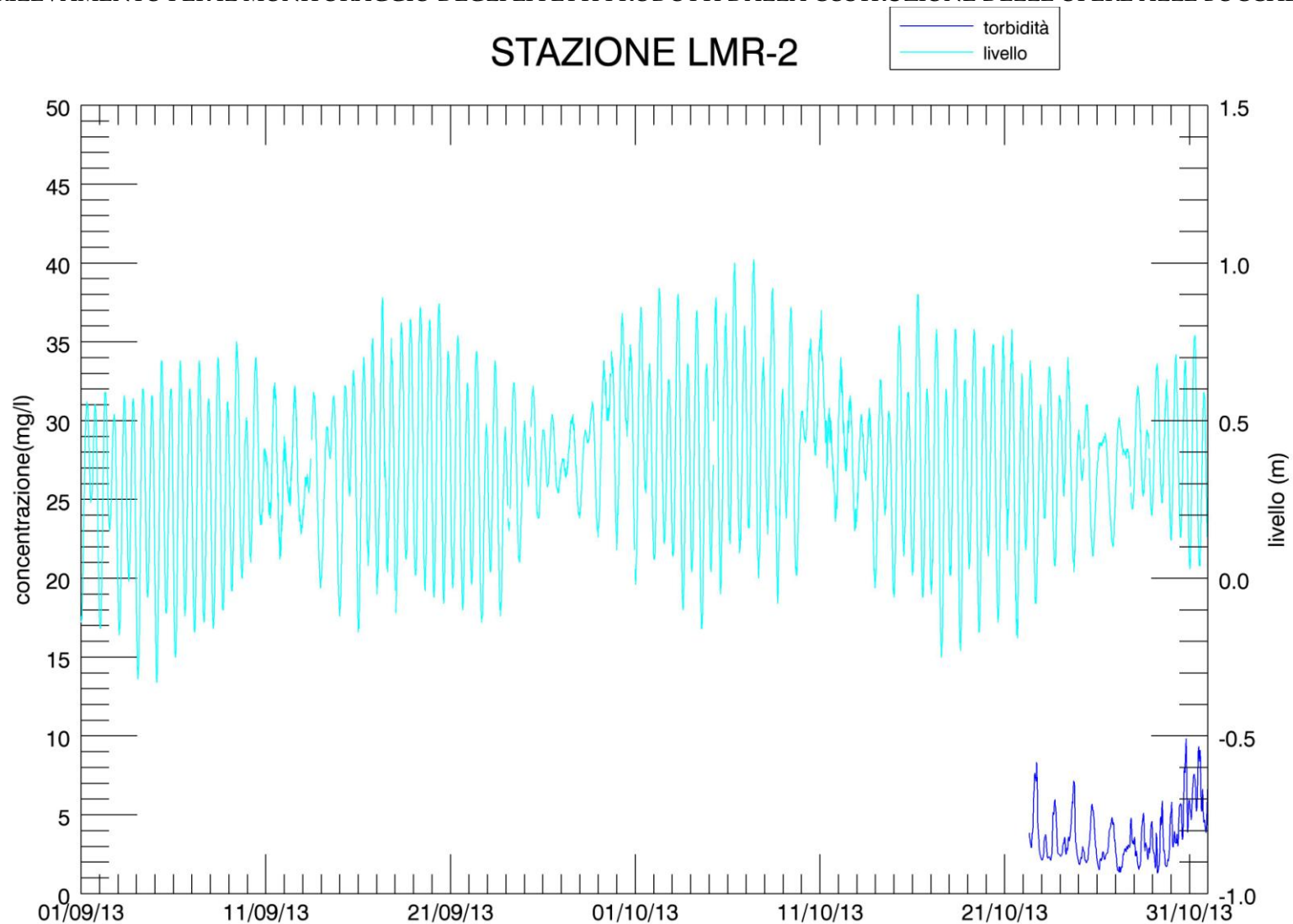


(a)

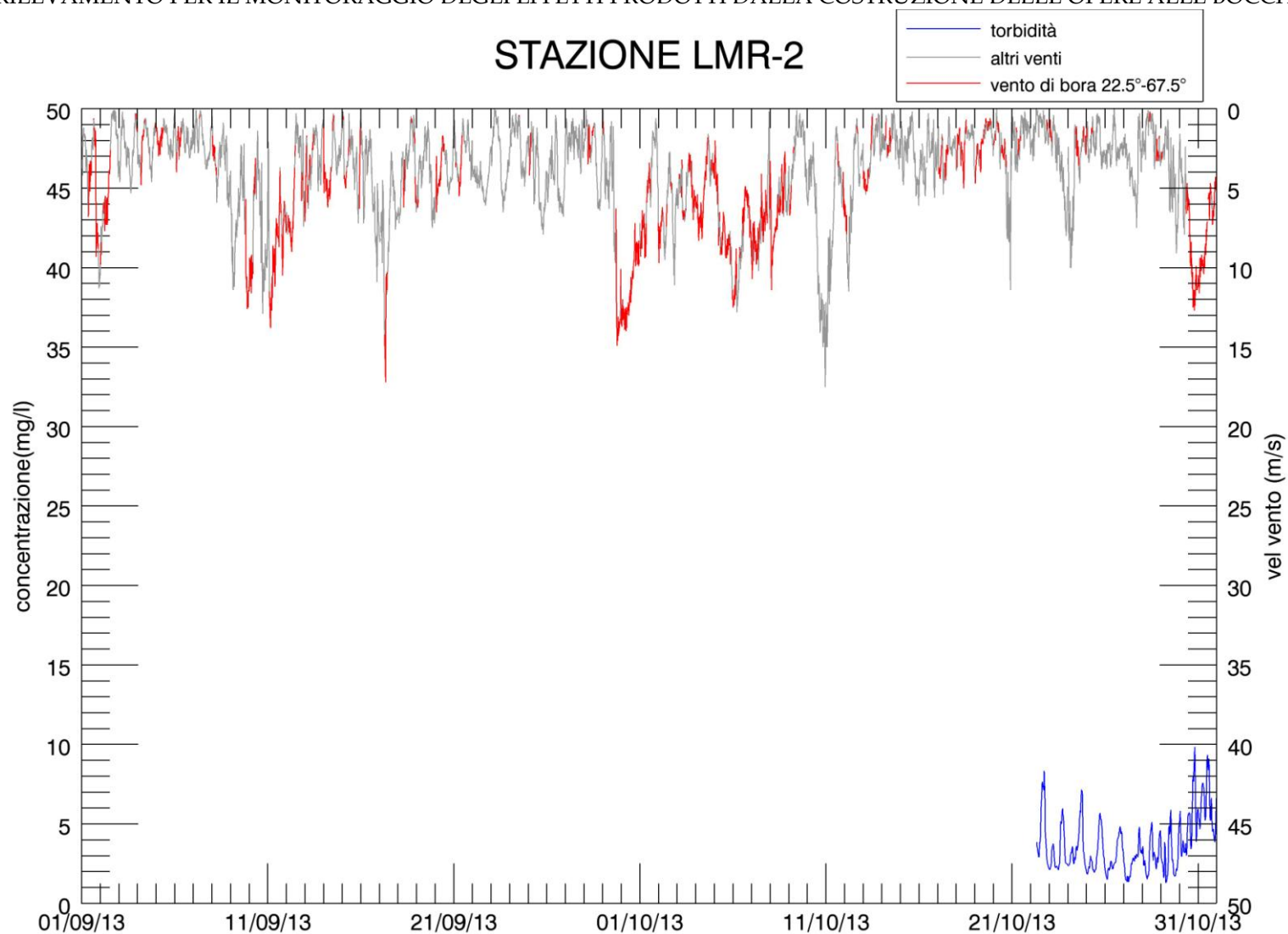


(b)

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 2013.

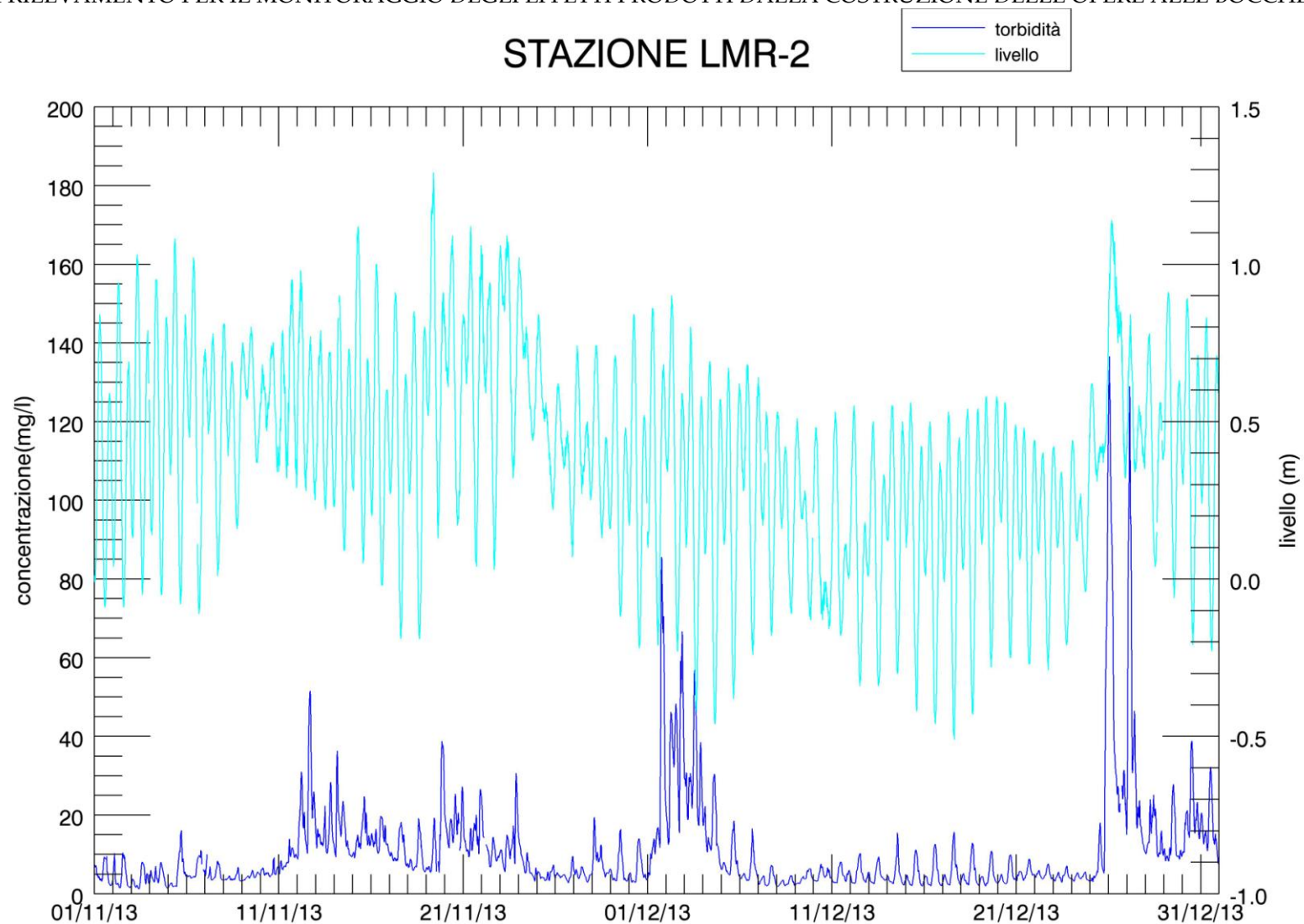


(a)

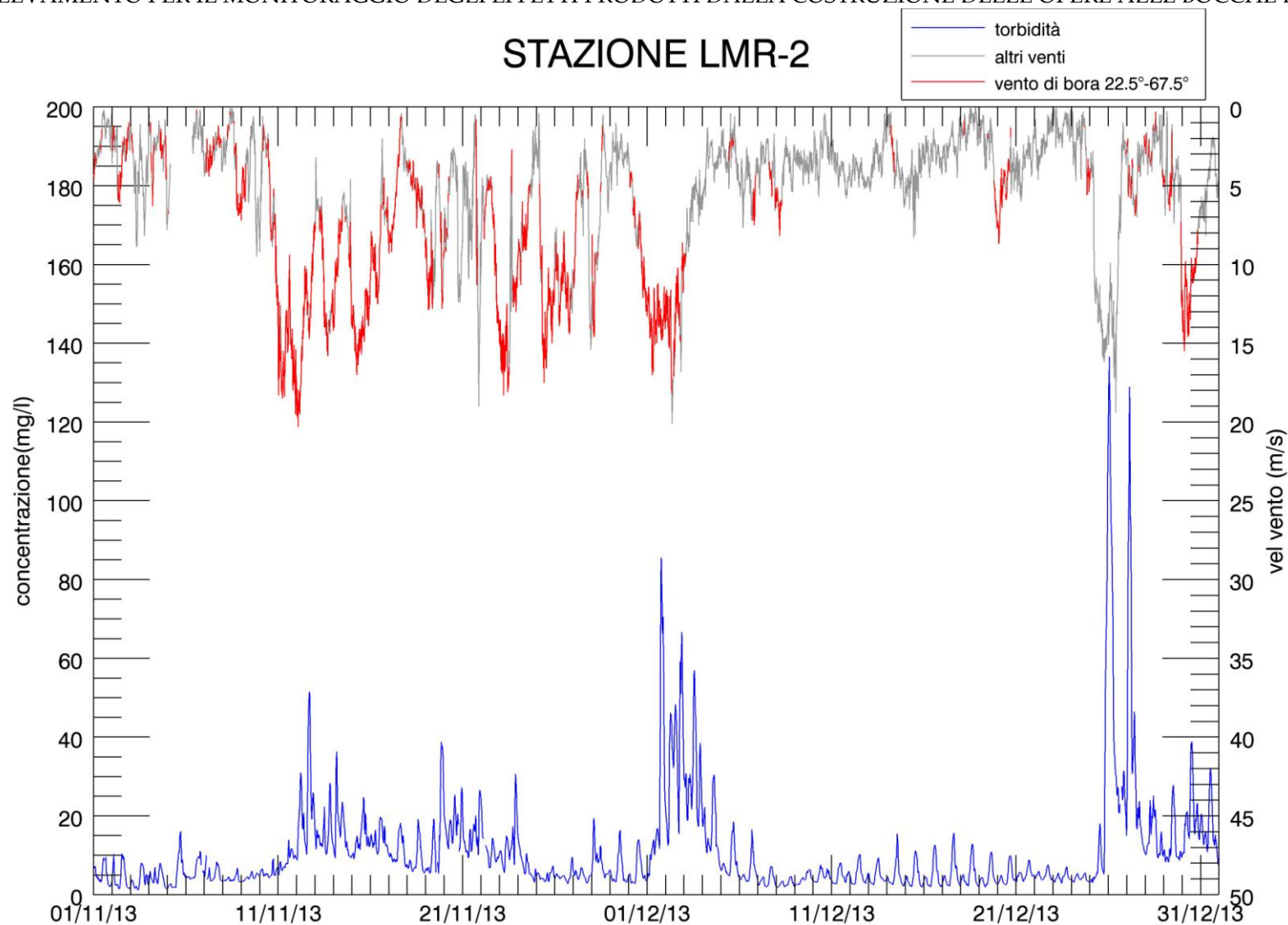


(b)

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 2013.

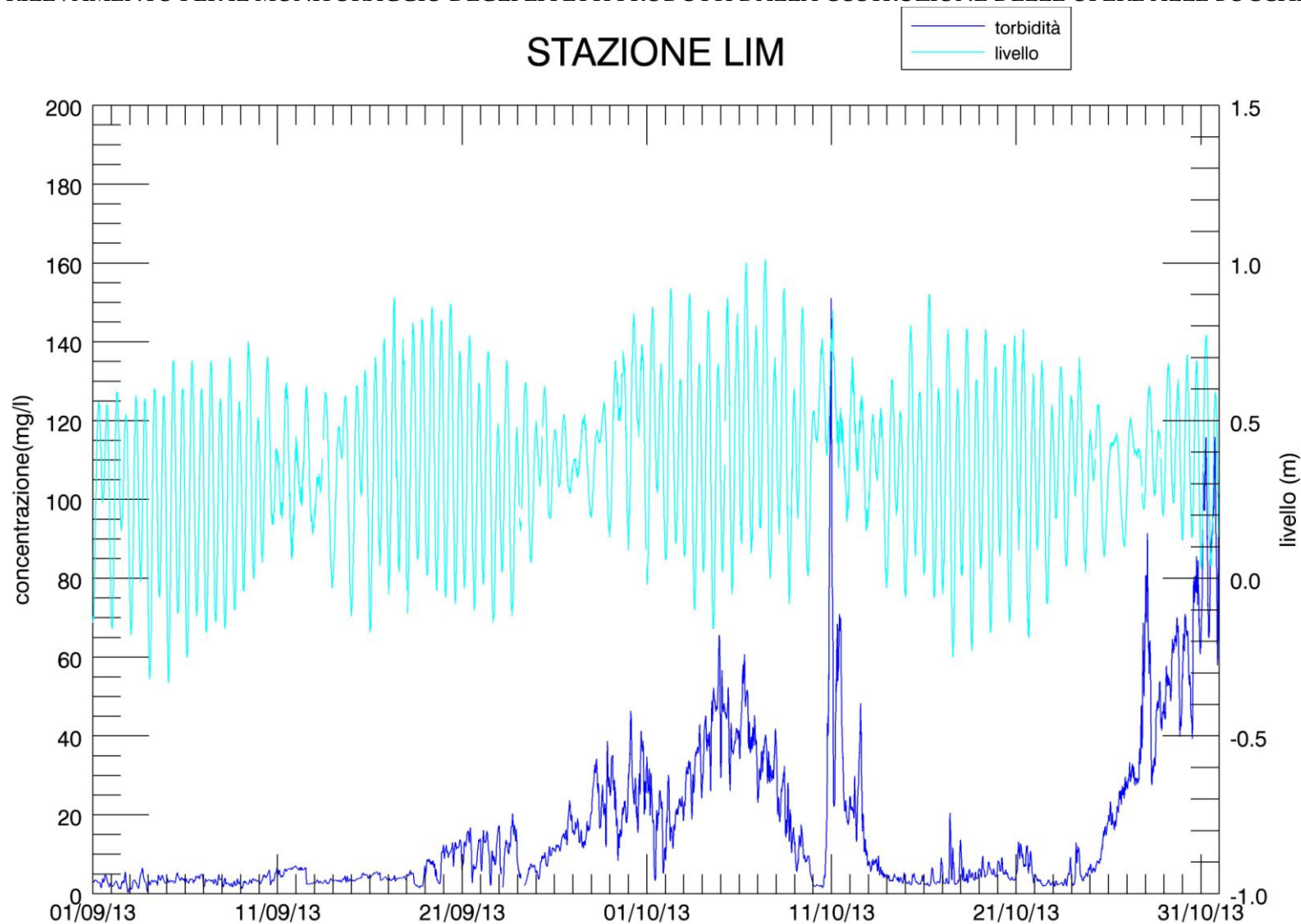


(a)

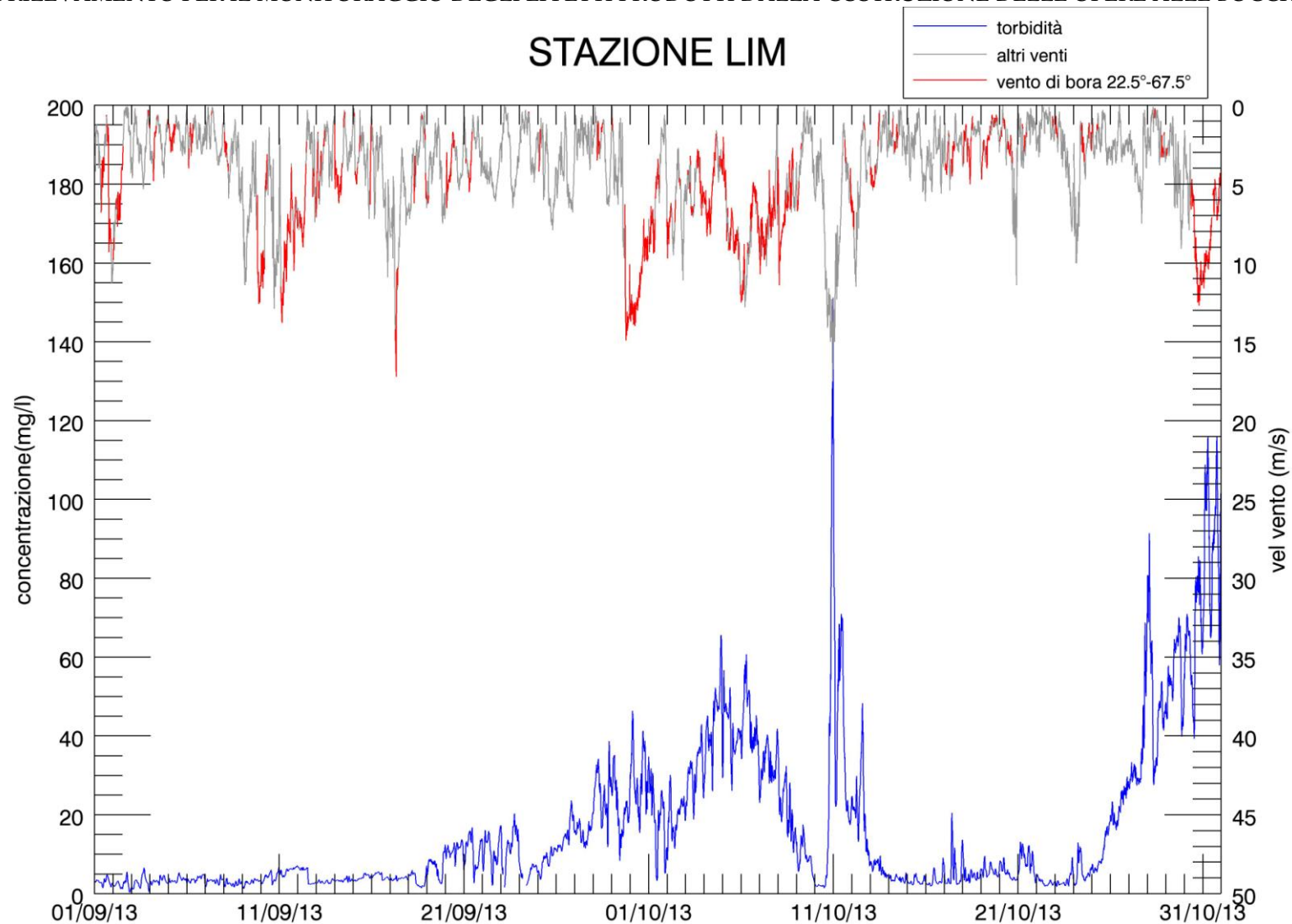


(b)

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 2013.

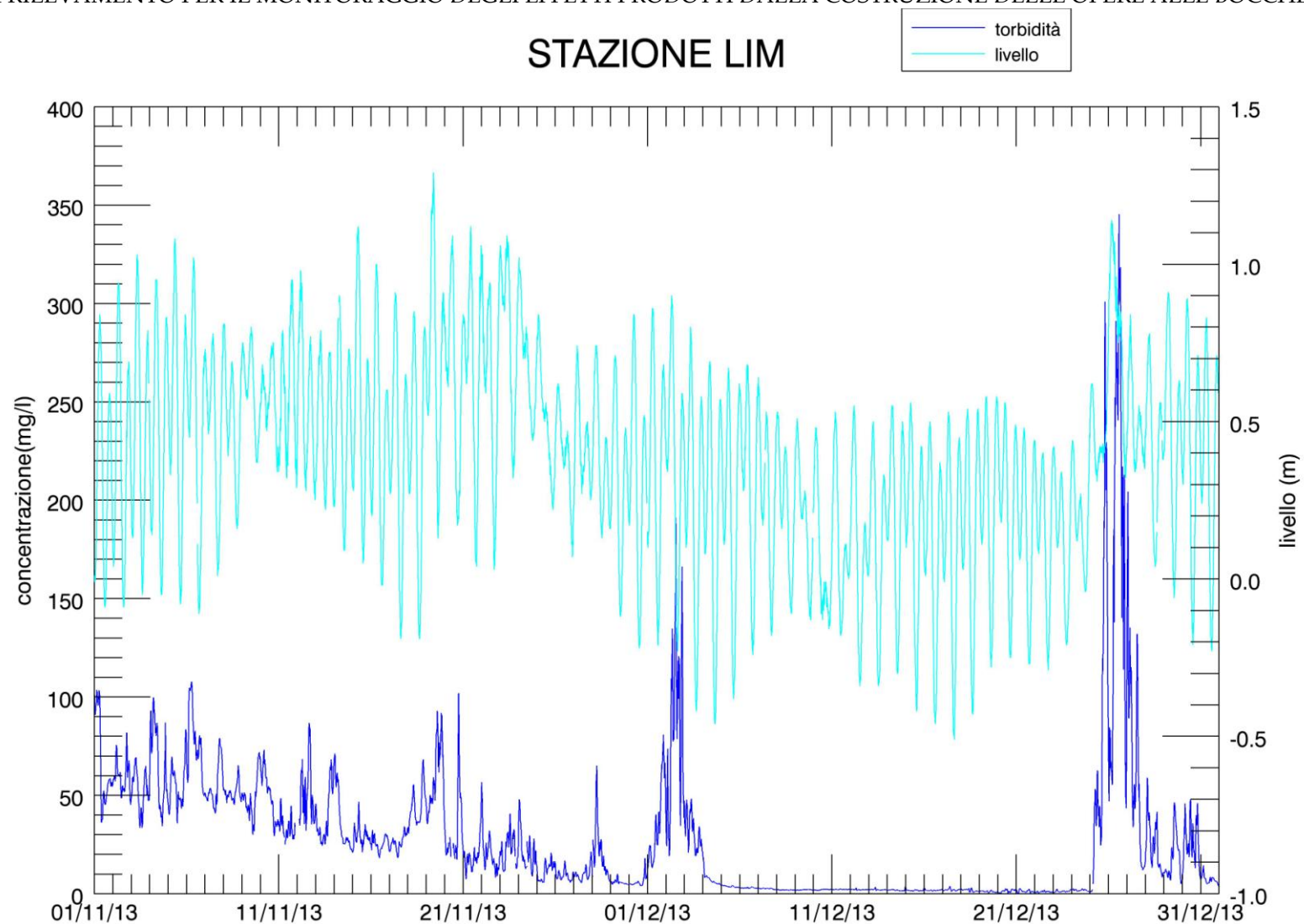


(a)

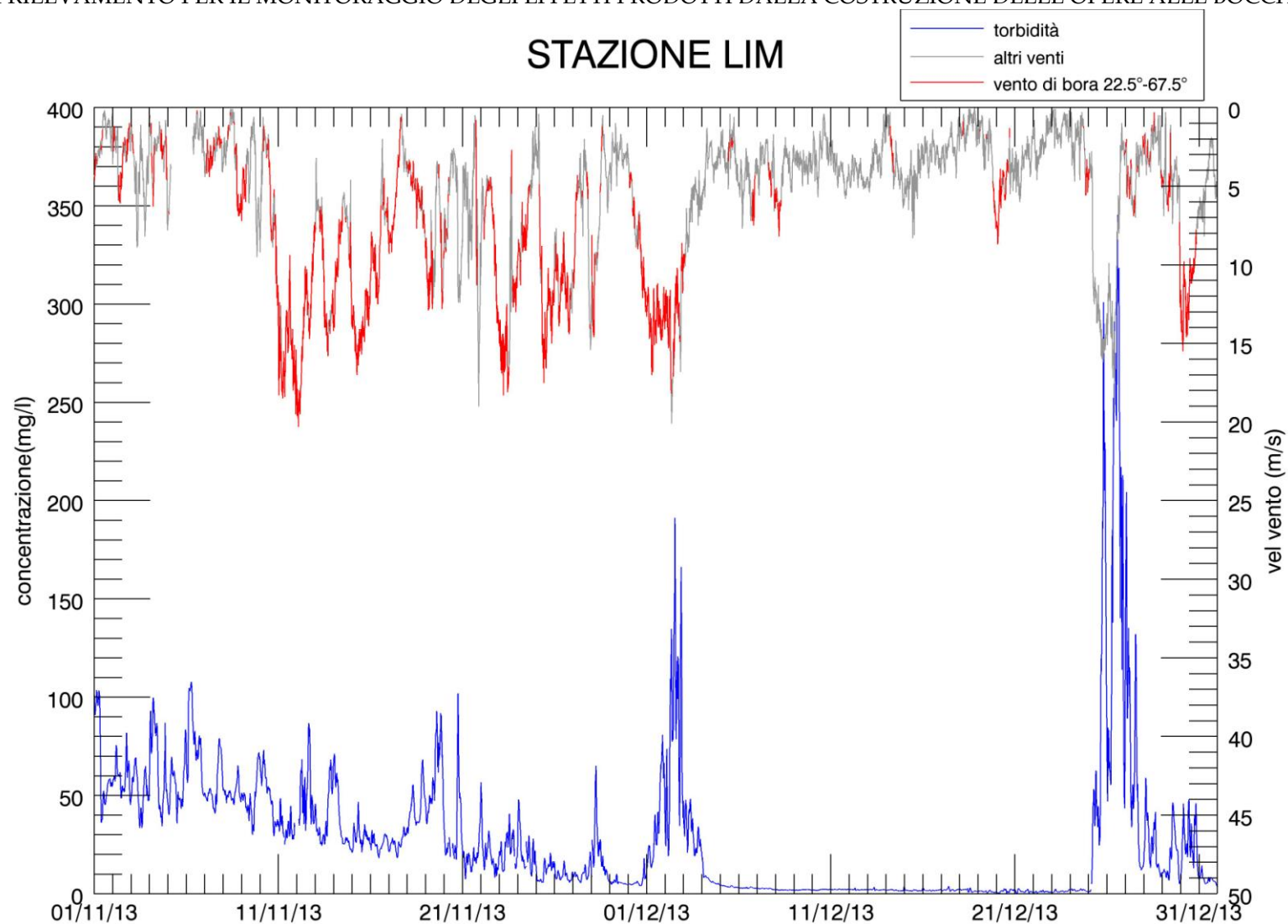


(b)

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 2013.

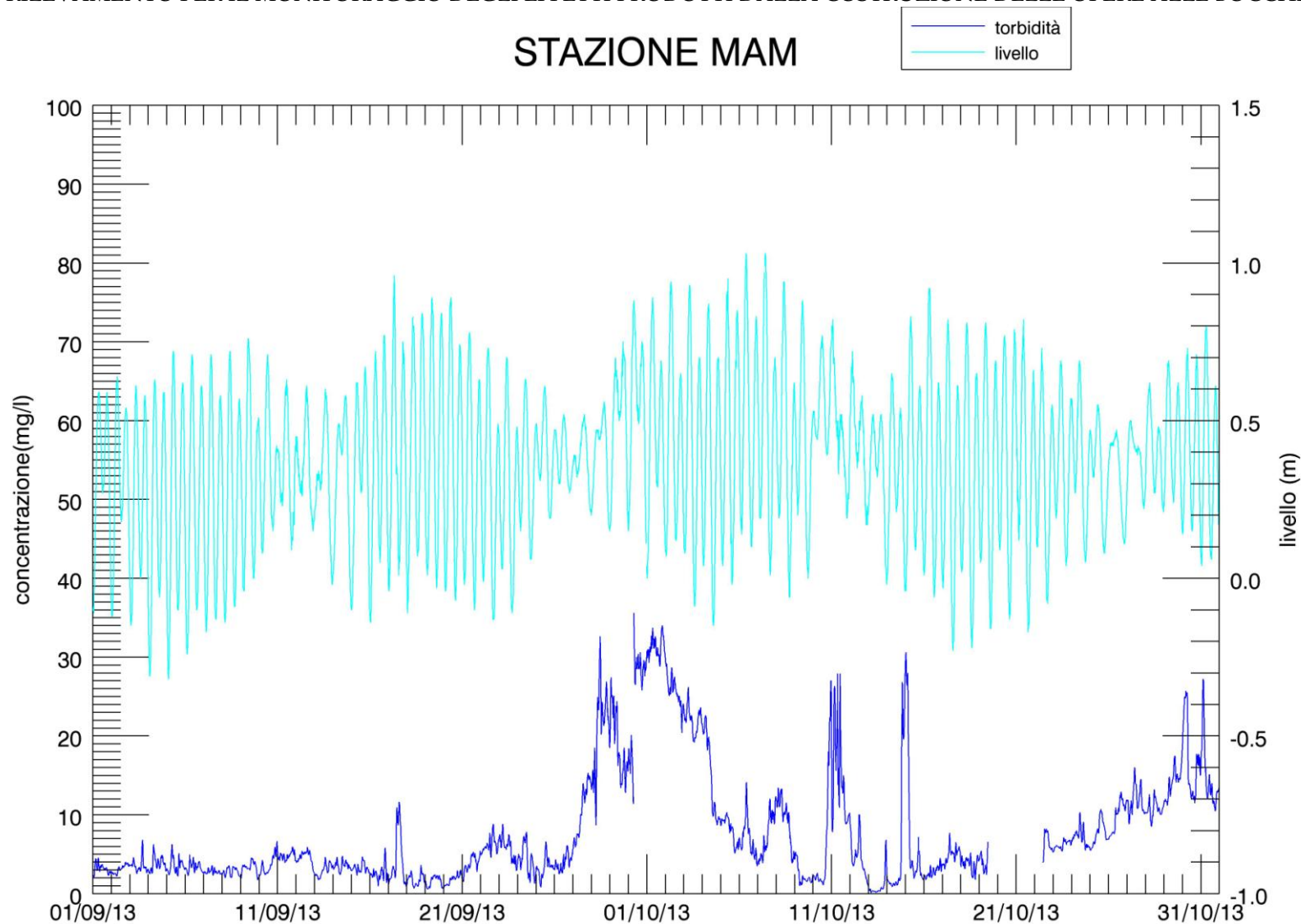


(a)

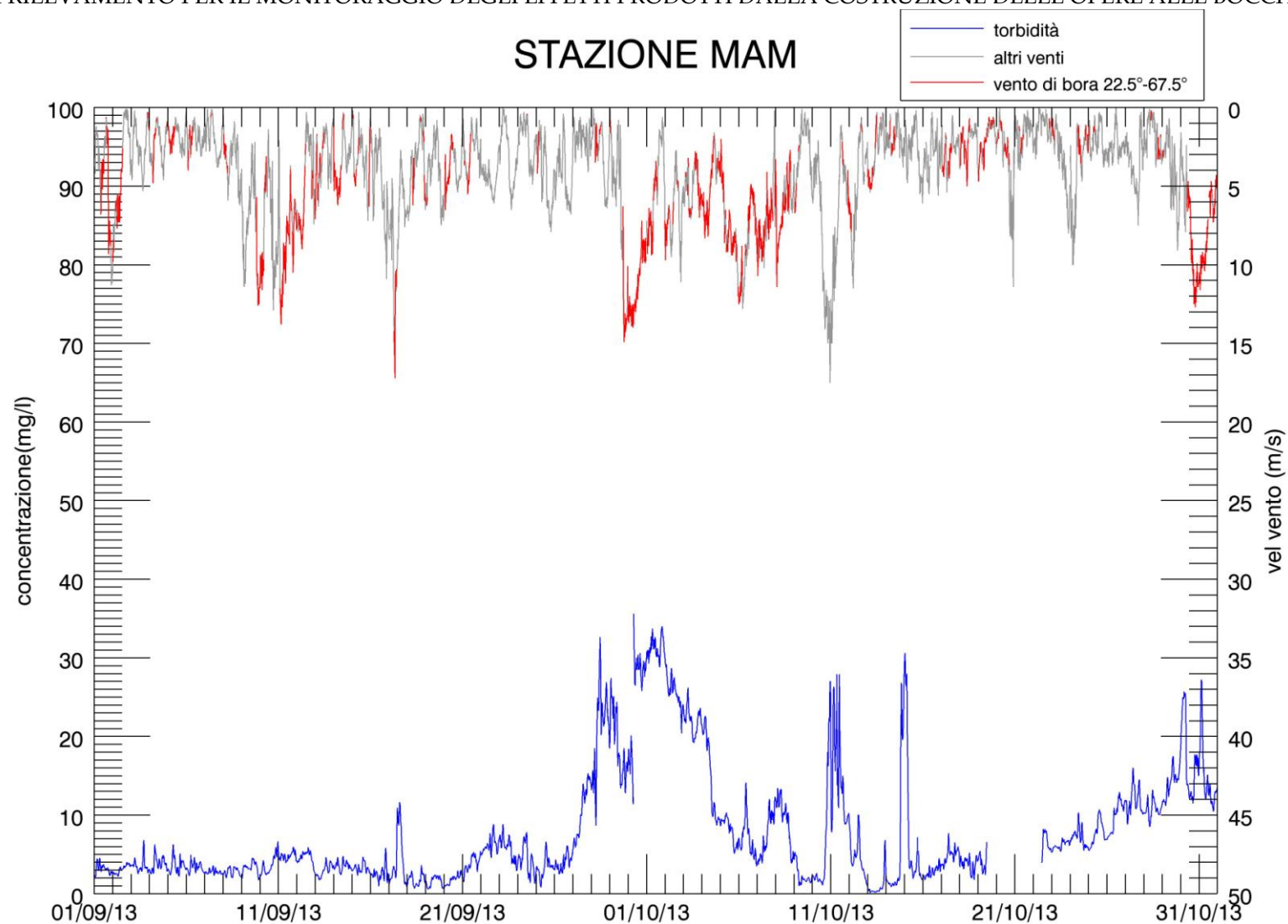


(b)

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 2013.

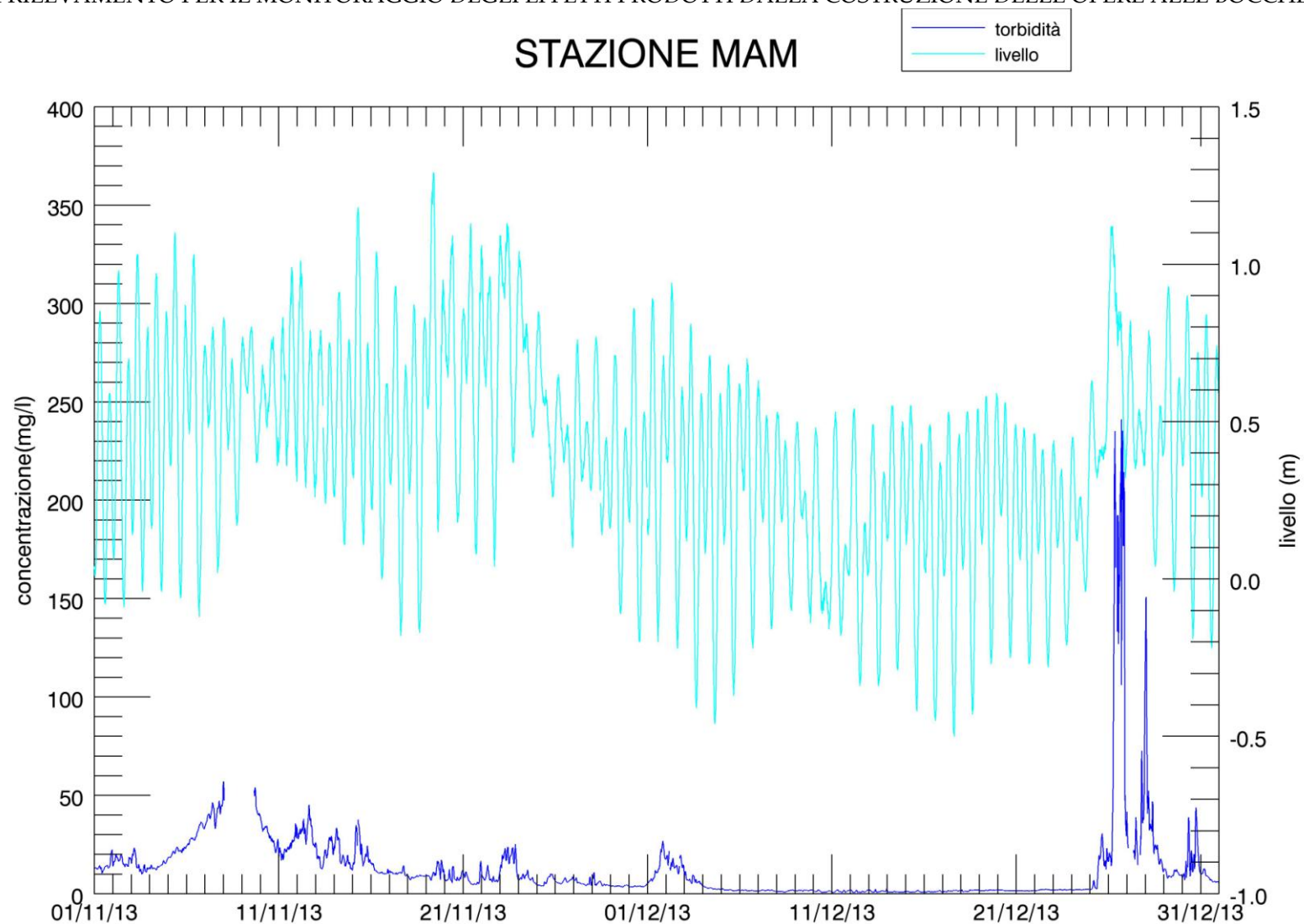


(a)

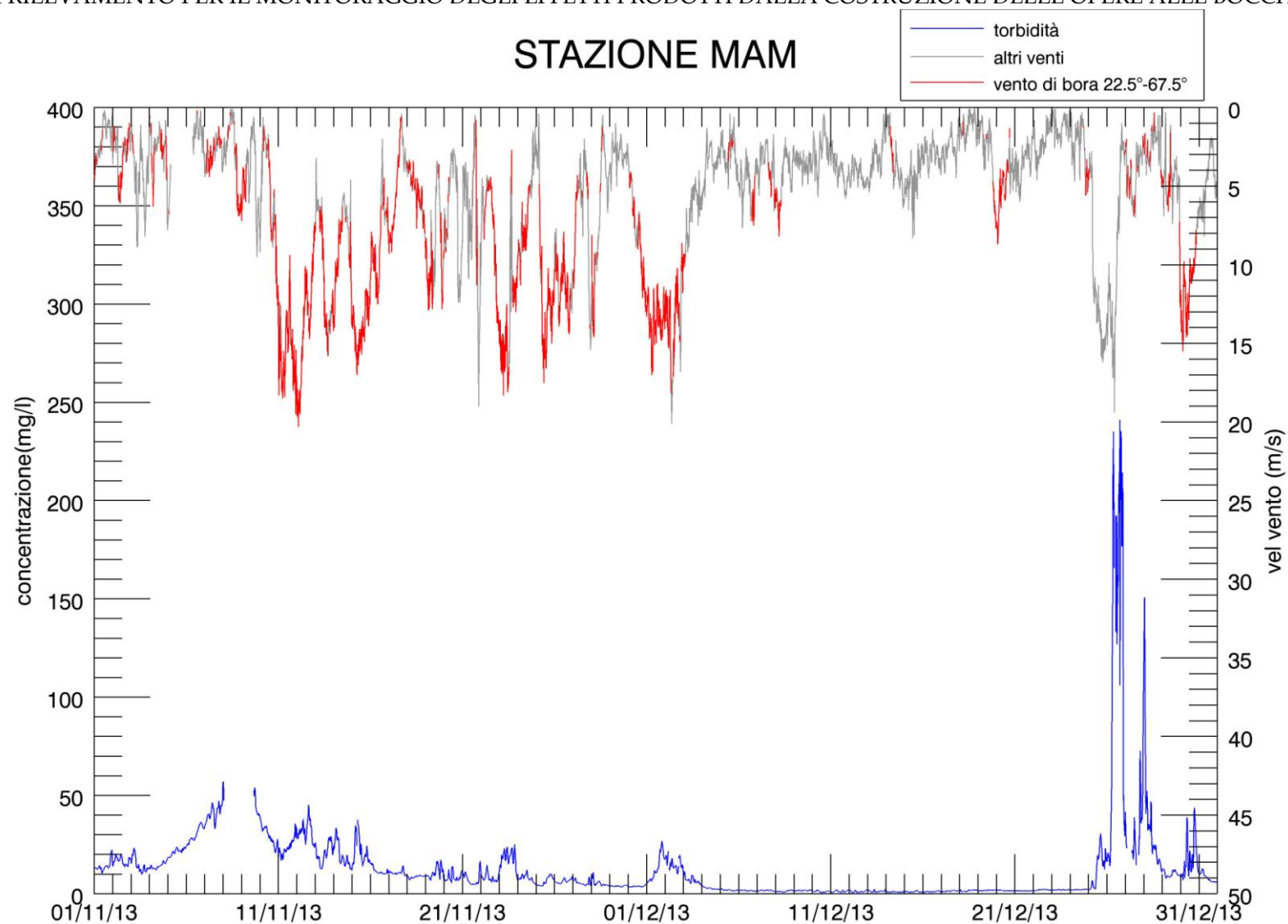


(b)

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 2013.

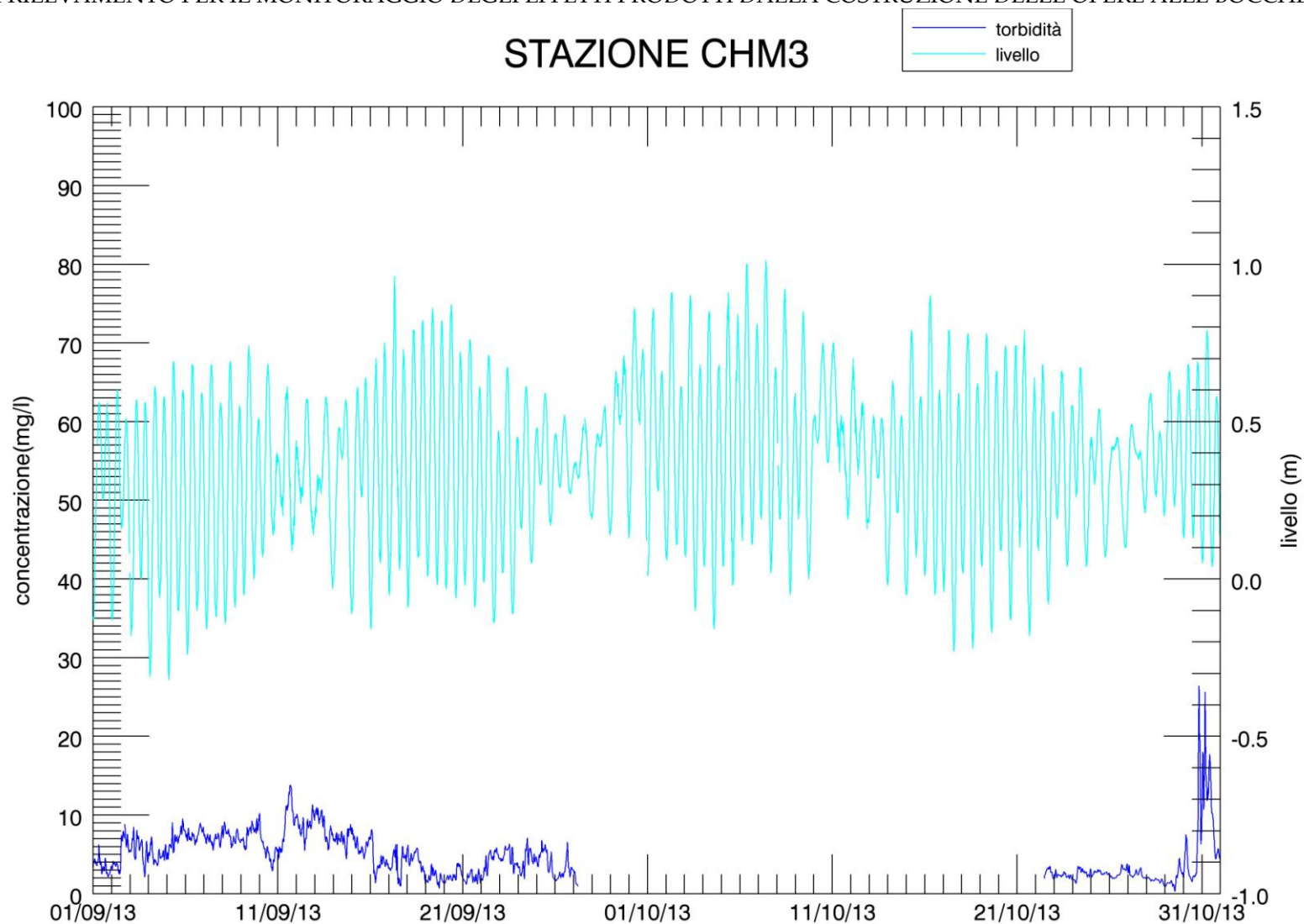


(a)

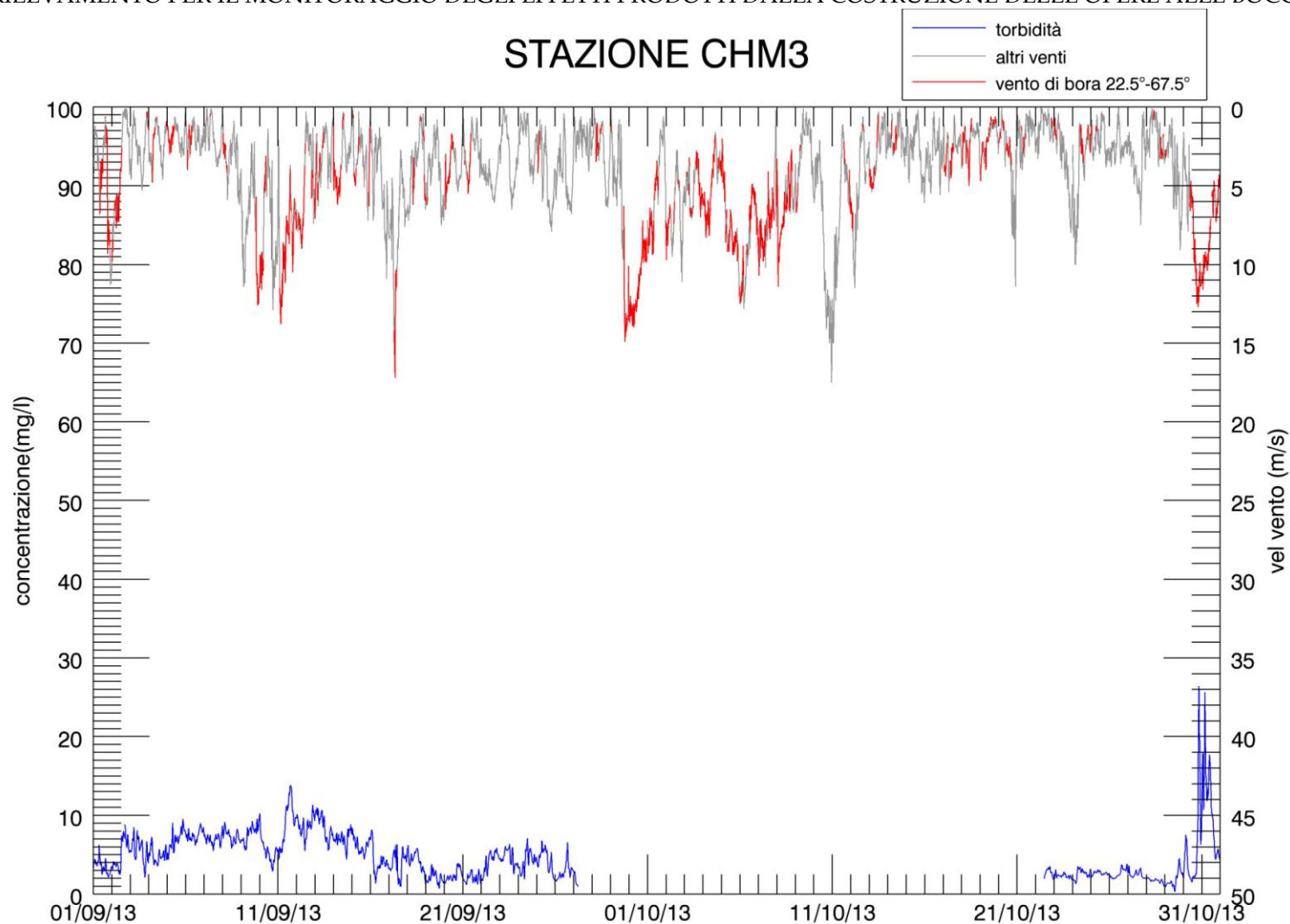


(b)

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 2013.

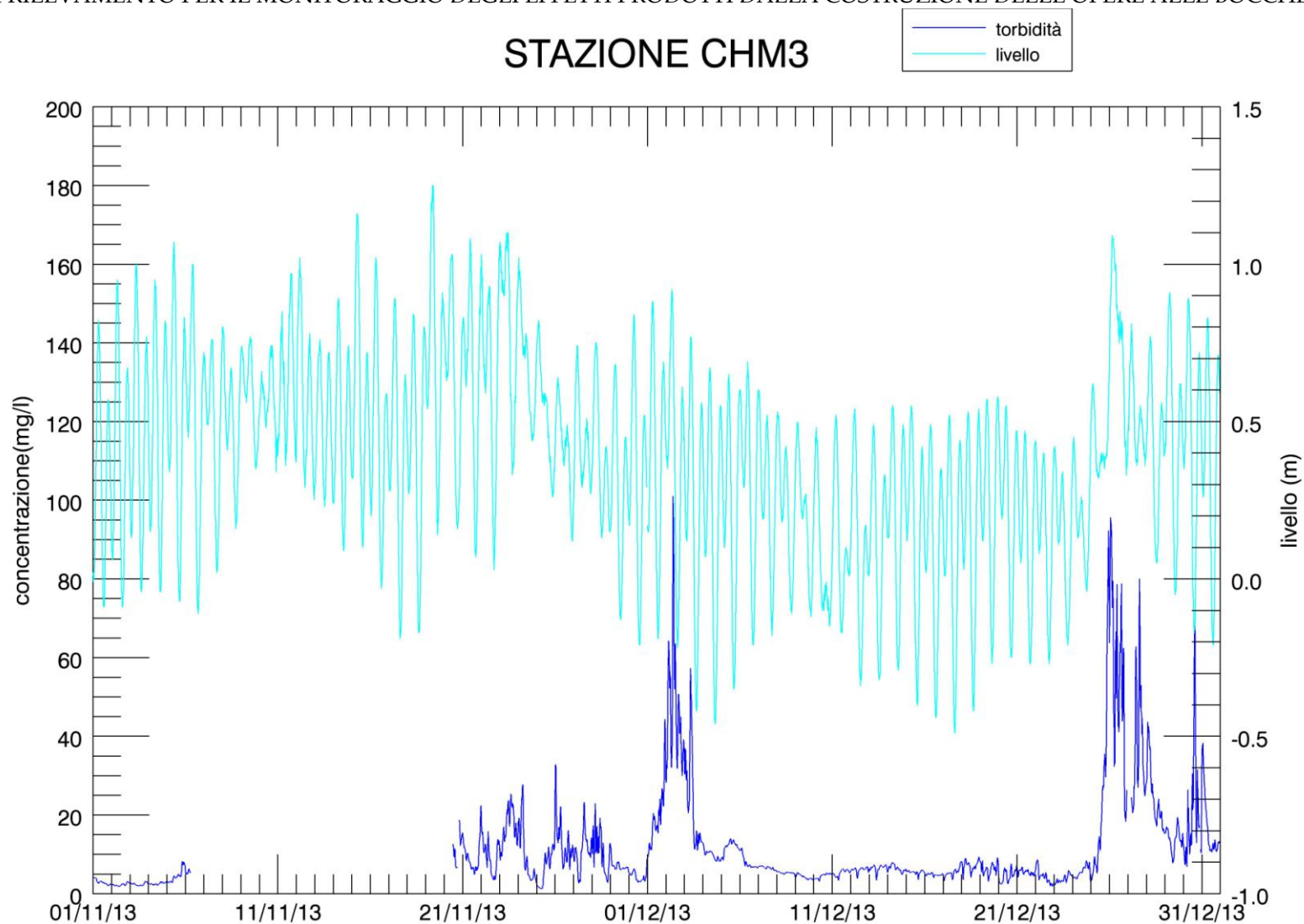


(a)

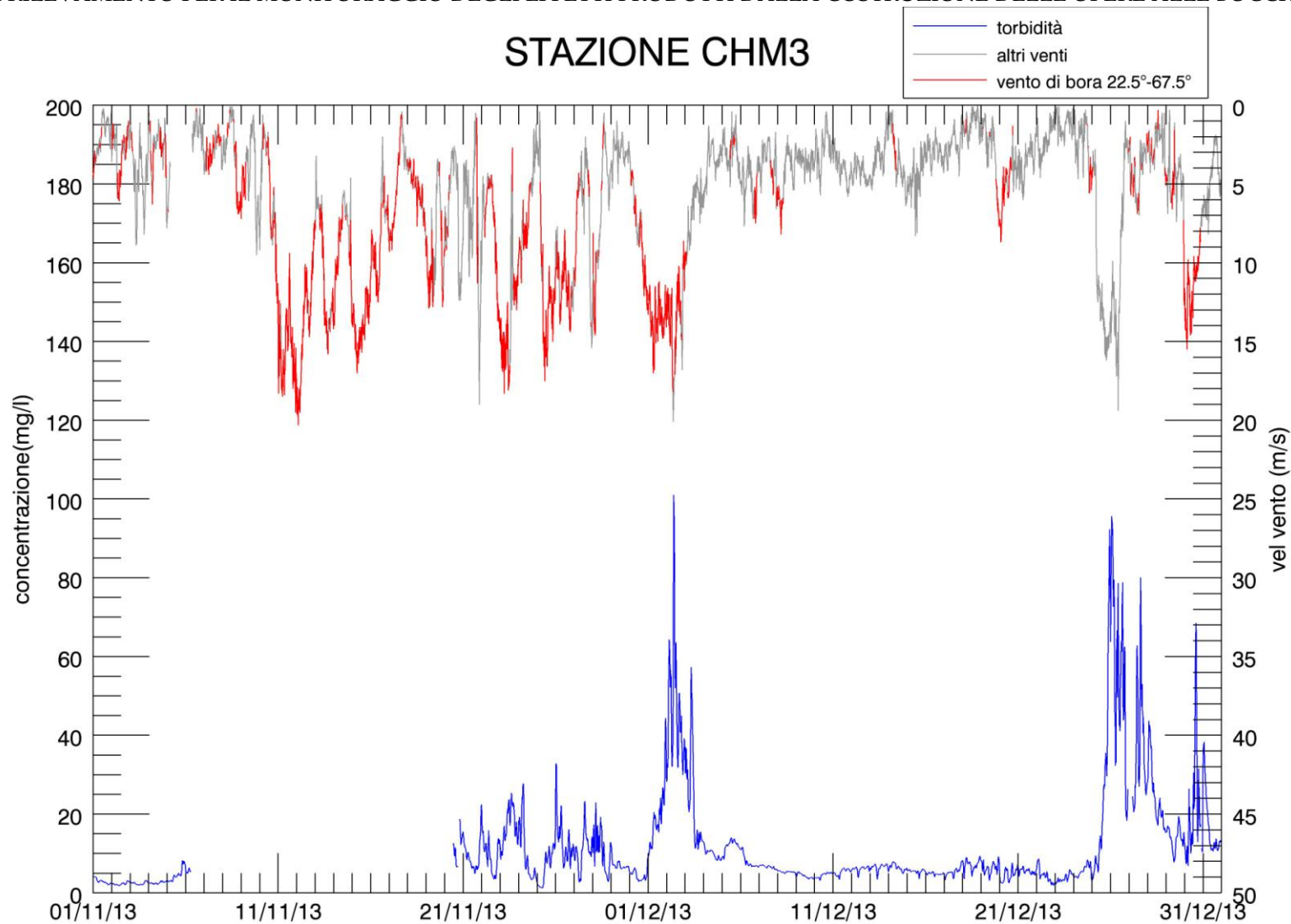


(b)

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 2013.



(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 2013.

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

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

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 validati sui quali è stata fatta l'elaborazione. Le concentrazioni sono espresse in mg/l.

PARAMETRI	Stazioni in laguna			Stazioni in bocca di porto		Stazioni a mare		
	LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM	CHM3
Ntot	11013	11016	11693	8740	6740	11638	11213	7888
Media	12.2	6.3	7.2	11.6	9.7	21.9	10.1	8.5
Dev. Std.	13.2	5.1	8.2	14.9	12.2	29.9	15.7	10.4
Max.	158.0	72.4	122.5	235.9	136.5	345.3	241.0	101.0
Min.	0.4	0.3	0.7	0.8	1.2	0.2	0.1	0.3
25° percentile	5.3	3.1	3.3	3.7	3.7	3.1	2.4	3.4
50° percentile	8.3	5.3	5.0	7.7	5.5	9.4	5.4	5.7
75° percentile	13.6	7.9	7.9	14.2	11.3	31.5	12.8	8.4
95° percentile	34.6	15.4	19.6	33.8	28.3	70.5	30.2	26.4
Media interquartile	9.4	5.5	5.6	9.0	7.5	17.3	7.6	5.9

Si fa notare (Tabella 3.1) che la stazione LMR-2 ha una bassa percentuale di dati validati, pertanto non si ritiene significativo il confronto con le altre stazioni.

Media, deviazione standard, media interquartile, minimo e massimo

Per quanto riguarda le medie si hanno valori molto diversi tra loro, variabili dal minimo di 6.3 mg/l (MAP) ad un massimo di 21.9 mg/l (LIM).

La deviazione standard per tutte le stazioni (ad eccezione di MAP) 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 e molto simili per le stazioni MAP (5.5 mg/l), CHP (5.6 mg/l) e CHM3 (5.9 mg/l) e che il valore massimo si trova per LIM (17.3 mg/l). Le rimanenti stazioni assumono valori intermedi tra i 7.6 mg/l (MAM) e 9.4 mg/l (LTP).

I valori minimi, che rappresentano le condizioni dell'acqua in condizioni di calma e al minimo dell'attività biologica, sono variabili tra 0.1 mg/l (MAM) e 0.8 mg/l (LMR).

I valori più elevati di torbidità sono raggiunti nella maggior parte delle stazioni durante l'evento meteo del giorno 26 dicembre e vanno da un minimo di 72.4 mg/l (MAP) fino ai 128.5 mg/l di

CHP, ai 235.9 mg/l di LMR, ai 241.0 mg/l di MAM e ai 343.5 mg/l di LIM. Per le stazioni LTP (158.0 mg/l) e CHM3 (101.0 mg/l) i valori massimi vengono invece raggiunti durante l'evento del 1-2 dicembre.

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 si ha il valore maggiore per la stazione LTP (5.3 mg/l), il valore inferiore per MAM (2.4 mg/l) e tutte le altre stazioni hanno valori molto simili tra loro variabili tra 3.1 mg/l (MAP e LIM) e 3.7 mg/l (LMR).

Il 50° percentile coincide con il valore mediano e quindi rappresenta le condizioni più probabili. Anche in questo caso si nota lo stesso comportamento del 25° percentile; tutte le stazioni hanno valori molto simili tra loro con il massimo per la stazione LIM (9.4 mg/l) e il minimo per CHP (5.0 mg/l).

I valori del 75° percentile si possono considerare, invece, come indicatori di torbidità relativamente elevata dovuta ad un'eccessiva presenza di carico organico, come nei mesi estivi, o a eventi meteomarinari di moderata intensità. In questo caso i valori sono molto diversi tra loro. Il valore inferiore si ha per le stazioni MAP e CHP (7.9 mg/l) e il massimo si ha per LIM (31.5 mg/l). Fatta eccezione per CHM3 (8.4 mg/l), le restanti stazioni presentano valori tra loro simili compresi tra 12.8 mg/l (MAM) e 14.2 mg/l (LMR).

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. I valori più bassi si verificano per le stazioni MAP (15.4 mg/l) e CHP (19.6 mg/l) mentre il massimo si ha per LIM (70.5 mg/l). Valori intermedi tra 26.4 mg/l (CHM3) e 34.6 mg/l (LTP) si hanno per le altre stazioni.

Si nota come la stazione LIM presenti i percentili 50°, 75° e 90° più elevati; infatti è la stazione che presenta la percentuale più alta di superamenti di soglia della concentrazione (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 significativi; un evento meteo è definito come un intervallo di tempo durante il quale il vento proviene dalla stessa direzione con velocità, misurata alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR, maggiore di 10 m/s. In alcuni casi durante l'intervallo di tempo considerato la velocità del vento può assumere per un breve tempo valori inferiori a 10 m/s per poi risalire: in tal caso se la direzione del vento non cambia si considera un singolo evento.

Per ogni singolo evento si riportano i seguenti dati: orari di inizio e fine, il range della velocità del vento (minima e massima), la direzione media del vento e il valore massimo della concentrazione di solidi sospesi in tutte le stazioni.

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

Nei precedenti Studi [MAV-CORILA, 2005; MAV-CORILA, 2006c. MAV-CORILA, 2006d.] 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 [MAV-

CORILA, 2011]. Nella Tabella 3.4 pertanto si evidenziano in rosso i valori di concentrazione che superano il valore soglia di 30 mg/l.

Dalla Tabella 3.4 emerge che gli eventi più intensi e prolungati dei giorni 10-12-13-14-16 novembre e 1-2-25-26-29-30 dicembre hanno causato una notevole risospensione di sedimenti ed il superamento del valore di soglia in tutte le stazioni della rete.

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. Si nota inoltre che la stazione LIM presenta numerosi casi di risospensione di sedimenti e di superamenti di soglia anche in presenza di eventi meteo brevi e non molto intensi.

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 2013, 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 3.4 Eventi meteo significativi (velocità del vento superiori a 10 m/s) registrati nel periodo settembre-dicembre 2013 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 o in caso di dati mancanti.

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
1-2 settembre	22:15-00:00	10.3-11.3	11° tramontana	9.03	8.42	4.9	7.2		2.70	2.82	3.53
9 settembre	2:30-5:00	8.7-11.4	211° libeccio	18.06	6.10	6.7	6.2		3.20	3.66	7.14
9-10 settembre	19:45-5:15	9.2-12.6	41° bora	13.59	8.11	6.6	7.1		4.11	4.25	10.21
10 settembre	17:00-18:45	9.7-12.9	184° mezzogiorno	4.88	5.18	5.7	17.4		3.58	4.86	4.36
10 settembre	19:00-20:30	10.1-11.5	211° libeccio	8.47	5.84	5.7	13.5		4.55	5.89	5.62
11 settembre	2:00-9:45	8.6-13.8	41° bora	9.40	6.22	5.7	16.4		6.32	5.13	9.85
11 settembre	19:00-19:15	10.1-10.5	45° bora	2.77	5.63	4.9	33.8		6.28	5.73	10.65
16 settembre	21:00	10.9	232° libeccio	1.23	4.93	7.2			4.18	3.6	4.34
17 settembre	6:15-6:30	11.8-13.9	0° tramontana	22.70	9.10	6.6			3.74	3.5	5.54
17 settembre	6:45-10:00	10.3-17.2	56° bora	27.55	8.94	8.1			4.57	4.8	6.24
17 settembre	10:15-11:00	10.0-11.4	80° levante	6.6	9.6	11.2			3.88	10.6	6.27
29-30 settembre	17:45-15:30	10.1-14.9	47° bora	35.8		18.9	27.8		46.3	35.6	
2 ottobre	20:00	8.5-11.1	75° levante	11.8		7.3	4.8		22.2	24.0	
2 ottobre	20:30-20:45	10.1-11.1	117° scirocco	12.4		8.3	4.6		22.2	23.2	
5 ottobre	22:15-23:00	10.0-11.3	13° tramontana	25.7		3.0	11.1		4.10	6.0	
5-6 ottobre	23:15-8:00	8.8-12.8	58° bora	60.9	11.72	15.6	24.8		60.7	9.2	
6 ottobre	10:15	10:15	76° levante	27.0	7.30	6.0	26.0		51.6	11.4	
7 ottobre	00:45-1:15	9.6-10.7	68° bora	13.4	9.30	15.7			25.5	4.3	
7 ottobre	9:15	10.2	78° levante	57.1	15.21	6.8			39.1	5.3	
8 ottobre	1:45	11.4	2° bora	18.9	8.85	3.5			24.0	11.1	
10-11 ottobre	13:30-2:30	10.5-17.5	173° mezzogiorno	21.9	10.88	10.0	52.0		151.0	27.0	
11 ottobre	2:45-6:45	7.6-12.3	264° ponente	14.4	12.09	8.5	19.4		59.2	26.3	
12 ottobre	4:00	10.1	135° scirocco	11.8	7.70	5.9	9.2		21.3	3.6	
12 ottobre	4:15-5:30	9.9-11.5	176° mezzogiorno	11.4	8.21	7.8	16.6		24.4	3.8	
20 ottobre	21:45-22:00	10.2-11.4	139° scirocco	3.3	4.96	4.5	12.7		3.5		
30-31 ottobre	15:30-4:00	9.4-12.7	56° bora	20.0	16.7	23.8	17.3	9.83	108.8	27.2	26.4

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
31 ottobre	6:15-8:30	9.3-10.4	54° bora	20.9	12.6	12.8	13.5	7.53	115.8	15.8	13.4
10-12 novembre	20:45-21:15	8.8-20.3	54° bora	58.3	19.4	50.3	69.1	51.5	86.7	45.1	
13-14 novembre	11:15-5:45	9.6-15.8	63° bora	123.4	20.35	22.5	42.5	36.3	71.2	33.3	
14 novembre	20:45-21:15	10.0-10.2	37° bora	23.2	10.4	13.3	8.7	9.9	24.3	15.0	
14-16 novembre	22:30-00:45	10.2-17.0	52° bora	96.6	58.4	122.5	32.13	24.6	46.6	37.5	
16 novembre	4:00-11:30	8.7-12.5	57° bora	90.1	20.2	31.1	20.9	16.4	30.6	13.2	
19 novembre	1:30-7:00	10.1-12.9	55° bora	16.2	9.2	11.9	11.9	7.0	50.1	9.2	
19 novembre	7:45-8:45	10.5-12.8	56° bora	21.5	6.8	5.1	15.0	11.9	48.6	10.6	
19 novembre	9:15	10.2	73° levante	19.9	6.8	4.9	18.7	15.1	59.1	11.0	
19 novembre	9:30-12:15	9.6-12.5	131° scirocco	19.5	9.8	13.0	29.6	19.2	60.0	10.9	
19 novembre	20:45-22:45	10.6-12.8	63° bora	114.4	10.4	12.7	73.2	38.0	80.8	14.4	
20 novembre	18:00-22:15	10.1-12.4	224° libeccio	16.4	9.5	7.8	63.4	24.0	101.8	11.0	
21 novembre	7:45-8:15	10.3-10.9	220° libeccio	9.2	6.5	5.3		10.3	20.8	6.5	9.0
21 novembre	18:30	11.3	63° bora	13.2	3.8	2.1		12.8	18.3	5.9	5.9
21 novembre	20:00-00:00	8.6-19.0	184° mezzogiorno	38.9	8.7	6.4		26.6	52.6	16.6	22.4
22-23 novembre	18:00-12:45	8.7-18.3	58° bora	25.5	18.1	56.0	20.3	14.9	37.4	23.7	23.7
23 novembre	13:00-13:45	13.5-16.4	91° levante	9.6	33.7	53.4	12.9	10.0	40.5	19.2	21.1
23 novembre	15:00	13.0	78° levante	9.8	23.8	32.4	16.9	11.5	20.9	20.4	24.6
23 novembre	16:45-17:00	12.3-12.4	79° levante	8.6	29.5	23.6	17.8	14.4	31.0	23.4	23.0
23 novembre	17:15-23:30	10.1-13.0	54° bora	32.6	29.5	24.8	39.2	30.6	32.7	25.2	22.3
24 novembre	3:15-3:30	10.7-11.3	59° bora	13.0	6.4	9.9	14.0	10.1	33.5	8.0	17.0
25 novembre	5:45	10.3	56° bora	6.0	3.4	2.7	5.6	4.1	7.4	4.0	1.3
25 novembre	6:00-6:30	9.8-11.2	360° tramontana	7.4	4.8	3.0	5.6	4.3	7.3	4.0	1.3
25 novembre	7:30-23:45	10.2-17.5	46° bora	14.3	17.6	54.0	6.0	7.3	20.7	10.1	17.1
26 novembre	1:15-1:30	10.1-10.4	27° bora	5.7	7.3	12.3	10.5	4.8	8.0	6.0	28.0
26 novembre	2:15-2:45	10.0-11.01	32° bora	12.3	4.8	8.7	8.3	5.4	7.5	5.7	17.6
26 novembre	3:30-4:30	9.4-11.1	34° bora	9.9	5.2	7.3	7.0	5.0	11.9	5.7	15.2
26 novembre	4:45-5:00	10.3-10.7	18° tramontana	6.9	5.3	8.6		4.5	11.9	5.4	16.8
26 novembre	5:15-11:15	9.9-13.9	51° bora	8.1	7.1	11.7		4.8	11.6	6.9	22.1

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
26 novembre	12:30-21:00	9.7-14.4	42°bora	7.4	11.5	16.5		6.5	16.3	8.1	16.1
26 novembre	21:15-0:00	10.3-13.1	18° tramontana	7.7	11.3	17.9		9.5	11.2	8.6	12.4
27 novembre	00:15-1:45	10.3-11.5	32° bora	11.8	11.5	14.9		5.8	9.9	7.3	10.2
27 novembre	20:45-21:30	10.9-13.43	69°levante	4.8	8.8	13.2		4.8	16.9	8.6	10.4
27 novembre	21:45-22:15	13.8-14.1	66° bora	5.0	12.9	15.4		4.9	20.1	7.1	9.8
27 -28 novembre	22:30-00:30	10.7.-15.4	70° levante	5.5	14.9	13.4		6.2	21.3	8.5	14.2
28 novembre	1:00-1:15	13.4-13.9	71° levante	5.0	7.9	8.3		9.1	27.5	9.3	16.7
28 novembre	1:30-4:00	10.8-14.6	62° bora	25.4	11.3	11.9		19.4	25.2	10.8	22.0
28 novembre	7:15	10.4	21° tramontana	17.0	7.4	9.0		9.5	35.0	5.2	10.2
30 novembre	17:15-23:00	9.5-13.0	55° bora	23.9	6.6	15.5		6.3	17.9	4.8	7.3
1-2 dicembre	0:00-21:45	9.8-20.1	60° bora	158.0	22.4	77.6		85.5	191.2	26.7	101.0
2 dicembre	23:00-00:15	9.5-11.8	33° bora	62.2	8.6	20.8		41.5	49.5	14.3	39.2
3 dicembre	2:00-2:15	10.1	17° tramontana	36.6	6.3	17.3		29.7	41.7	9.5	33.0
25 dicembre	5:30-14:15	10.1-13.7	168° mezzogiorno	9.8	9.4	3.5	7.8	18.0	62.6	22.7	22.8
25 dicembre	14:30-23:45	13.0-16.2	146° scirocco	44.7	8.5	35.9	100.8	117.8	300.7	30.5	92.3
26 dicembre	0:00-1:00	13.8-15.1	160° mezzogiorno	97.5	14.4	38.4	219.2	129.6	68.2	20.5	87.2
26 dicembre	1:15-12:30	9.9-19.4	138° scirocco	117.4	72.4	40.6	235.9	136.5	291.0	235.1	95.6
29-30 dicembre	23:00-18:00	9.6-15.5	27° bora	32.9	21.1	27.4	57.3	38.8	47.9	43.7	68.5

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 2013.

STAZIONI	Stazioni in laguna						Stazioni in bocca di porto				Stazioni a mare					
	LTP		MAP		CHP		LMR		LMR-2		LIM		MAM		CHM3	
Dati totali	11013		11016		11693		8740		6740		11638		11213		7888	
Condizioni eccezionali con C>30 mg/l	674	6.12%	45	0.41%	249	2.13%	494	5.65%	290	4.30%	3067	26.50%	575	5.13%	325	4.12%

CORILA

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

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 2013.

	<i>Stazioni in laguna</i>						<i>Stazioni in bocca di porto</i>				<i>Stazioni a mare</i>					
STAZIONI	LTP		MAP		CHP		LMR		LMR-2		LIM		MAM		CHM3	
Eventi eccezionali con C>30 mg/l	674	100%	45	100%	249	100%	494	100%	290	100%	3067	100%	575	100%	325	100%
Superamenti CERTAMENTE dovuti a risospensione da vento (v >10 m/s)	401	59.50%	45	100%	249	100%	271	54.86%	205	70.69%	1247	40.66%	188	32.70%	250	76.92%
Superamenti la cui causa NON È CERTAMENTE legata alla risospensione da vento (v<10 m/s)	273	40.50%	0	100%	0	0.0%	223	45.14%	85	29.31%	1820	59.34%	387	67.30%	75	23.08%

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

Nella Tabella 3.7 si riportano per ogni stazione le date, le ore dei superamenti e il relativo numero di dati rispettivamente attribuibili al vento (VENTO) o ad altre cause (NO VENTO).

Si ricorda che in generale i superamenti vengono attribuiti alla categoria VENTO sia quando sono contemporanei al vento, sia quando continuano anche dopo la fine del vento o inizino immediatamente dopo la fine del vento. In alcuni casi può succedere che il superamento inizi un po' prima che il vento assuma la velocità di 10 m/s (ma soffia comunque con velocità maggiore rispetto alle ore precedenti) e continui per la durata dell'evento meteo; anche in tal caso generalmente si attribuisce la causa al vento.

Vengono invece attribuiti alla categoria NO VENTO i superamenti che avvengono in assenza di vento forte ma anche i superamenti dovuti al "mare lungo", cioè creati da eventi di lunga durata (soprattutto di scirocco, caratterizzato da un lungo fetch) che si sono verificati molte ore prima.

Tabella 3.7. Superamenti del valore di soglia di 30 mg/l dovuti e non dovuti al vento nel periodo settembre-dicembre 2013

DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
LTP			
25-26 settembre	17:15-3:00		40
26 settembre	18:00-19:30		7
26 settembre	21:15-4:30		30
27 settembre	7:15-11:30		18
30 settembre	7:45-8:15	3	
6 ottobre	5:45-10:00	18	
6 ottobre	12:45-23:15	43	
7 ottobre	6:45-22:30		64
8 ottobre	6:15-10:00		16
12 novembre	3:15-5:30	10	
12 novembre	16:45-19:15	11	
13 novembre	17:15-20:00	12	
14 novembre	4:30-8:30	17	
14 novembre	10:30-13:45	14	
14 novembre	18:15-19:45	7	
15 novembre	4:45-8:30	16	
15 novembre	9:15-10:30	6	
15 novembre	12:00-15:00	13	
15 novembre	17:15-22:15	21	
16 novembre	4:30-9:15	20	
16 novembre	11:00-15:00	17	
19 novembre	20:30-23:15	12	
21 novembre	21:30-22:30		5
23 novembre	22:30-23:00	3	
1 dicembre	5:45-7:30	8	
1 dicembre	18:30-23:15	20	
2 dicembre	5:30-16:00	43	
2 dicembre	19:30-20:30	5	
2-3 dicembre	22:00-3:30	23	
3 dicembre	5:45-7:30	8	
3 dicembre	8:00-17:00		37
4 dicembre	7:30-8:15		4
4 dicembre	13:45-16:15		11

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

DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
25-26 dicembre	23:00-7:15	34	
27 dicembre	2:15-11:15		37
27 dicembre	15:30-16:15		4
30 dicembre	5:45-6:15	3	
30 dicembre	18:15-21:30	14	
MAP			
15 novembre	11:45-16:15	19	
23 novembre	13:30-14:30	5	
26 dicembre	7:30-12:00	19	
30 dicembre	19:15-19:30	2	
CHP			
11 novembre	9:00-12:31	15	
11-12 novembre	20:15-1:00	20	
12 novembre	8:45-12:30	16	
15 novembre	1:15-2:00	4	
15 novembre	9:45-18:45	37	
15 -16 novembre	23:45-2:45	13	
16 novembre	3:45-4:00	2	
16 novembre	12:30-13:30	5	
23 novembre	4:45-7:30	12	
23 novembre	10:00-15:15	22	
25 novembre	16:00	1	
25 novembre	17:30-22:30	21	
30 novembre -1 dicembre	23:45-1:00	6	
1 dicembre	10:30-17:45	30	
2 dicembre	9:15-9:45	3	
2 dicembre	11:45-16:30	20	
25-26 dicembre	23:30-4:45	22	
LMR			
11 settembre	16:30-18:45		10
11 settembre	19:00	1	
12 settembre	7:15-10:00		12
12 settembre	21:15-23:00		8
10-11 ottobre	22:30-00:15	8	
12 novembre	4:30-6:30	9	
12 novembre	15:00-19:15	18	
12 novembre	20:45-22:45	9	
13 novembre	19:15-20:45	7	
14 novembre	3:45-5:15	7	
14 novembre	11:00-12:30	7	
15 novembre	17:15-17:45	3	
19-20 novembre	19:15-1:15	25	
20 novembre	4:45-5:15	3	
20 novembre	9:30-12:00		11
20 novembre	12:45-17:45		21
20- 21 novembre	18:00-2:00	33	
23 novembre	20:30-22:00	7	
25-26 dicembre	20:45-22:15	103	
27 dicembre	1:00-3:00		9

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

DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
27 dicembre	5:00-12:30		31
27 dicembre	13:15-18:45		23
28 dicembre	1:45-12:00		42
29 dicembre	3:30-5:30		9
29 dicembre	9:15-14:00		20
29 dicembre	18:15-19:45		7
30 dicembre	4:45-7:00	10	
30 dicembre	10:15-15:00	20	
30 dicembre	19:30	1	
31 dicembre	10:45-15:30		20
LMR-2			
12 novembre	5:15-5:45	3	
12 novembre	14:45-18:15	15	
14 novembre	3:45-4:30	4	
19 novembre	19:30-23:00	15	
23 novembre	20:45	1	
1 dicembre	17:00-22:45	24	
2 dicembre	5:15-15:45	43	
2 dicembre	18:00-19:15	6	
2 dicembre	20:00-23:45	16	
3 dicembre	2:30-2:45	2	
3 dicembre	7:45-8:00	2	
3 dicembre	11:30-16:30		21
3 dicembre	20:15-22:15		9
4 dicembre	15:00-15:15		2
25-26 dicembre	19:30-10:15	60	
26 dicembre	19:45-20:30		4
27 dicembre	00:45-11:15		43
30 dicembre	10:45-14:00	14	
31 dicembre	12:15-13:30		6
LIM			
28 settembre	3:45-7:30		16
28 settembre	20:00-21:30		7
29 settembre	1:45-4:00		10
30 settembre	00:15	1	
30 settembre	00:45-5:00	18	
30 settembre	14:00	1	
30 settembre	15:45-19:45	17	
30 settembre	23:15-00:45		7
1 ottobre	3:00-3:30		3
1 ottobre	5:30		1
2 ottobre	4:15		1
3 ottobre	2:45-8:45		25
3 ottobre	12:00		1
3 ottobre	14:15-22:15		33
4 ottobre	00:45		1
4 ottobre	1:15-10:30		38
4 ottobre	11:15-23:45		51

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

DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
5 ottobre	00:45-11:15		43
5-6 ottobre	12:45-23:15	139	
7 ottobre	2:15-3:15		5
7 ottobre	4:15-12:15		33
7 ottobre	13:45-15:00		6
7 ottobre	16:15-17:00		4
7 ottobre	17:45		1
7 ottobre	19:15-20:00		4
7-8 ottobre	21:00-1:00		17
8 ottobre	9:45-10:00		2
8 ottobre	10:30-10:45		2
10-11 ottobre	18:30-2:15	32	
11 ottobre	4:45-15:15	43	
12 ottobre	11:15-15:00		16
27 ottobre	2:45		1
27 ottobre	3:15-4:15		5
27 ottobre	5:30-7:15		8
27 ottobre	8:00		1
27 ottobre	8:45-9:00		2
27-28 ottobre	15:45-7:45		65
28 -30 ottobre	9:00-15:15		218
30-31 ottobre	15:30-8:30	69	
31 ottobre – 10 novembre	8:45-18:00		998
10 novembre	18:45-20:30		8
10-11 novembre	20:45-6:30	40	
11 novembre	9:45-10:45	5	
11 novembre	12:00-14:15	10	
11 novembre	15:00-17:45	12	
11 novembre	20:30	1	
11 novembre	21:00-21:15	2	
12-13 novembre	2:45-3:30	100	
13 novembre	4:15-4:30		2
13 novembre	5:00-6:15		6
13 novembre	10:45-11:15	3	
13 novembre	13-30-15:00	7	
13 -14 novembre	15:45-9:30	72	
15 novembre	1:45-3:45	9	
15 novembre	6:15-9:30	14	
15 novembre	15:30-17:30	9	
15 novembre	18:15-18:30	2	
15 novembre	19:00-19:15	2	
16 novembre	1:45-2:15	3	
16 novembre	4:15-4:45	3	
16 novembre	18:15-19:15	5	
17 novembre	18:45-20:45		9
17 novembre	21:45-22:45		5
17-19 novembre	23:15-1:15		105
19-20 novembre	1:30-00:30	93	

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

DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
20 novembre	16:45-22:30	24	
21-22 novembre	21:45-1:30	16	
22 novembre	10:00-10:45		4
23 novembre	9:30-10:45	6	
23 novembre	12:15-13:45	7	
23 novembre	17:00	1	
23 novembre	18:00-18:45	4	
24 novembre	00:15-3:30	14	
28 novembre	4:15-7:45	15	
1 dicembre	10:15-11:45	7	
1-2 dicembre	13:45-00:15	43	
2 dicembre	1:15-3:15	9	
2-3 dicembre	5:15-1:15	81	
3 dicembre	1:45-4:30	12	
3 dicembre	6:30-12:30	25	
3 dicembre	13:00	1	
3 dicembre	18:45-20:00		6
25 dicembre	5:15-13:30	34	
25 -27 dicembre	15:15-17:00	200	
28 dicembre	1:45-6:15		19
28 dicembre	12:45-15:45		13
29 dicembre	12:45-17:00		18
30 dicembre	2:45-5:00	10	
30 dicembre	9:45-11:45	9	
30 dicembre	13:30-14:15	4	
30 dicembre	17:45-20:45	13	
MAM			
28 settembre	10:45-11:45		5
30 settembre	7:15-7:30	2	
30 settembre	12:45	1	
30 settembre	15:30-15:45	2	
30 settembre	23:30		1
1 ottobre	00:00-00:30		3
1 ottobre	1:00-2:30		7
1 ottobre	3:00-16:00		53
1 ottobre	17:45-23:45		25
15 ottobre	00:30-1:00		3
6-8 novembre	13:15-1:15		145
9-10 novembre	16:15-11:00		76
11 novembre	21:30-22:45	6	
12 novembre	23:15-00:30	6	
12 novembre	2:15-10:30	34	
12 novembre	12:45-19:30	28	
14 novembre	2:45-4:00	6	
15 novembre	4:00-5:45	8	
15 novembre	7:15-9:15	9	
25 dicembre	15:45	1	
26 dicembre	5:15-9:30	18	

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

DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
26 dicembre	11:30-22:45	46	
26-27 dicembre	23:15-00:30	6	
27 dicembre	11:30-12:30		5
27-28 dicembre	18:30-10:15		64
30 dicembre	8:00-9:00	5	
30 dicembre	17:15-19:30	10	
CHM3			
26 novembre	00:30-1:00	3	
1 dicembre	22:00-23:30	7	
2 dicembre	00:45-21:00	82	
2-3 dicembre	21:30-2:00	19	
3 dicembre	3:00-3:30	3	
3 dicembre	7:00-10:45	16	
25 dicembre	16:45-19:00	10	
25-26 dicembre	19:30-19:00	95	
27 dicembre	8:45-12:00		14
27 dicembre	13:45-20:15		27
28 dicembre	00:45-5:45		21
30 dicembre	11:45	1	
30 dicembre	13:00-16:00	13	
30 dicembre	18:15	1	
30-31 dicembre	23:45-2:45		13

Sui meccanismi di formazione della torbidità, legata alla risospensione dei sedimenti in mare e in laguna o ad altre possibili cause, è in corso un'indagine specifica, avviata nel corso dello Studio B.6.72 B/8 [MAV-CORILA 2013, Rapporto Finale]. In tale indagine si utilizzano tutte le registrazioni torbidimetriche disponibili, distinguendo fra fase di flusso e di riflusso, nonché i dati di vento, di moto ondoso e di portata fluviale.

In ogni caso si ricorda che le correlazioni fra torbidità ed eventi meteo-marini ed eventi meteorologici (vento, correnti di marea, correnti litoranee, correnti fluviali, ecc.), che vengono invocati 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

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 2013 sono state rese disponibili dalla Direzione Lavori alcune informazioni relative alle attività di dragaggio alle bocche di porto di Lido e di Chioggia quali periodo dell'attività, effettivi giorni di scavo e i volumi scavati (Tabella 3.8).

Sia per quanto riguarda le stazioni alla bocca di Lido sia per la stazioni ala bocca di Chioggia non risultano superamenti in assenza di eventi meteo nelle giornate in cui erano presenti attività di scavo.

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 ³
BOCCA DI LIDO	OP/360-5	Dal 10/12/2013 al 18/12/2013	5	2621.052
	OP/467-4C	19/11/2013	1	724.183
BOCCA DI CHIOGGIA	OP/425-2B	Dal 1/10/2013 al 17/10/2013	10	5.600

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).

BIBLIOGRAFIA

- ANPA. 1999. "Le principali metodiche di campionamento e analisi del particolato in sospensione in ambienti acquatici. Rassegna bibliografica", Serie Documenti 9/1999.
- 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. 2005. "OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL", Brugherio (Milan),
- Idronaut Srl. 2005. "Seapoint Turbidity Meter USER MANUAL", Brugherio (Milan).
- InterOcean Systems Inc. 1995. "S4 CURRENT METER USER MANUAL (Rev B)".
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2005. Studio B.6.72 B/1 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2006a. 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. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. 2006b. 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. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2006c. Studio B.6.72 B/1 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Linee guida speditive. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2006d. Studio B.6.72 B/1 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2007. Studio B.6.72 B/2 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2008. Studio B.6.72 B/3 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2009. Studio B.6.72 B/4 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, 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. 2010. Studio B.6.72 B/5 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2011. Studio B.6.72 B/6 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2012. Studio B.6.72 B/7 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2013. Studio B.6.72 B/8 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2013a. Studio B.6.72 B/9 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Macroattività: Rilevazione della torbidità in continuo. I Rapporto di Valutazione Periodo di riferimento: da maggio ad agosto 2013. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia. 2003. "Studio B.6.78/I – Attività di monitoraggio alle bocche di porto: controllo delle comunità biologiche lagunari e marine", Disciplinary Tecnico CVN/Technital, Venezia.
- 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^a 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. 2006. "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. 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.

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

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