



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/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
I RAPPORTO DI VALUTAZIONE
PERIODO DI RIFERIMENTO: DA MAGGIO AD
AGOSTO 2013**

Versione **1.0**

Emissione **15 settembre 2013**

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>	14
2.4.2 <i>Correzione per il fouling</i>	15
2.4.3 <i>Calibrazione dei sensori di torbidità</i>	17
3. ANALISI e TRATTAMENTO DEI DATI	18
3.1 Validazione dei dati e calibrazione	18
3.2 Serie temporali della concentrazione del particolato solido sospeso (SPM)	23
3.3 Analisi degli eventi meteo e dei picchi di torbidità	59
3.4 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche.....	67
3.5 Struttura dell'archivio dei dati.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	69

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 maggio-agosto 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 e, per il periodo 10-16 luglio durante il quale quest'ultima ha presentato dei malfunzionamenti, alla stazione della diga sud di Lido gestita dall'Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree (ICPSM) del Comune di Venezia. 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 agile 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).

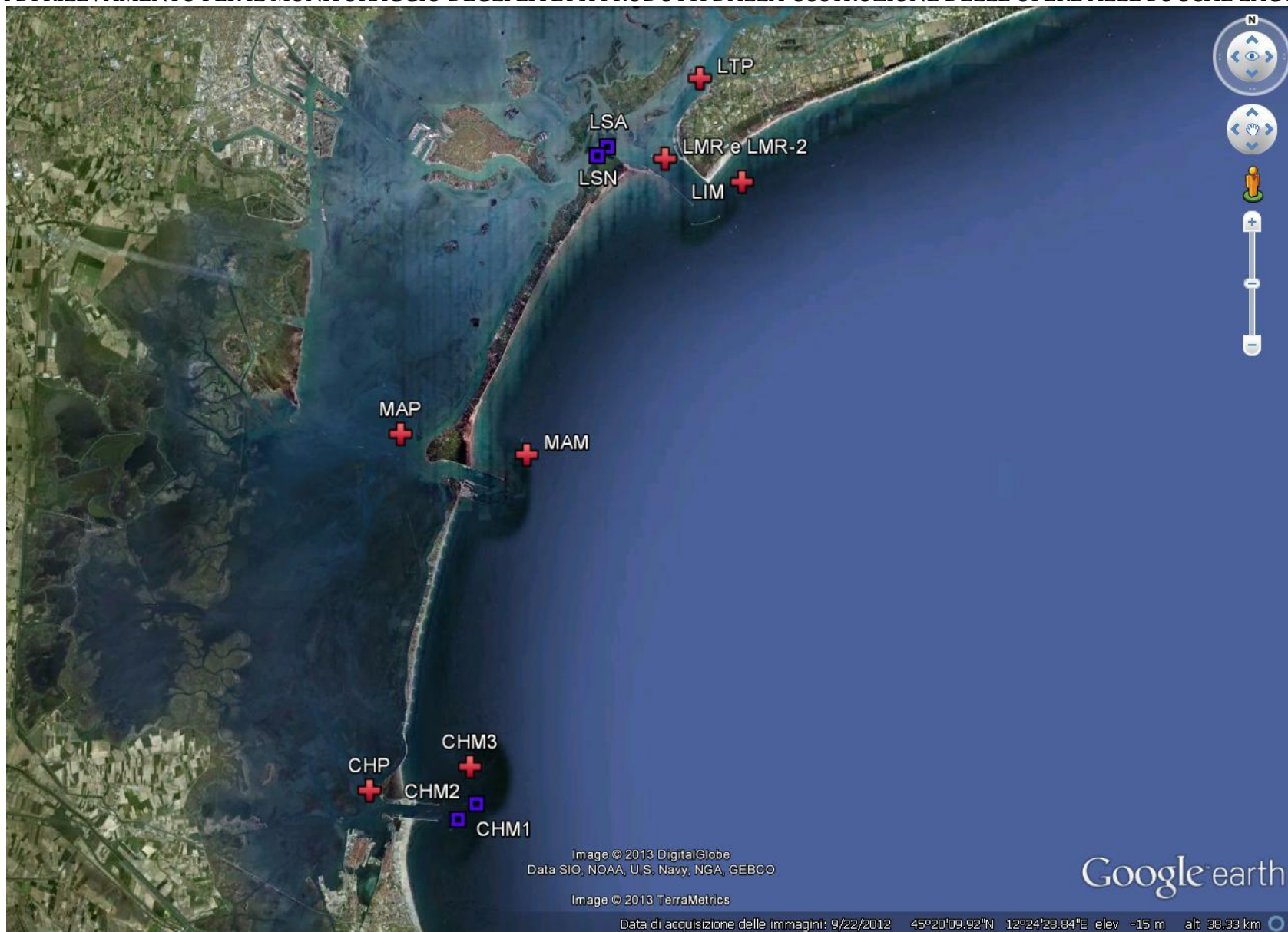


Figura 2.1. La rete delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo. In rosso le stazioni attive nel periodo maggio-agosto 2013.

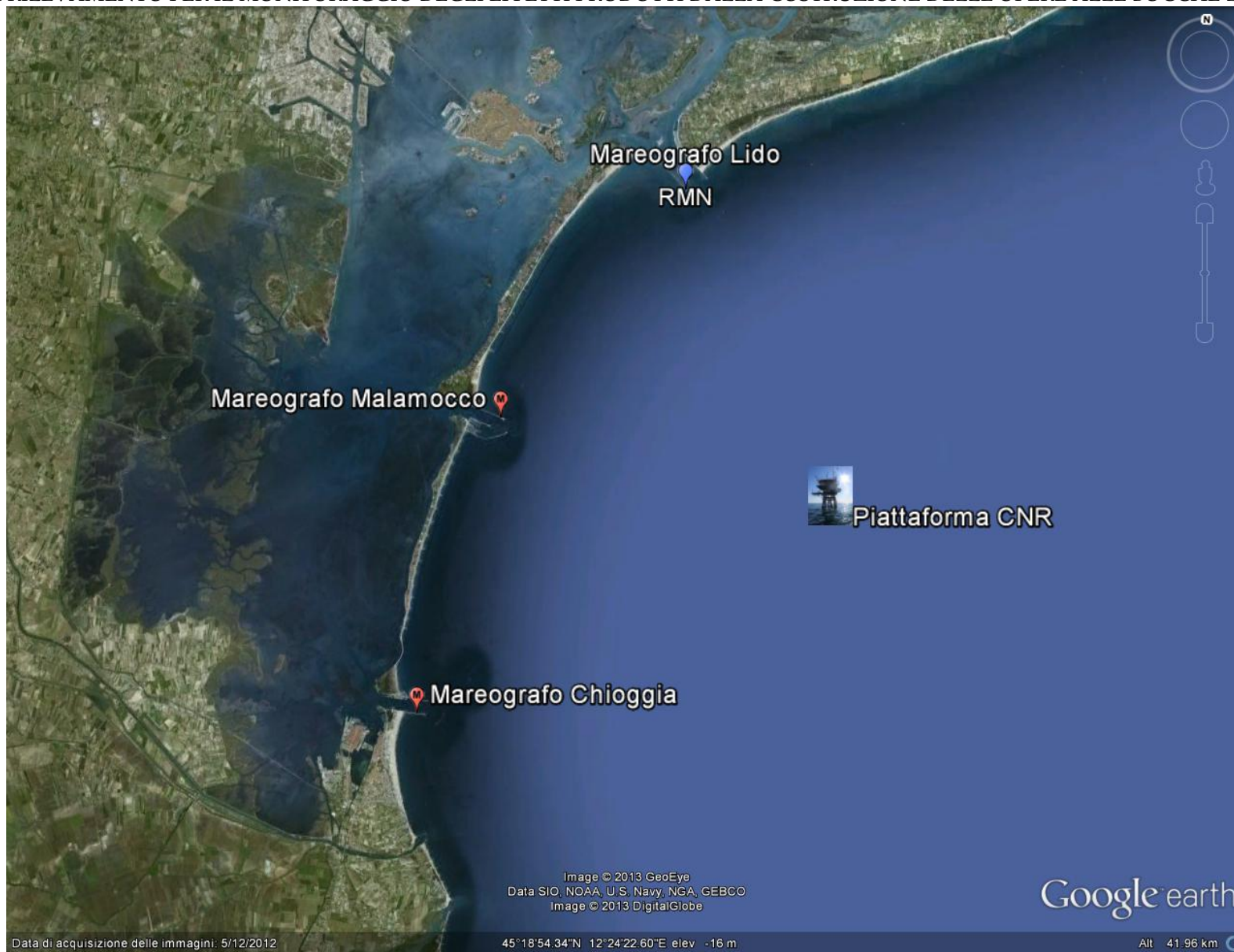


Figura 2.2. Mareografi,piattaforma del CNR.

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.

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 BOCHE LAGUNARI



Figura 2.3. Stazione MAM.



Figura 2.4. Stazione LMR.



Figura 2.5. Stazione CHP.

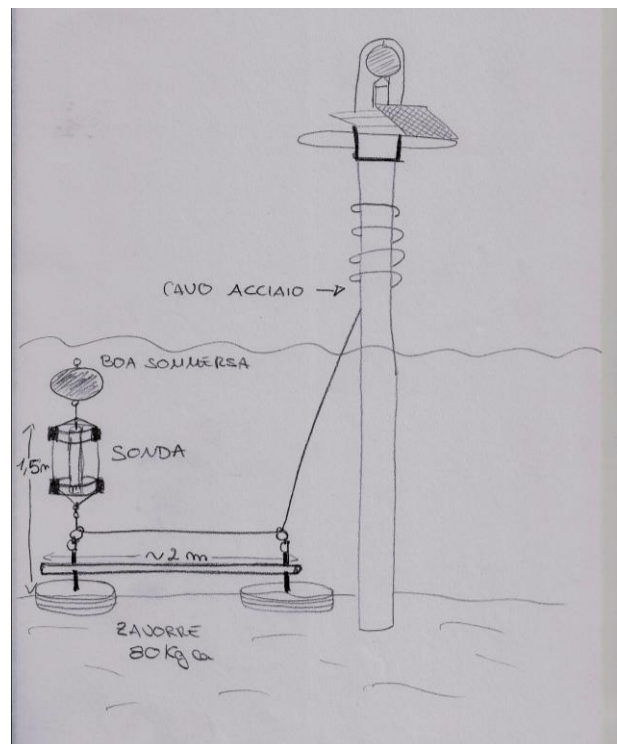


Figura 2.6. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare.

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; 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.,2005]. 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 finestra 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 Tabella 2.2 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.

Tabella 2.2. Caratteristiche dei sensori montati sulla sonda OceanSeven 304 (OceanSeven 304 CTD-T Operator Manual) e sulla sonde Datasonde 4a e Datasonde 5a (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
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 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.

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.

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 un'immagine della sonda della stazione LTP prima e dopo la pulizia.

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 alle 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.



Figura 2.7. Sonda della stazione LTP prima (a sinistra) e dopo la pulizia (a destra) (18/07/2013).

Contestualmente alla 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.

Il prelievo dei campioni d'acqua e la successiva determinazione della concentrazione del particellato 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 2.8).

RETE PER LA RILEVAZIONE DELLA TORBIDITA' IN CONTINUO

POSTAZIONE DI MISURA : **MAP**

BOCCA DI MALAMOCCO - Porto



Postazione	Nome (ID)	Coordinate UTM WG84	Fondale (m.)
Postazione Mareografica	MAP	0288410 E 5024129 N	2.7
Sensore	N. di Serie	Data di installazione	Sensore dal fondo (m)
OS304 CTD-T	49	8 giugno 2006	1

SCARICAMENTO DATI / CAMPIONAMENTO / MANUTENZIONE

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

Figura 2.8. 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 2.9. 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 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.

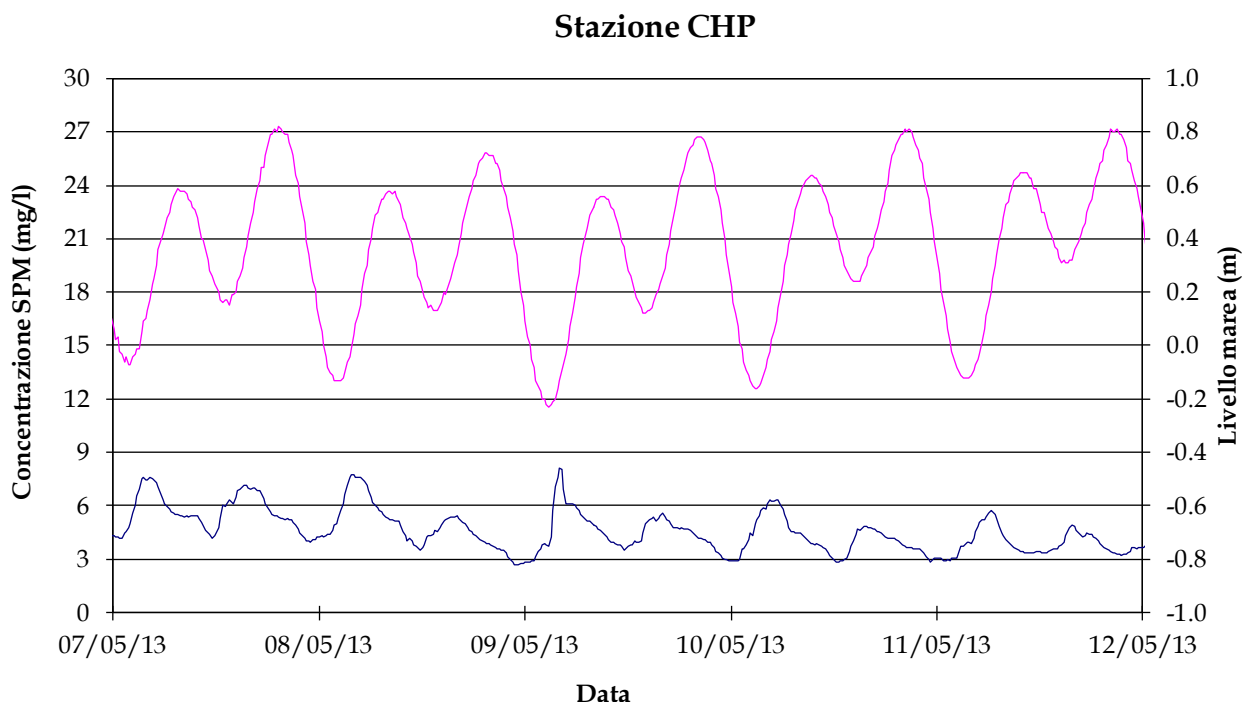


Figura 2.9. Esempio di andamento indisturbato della torbidità nella stazione CHP.

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 2.10 dove si riporta la serie temporale della torbidità relativa alla stazione MAM nel periodo 19-29 agosto 2013 dopo l'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 26 agosto inizino a crescere. In questo caso è stata effettuata una correzione sottraendo una polinomiale di secondo grado che ha permesso di correggere la deriva. Il risultato dopo la correzione è visibile nella Figura 2.11. 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.

Stazione MAM

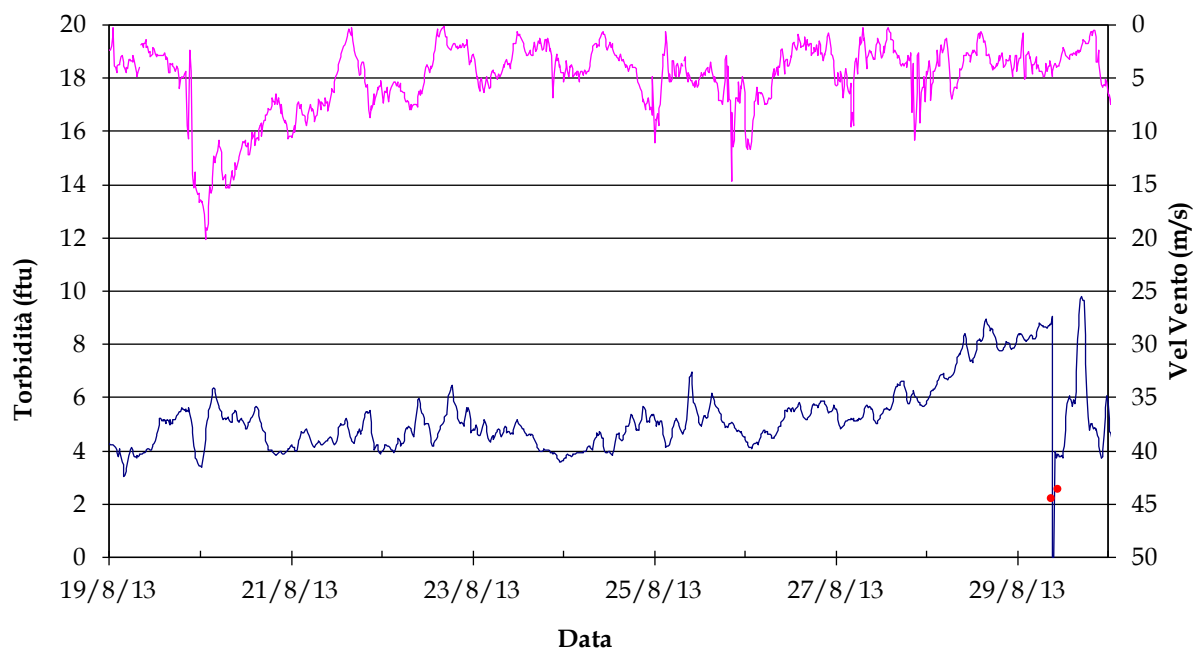


Figura 2.10. Esempio della presenza di deriva progressiva dei valori di torbidità dovuta al fouling nella stazione MAM. I punti in rosso rappresentano i valori di concentrazione misurati nei campioni d'acqua prelevati prima e dopo l'intervento di manutenzione.

Stazione MAM

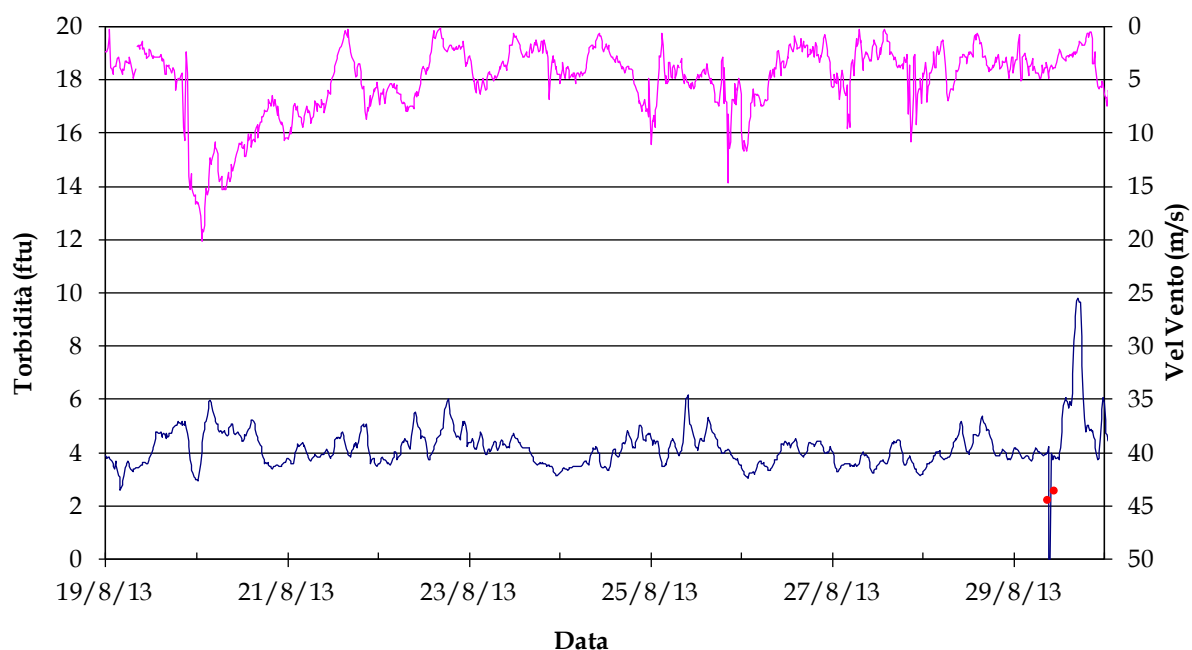


Figura 2.11. Risultato finale dopo l'applicazione della procedura correttiva. I punti in rosso rappresentano i valori di concentrazione misurati nei campioni d'acqua prelevati prima e dopo l'intervento di manutenzione.

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 maggio-agosto 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 file scaricato il giorno 22/05/2013 è prematuramente interrotto al giorno 10/05/2013 e risulta comunque incompleto. Verificato il mal funzionamento della sonda, si è provveduto alla rimozione della stessa per l'invio alla casa madre per le operazioni di riparazione. Il giorno 24/07/2013 è stata riposizionata una sonda Hydrolab Datasonde 5a. Il giorno 29/08/2013 la sonda è stata rimossa durante la mattinata a causa di problemi di comunicazione con il pc; dopo aver risolto l'inconveniente, lo strumento è stato riprogrammato e riposizionato in loco nel pomeriggio. I dati scaricati durante la giornata si bloccano al giorno 06/08/2013 a causa dell'esaurimento prematuro delle batterie interne.

Stazione LMR-2: il giorno 11/06/2013 la sonda è stata rimossa a causa del furto della zavorra necessaria a sostenerla in posizione corretta; è stata riposizionata in loco il giorno 12/06/2013. Il giorno 29/08/2013 la sonda è stata rimossa a causa del mal funzionamento del sensore di torbidità ed è stata spedita alla casa produttrice per le riparazioni; si provvederà al più presto alla rimessa in loco.

Stazione LIM: il giorno 07/05/2013 la sonda è stata recuperata e ricondotta presso i laboratori del CNR-ISMAR a causa della rottura del sensore di conducibilità; è stata riparata e riposizionata in loco il giorno 09/05/2013.

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

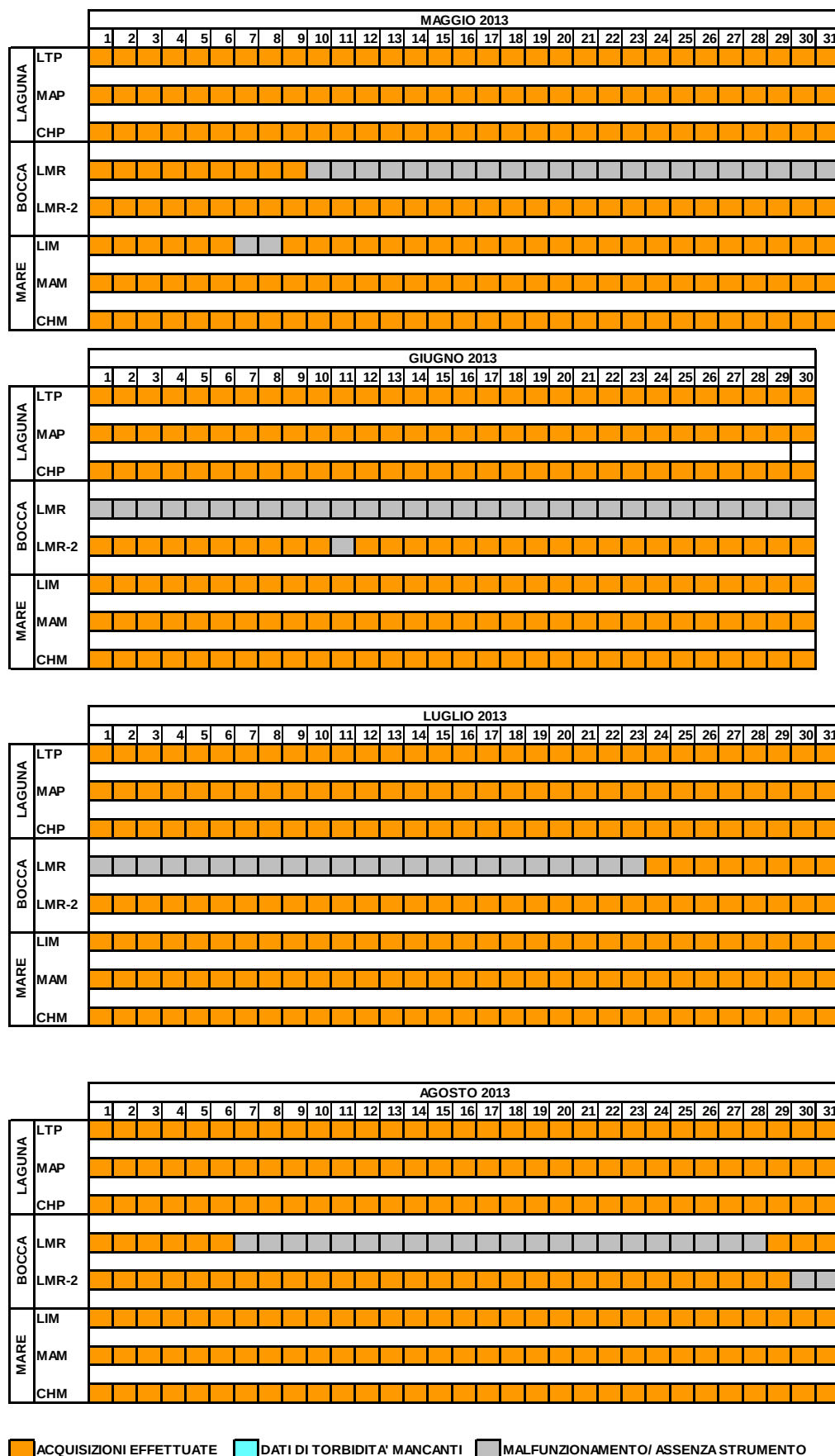


Figura 3.1. Visualizzazione schematica dei periodi di acquisizione degli strumenti impiegati nelle stazioni oggetto del monitoraggio nel periodo maggio-agosto 2013.

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 maggio-agosto 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 maggio-agosto 2013.

Tipologia	Stazione	Percentuale di funzionamento	Percentuale di dati validati
<i>Stazioni in laguna</i>	LTP	100%	94.2%
	MAP	100%	94.4%
	CHP	100%	98.7%
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	21.2%	15.0%
	LMR-2	96.8%	44.5%
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	98.4%	91.3%
	MAM	100%	75.0%
	CHM3	100%	81.3%

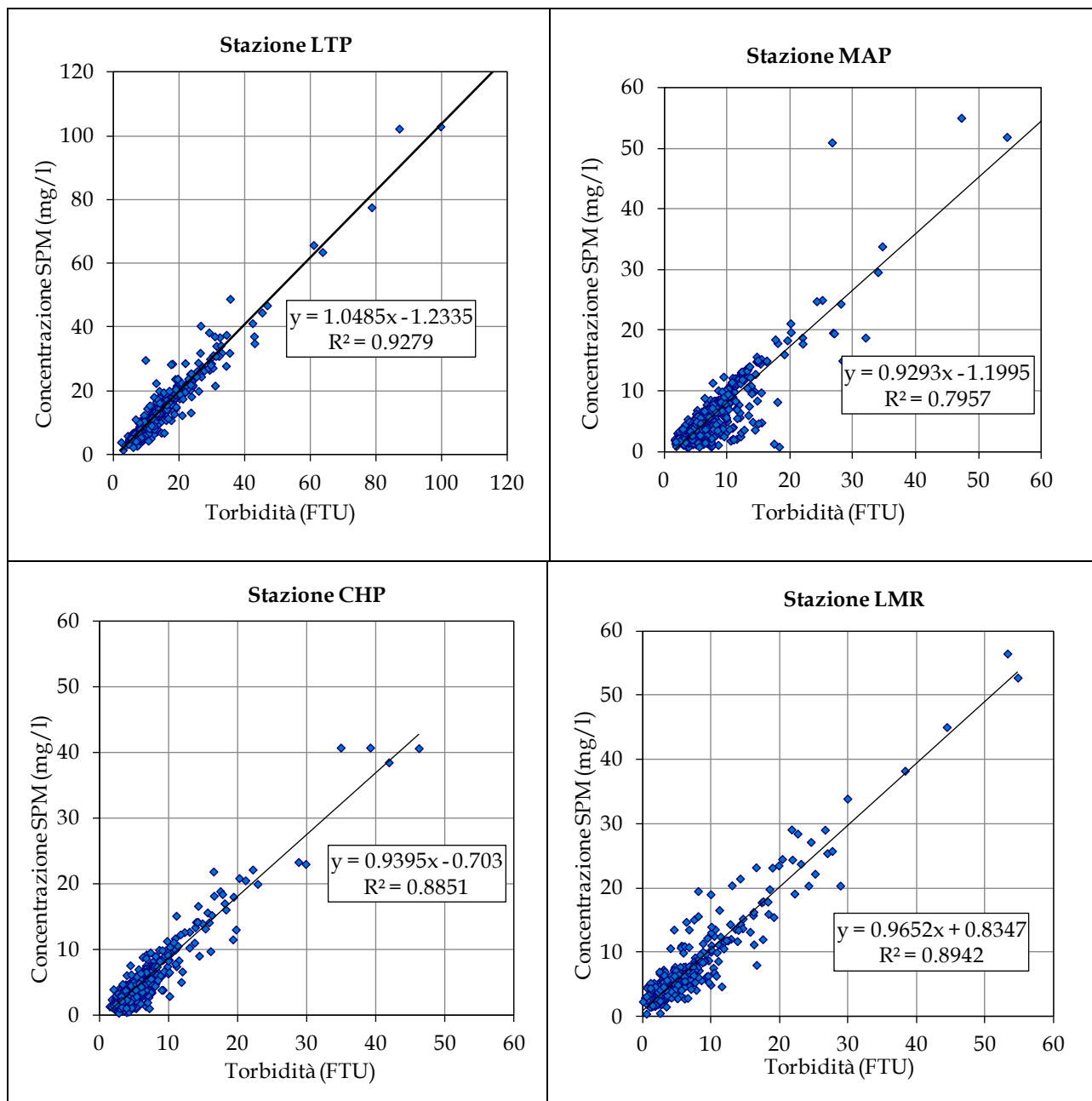
Si evidenzia come per la stazione LMR, in bocca di Lido, si abbia una bassa percentuale di funzionamento e quindi anche di dati validati.

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	$y = 1.0485x - 1.2335$ $R^2 = 0.9279$
	MAP	$y = 0.9293x - 1.1995$ $R^2 = 0.7957$
	CHP	$Y = 0.9395x - 0.703$ $R^2 = 0.8851$
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	$y = 0.9652x + 0.8347$ $R^2 = 0.8942$
	LMR-2	$y = 0.9316x - 0.3372$ $R^2 = 0.895$
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	$y = 1.0159x - 1.3246$ $R^2 = 0.8586$
	MAM	$y = 0.9915x - 0.8902$ $R^2 = 0.8519$
	CHM3	$y = 0.5578x + 0.6182$ $R^2 = 0.6083$

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



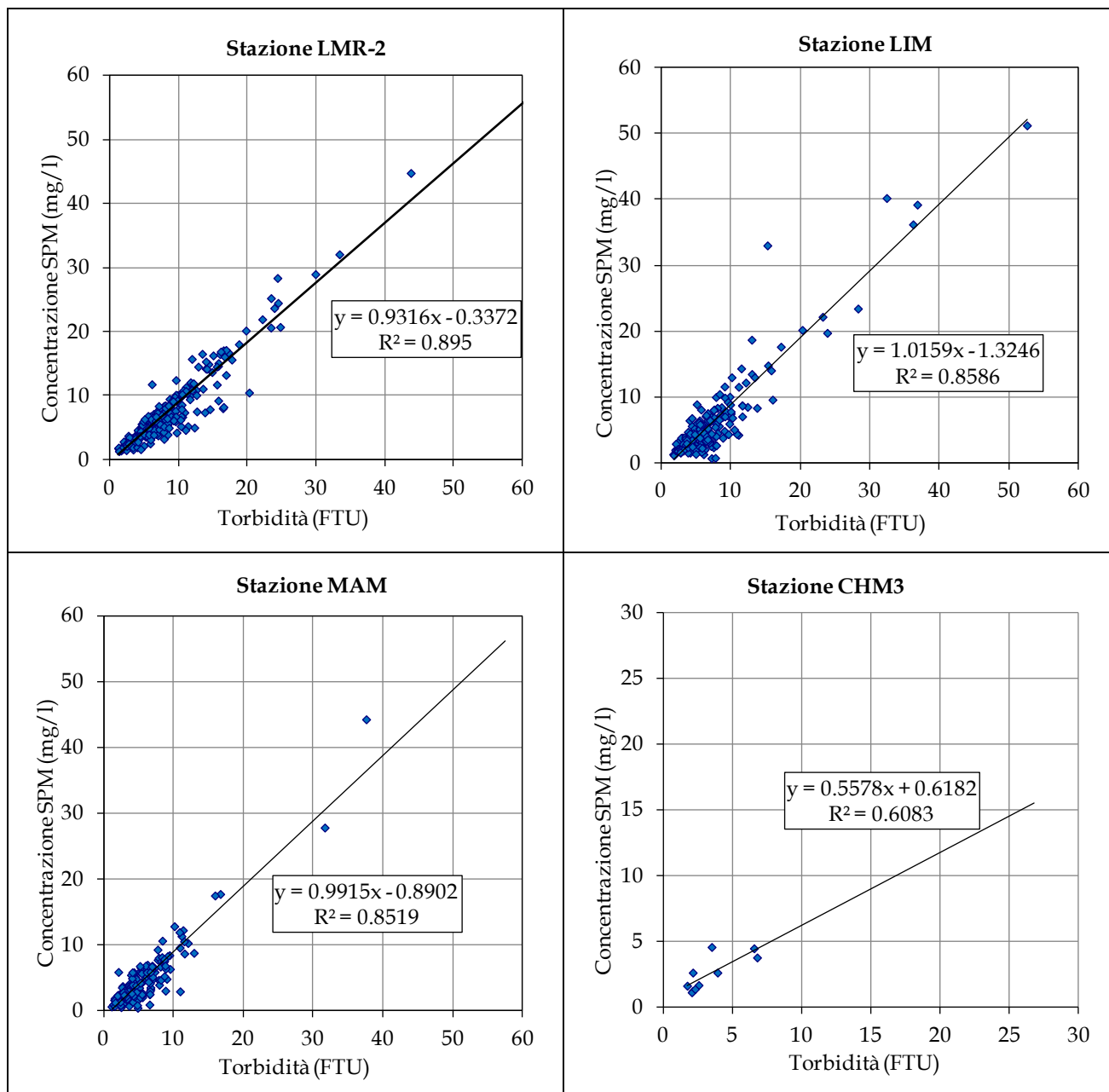


Figura 3.2. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione. Le rette di regressione sono state calcolate includendo tutti i valori disponibili fino ad agosto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

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.

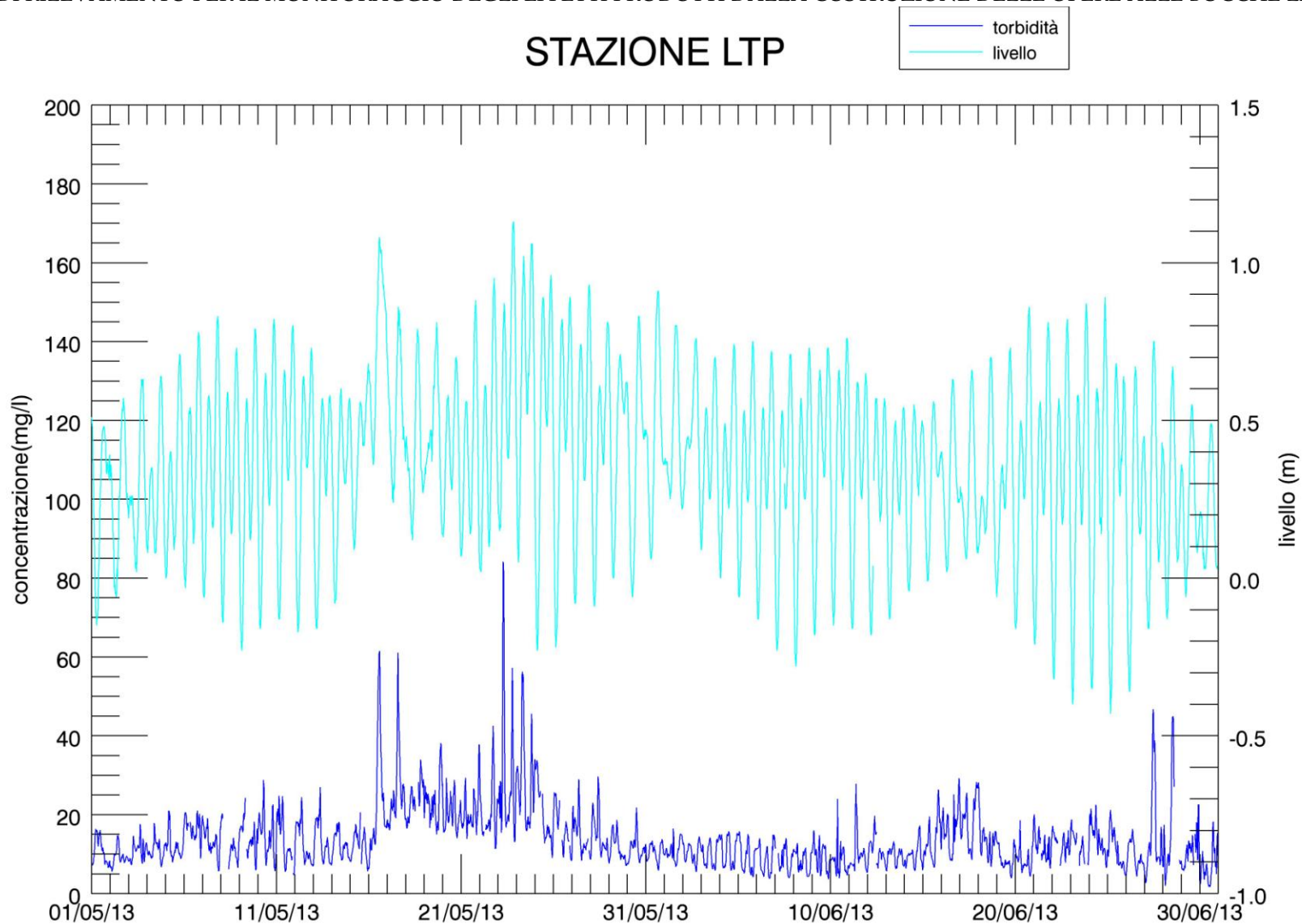
Si osserva come, ad esclusione della stazione CHM3, per la quale è disponibile un numero limitato di informazioni, le pendenze delle rette di regressione per tutte le stazioni siano piuttosto vicine o pari all'unità, il che significa una quasi corrispondenza tra valori di concentrazione del materiale 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 di ostruzioni parziali davanti alle finestre ottiche del sensore. 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)

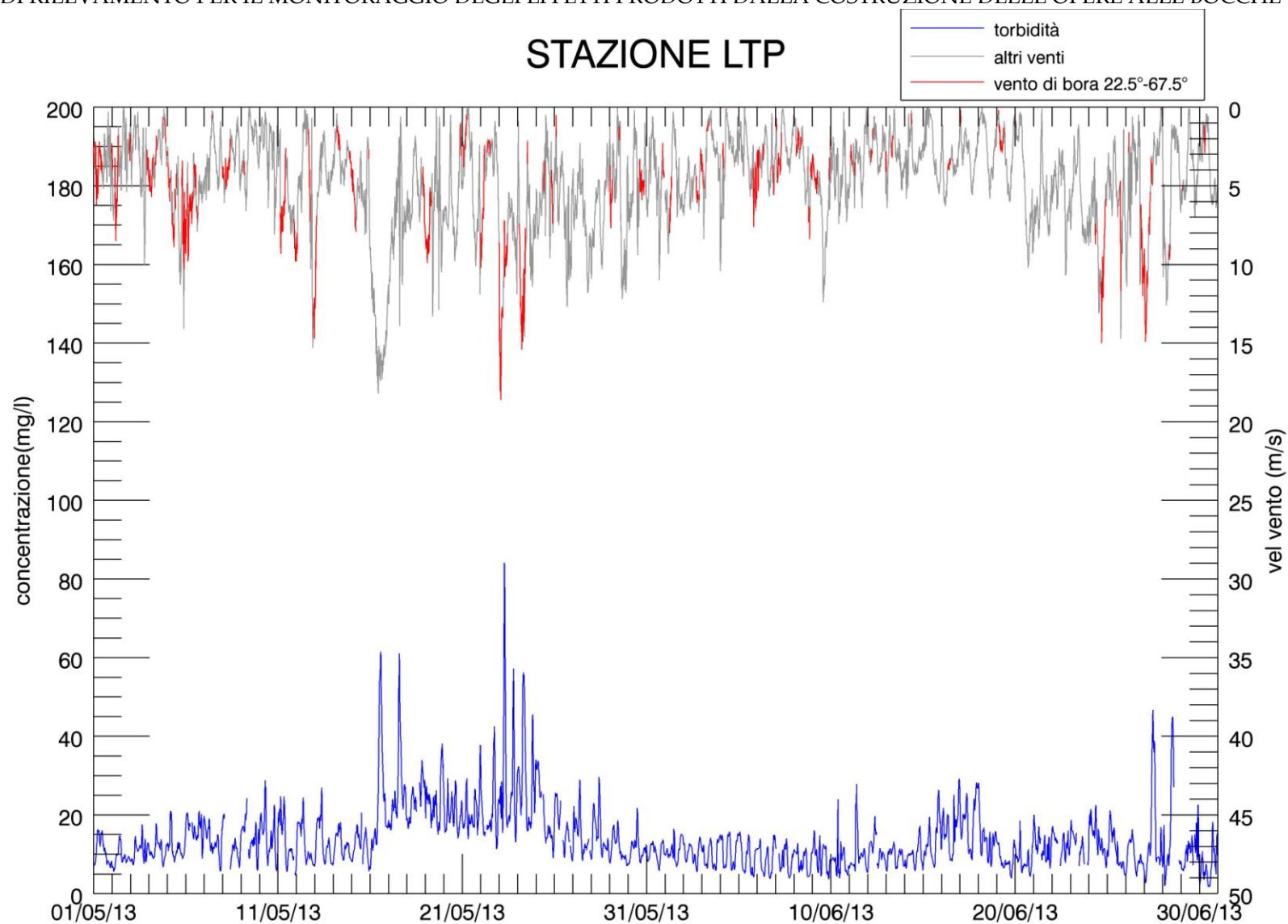
Le serie temporali del periodo maggio-agosto 2013 sono incluse nei files del database allegato al presente Rapporto.

Di seguito vengono presentate due tipologie di elaborati grafici: nella prima (da Figura 3.3(a) a Figura 3.17(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 3.17(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.

Poiché durante il mese di luglio la stazione meteo presso la piattaforma oceanografica non ha sempre funzionato correttamente, da Figura 3.18 a Figura 3.24 si riportano i grafici relativi ai valori di SPM ed alla velocità del vento misurata alla stazione presso la diga sud Lido (Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia).

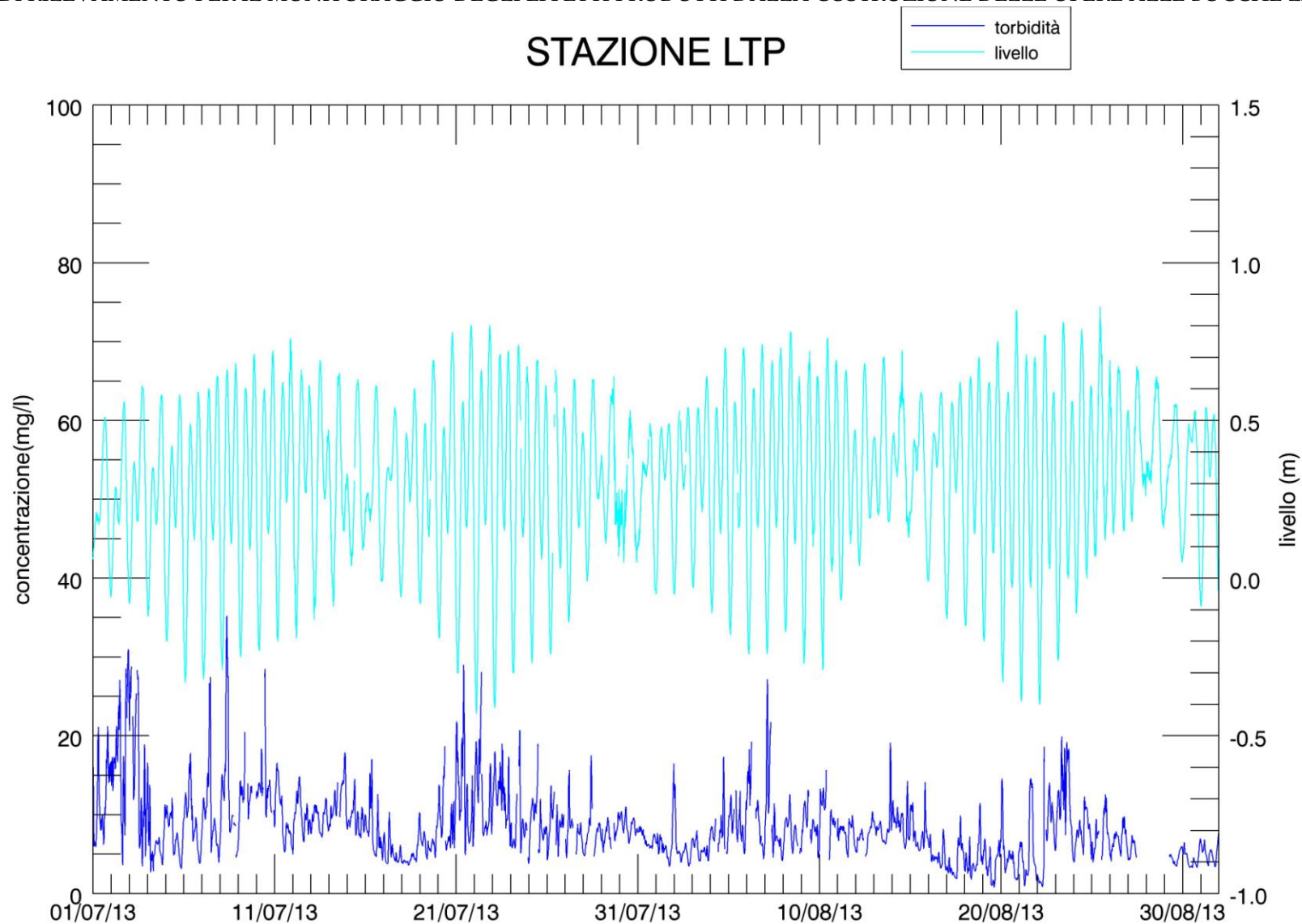


(a)

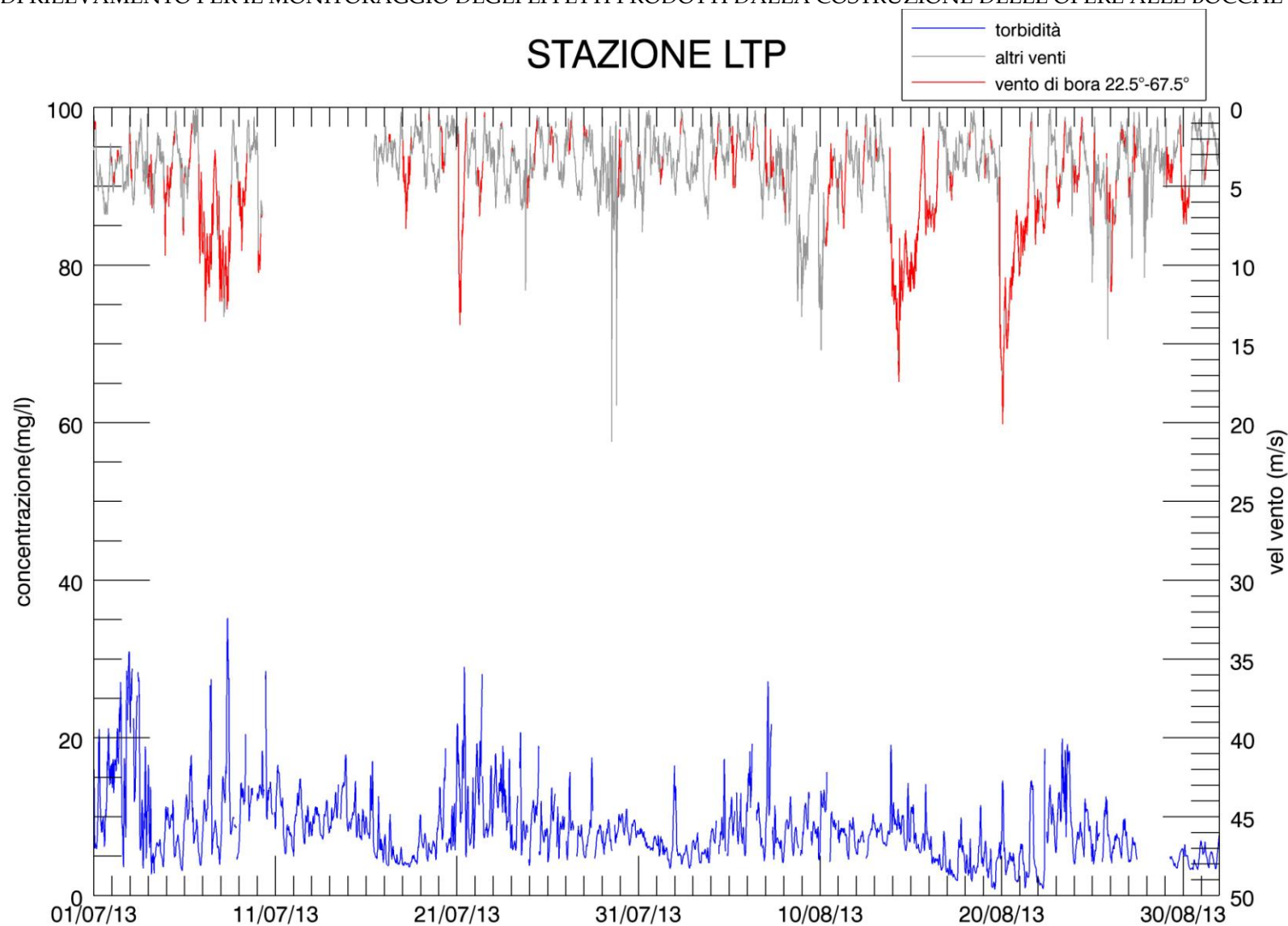


(b)

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 maggio-giugno 2013.

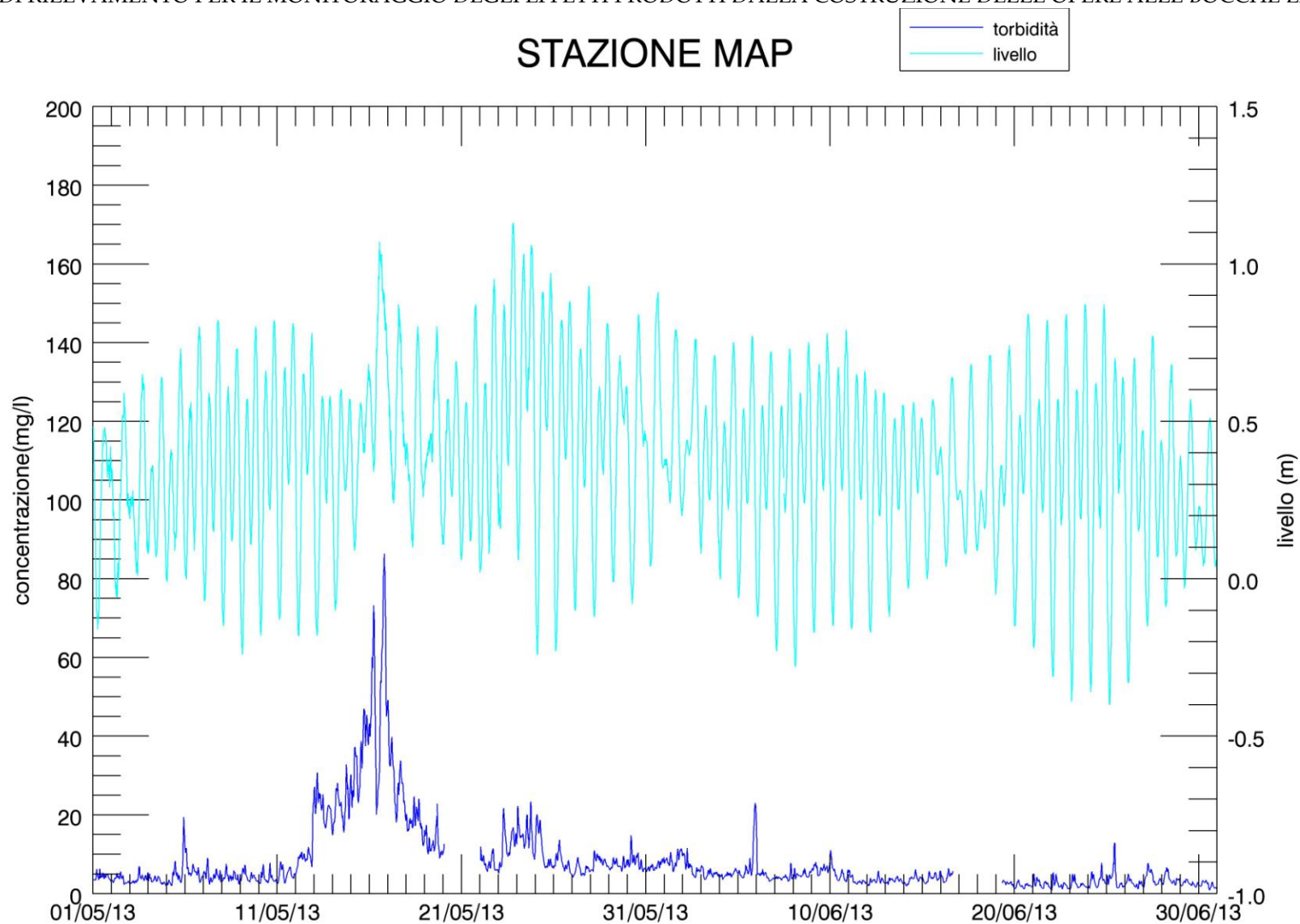


(a)

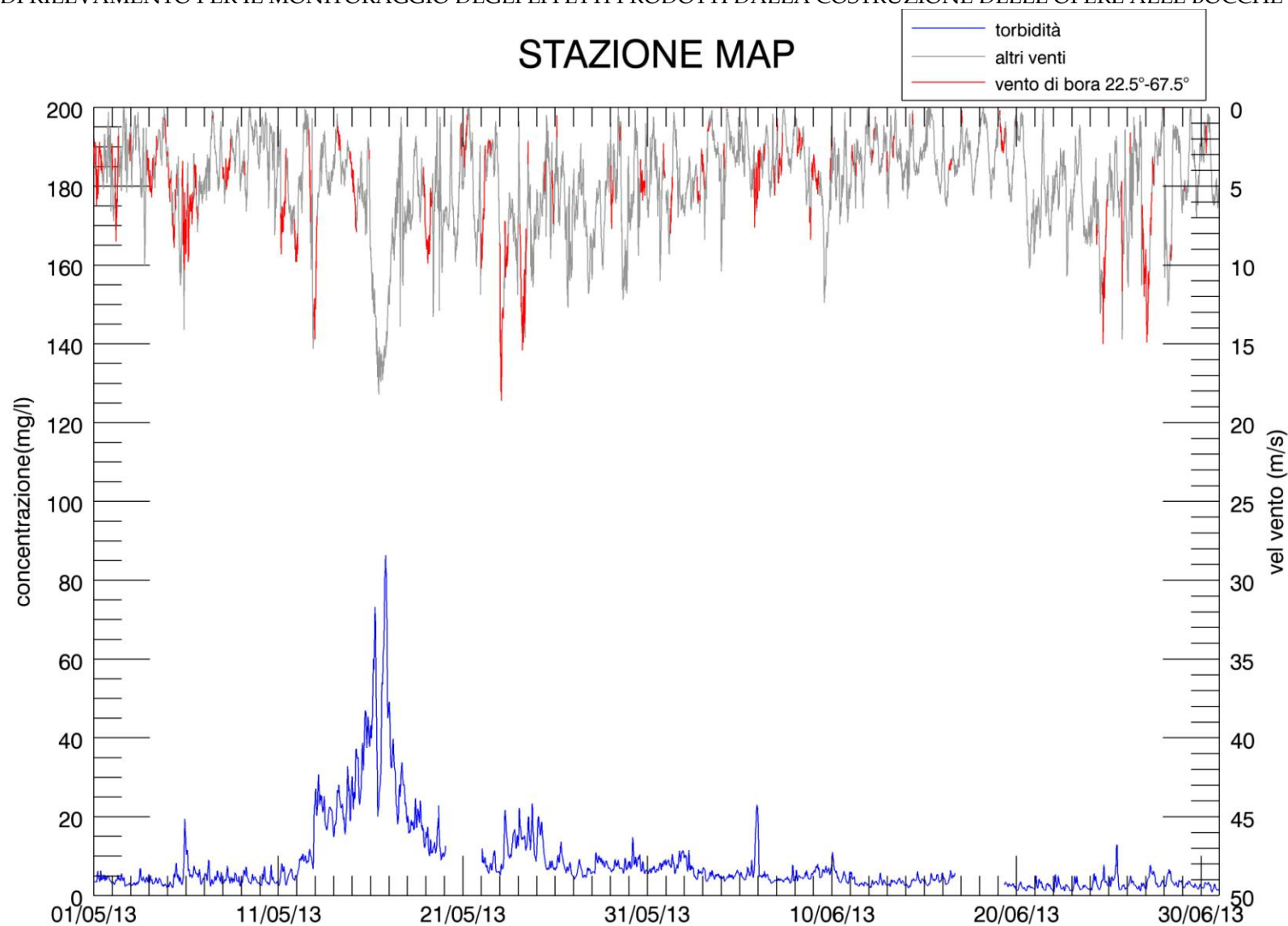


(b)

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 luglio-agosto 2013.

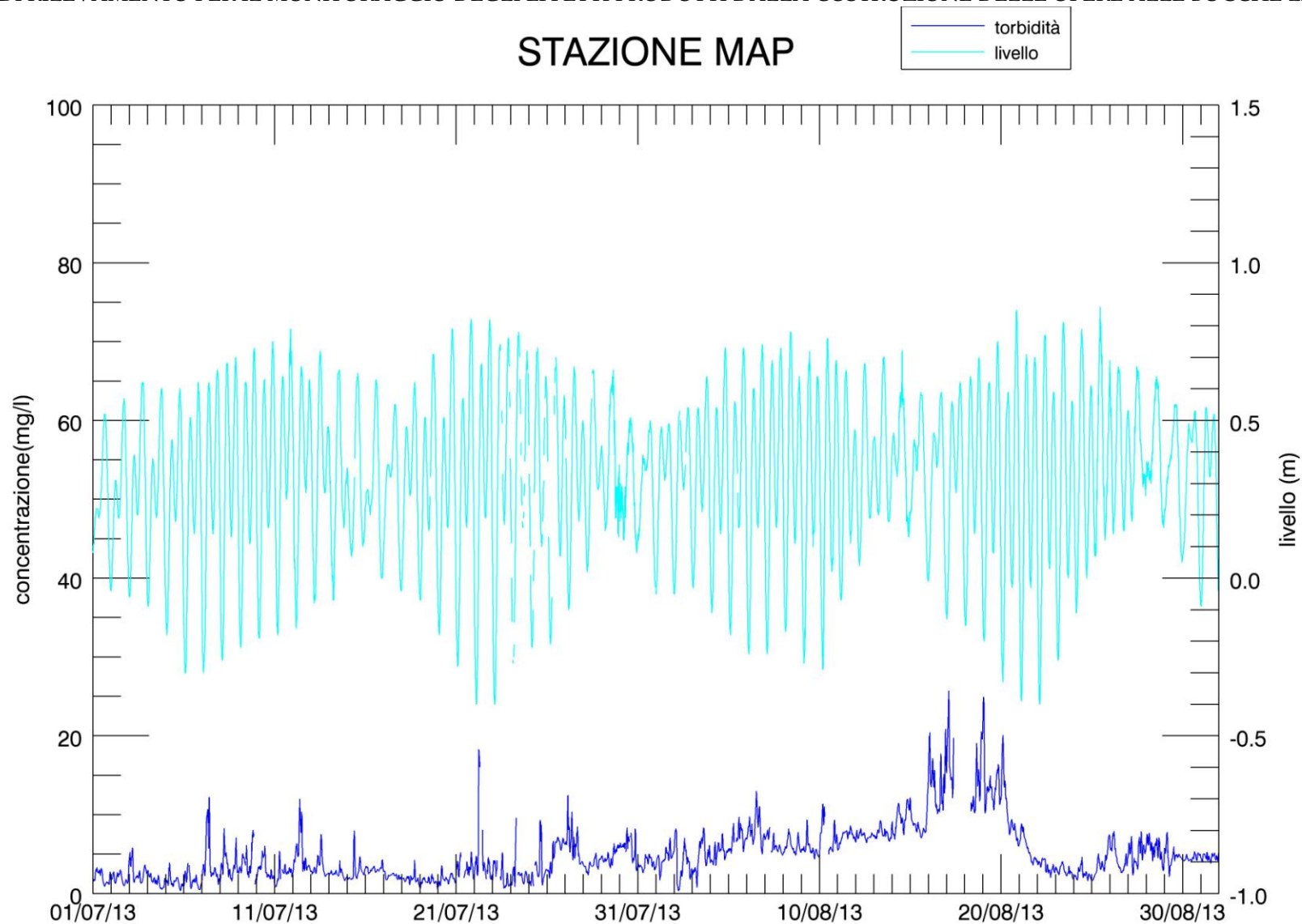


(a)

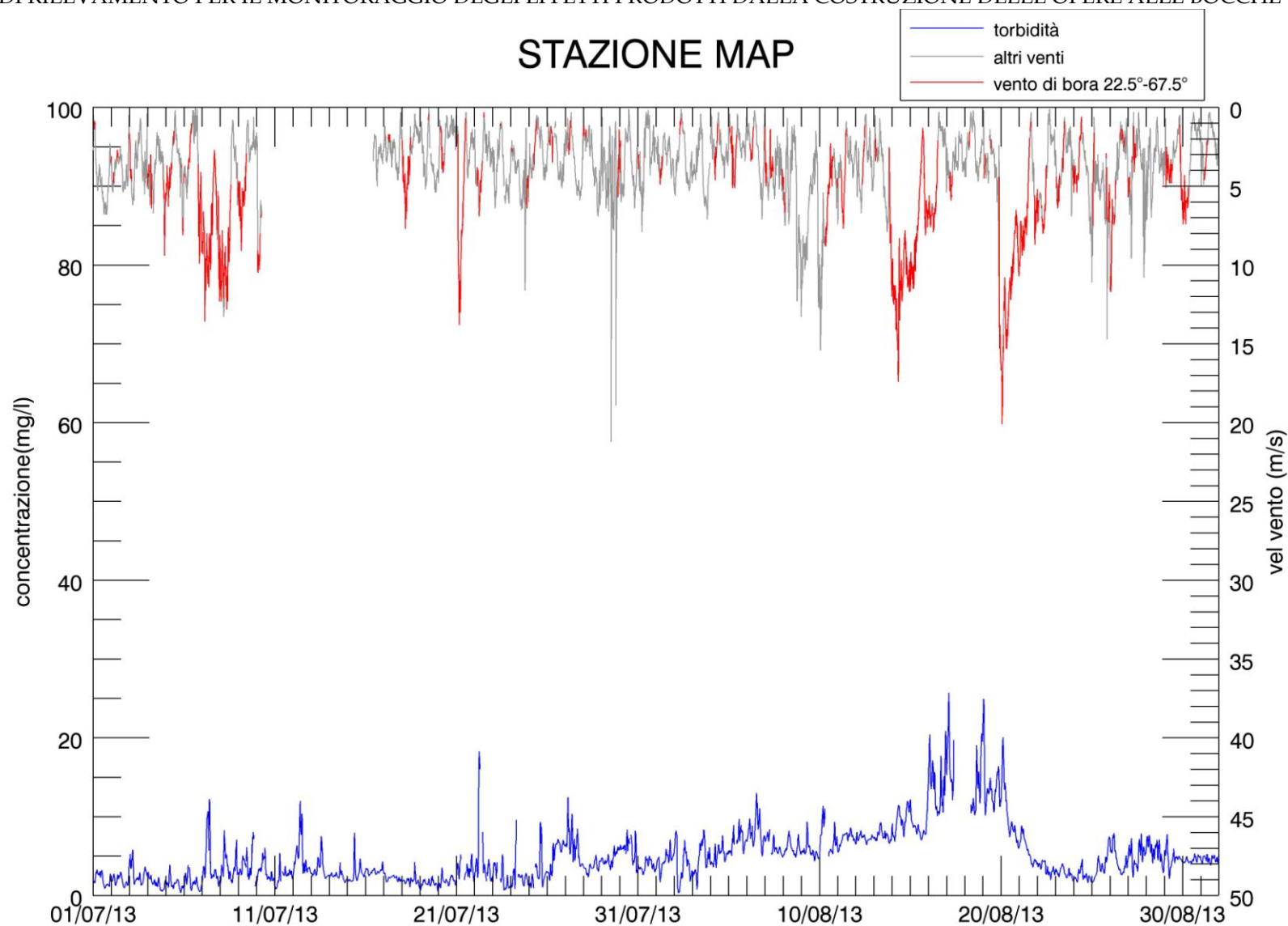


(b)

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 maggio-giugno 2013.

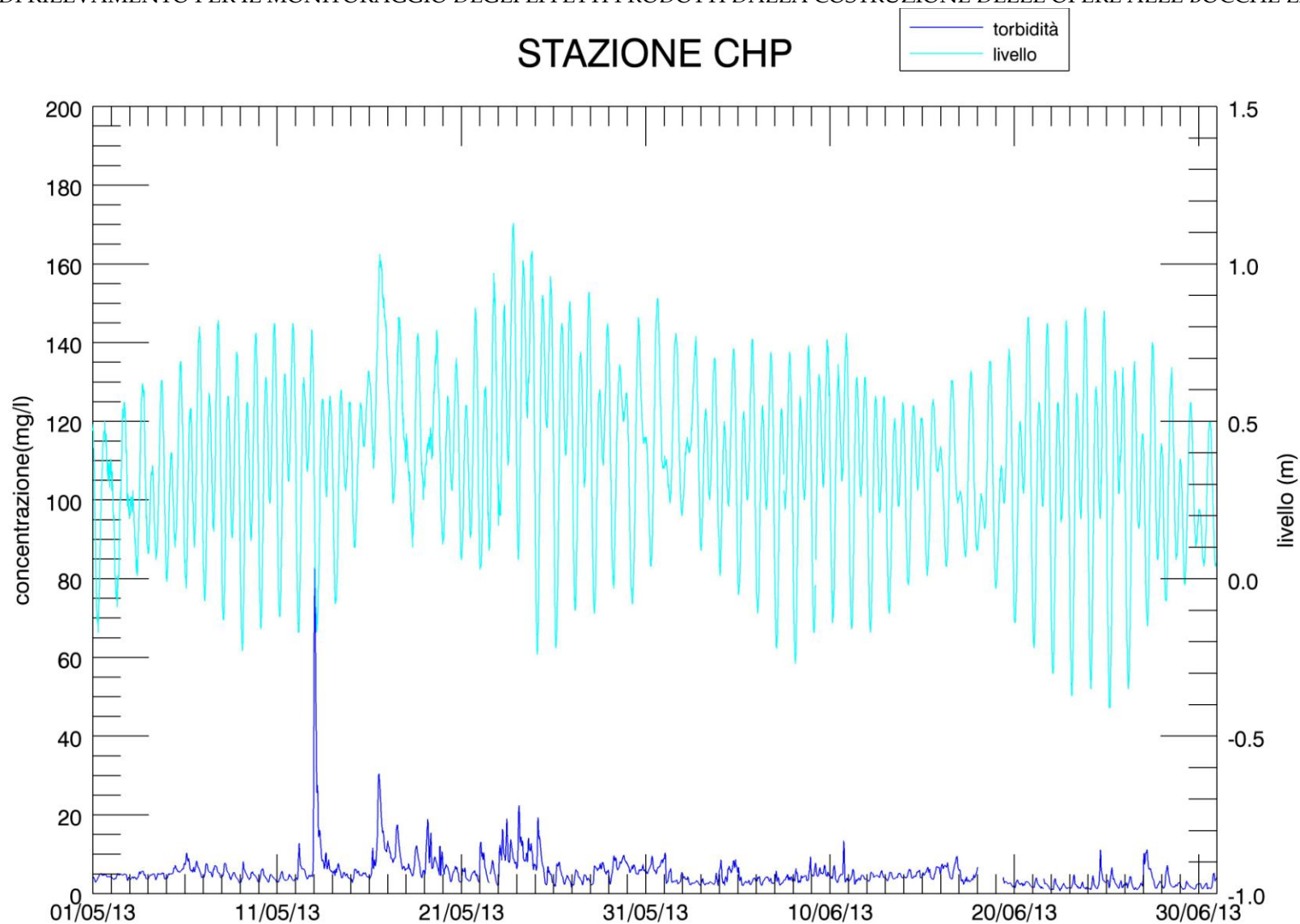


(a)

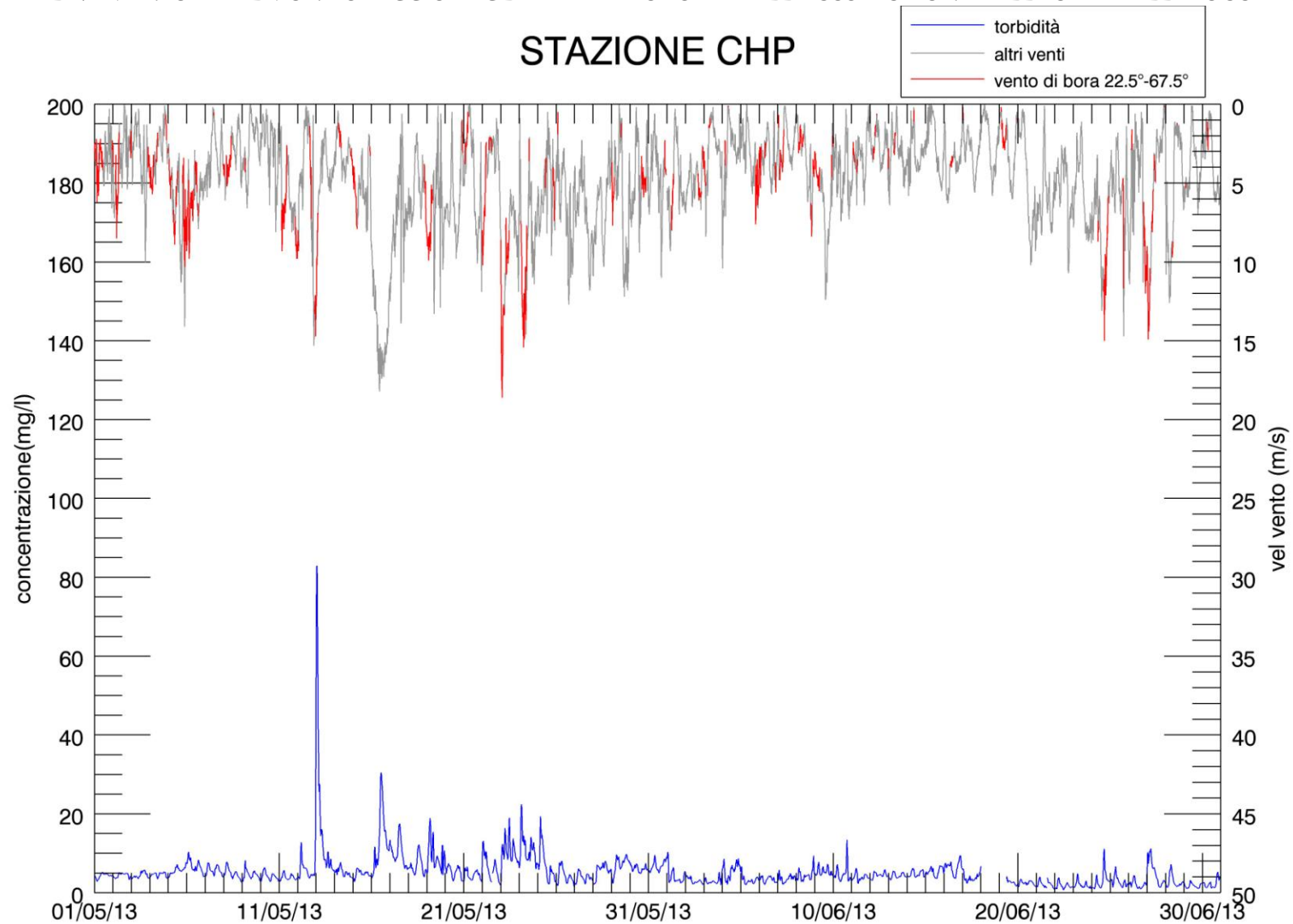


(b)

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 luglio-agosto 2013.

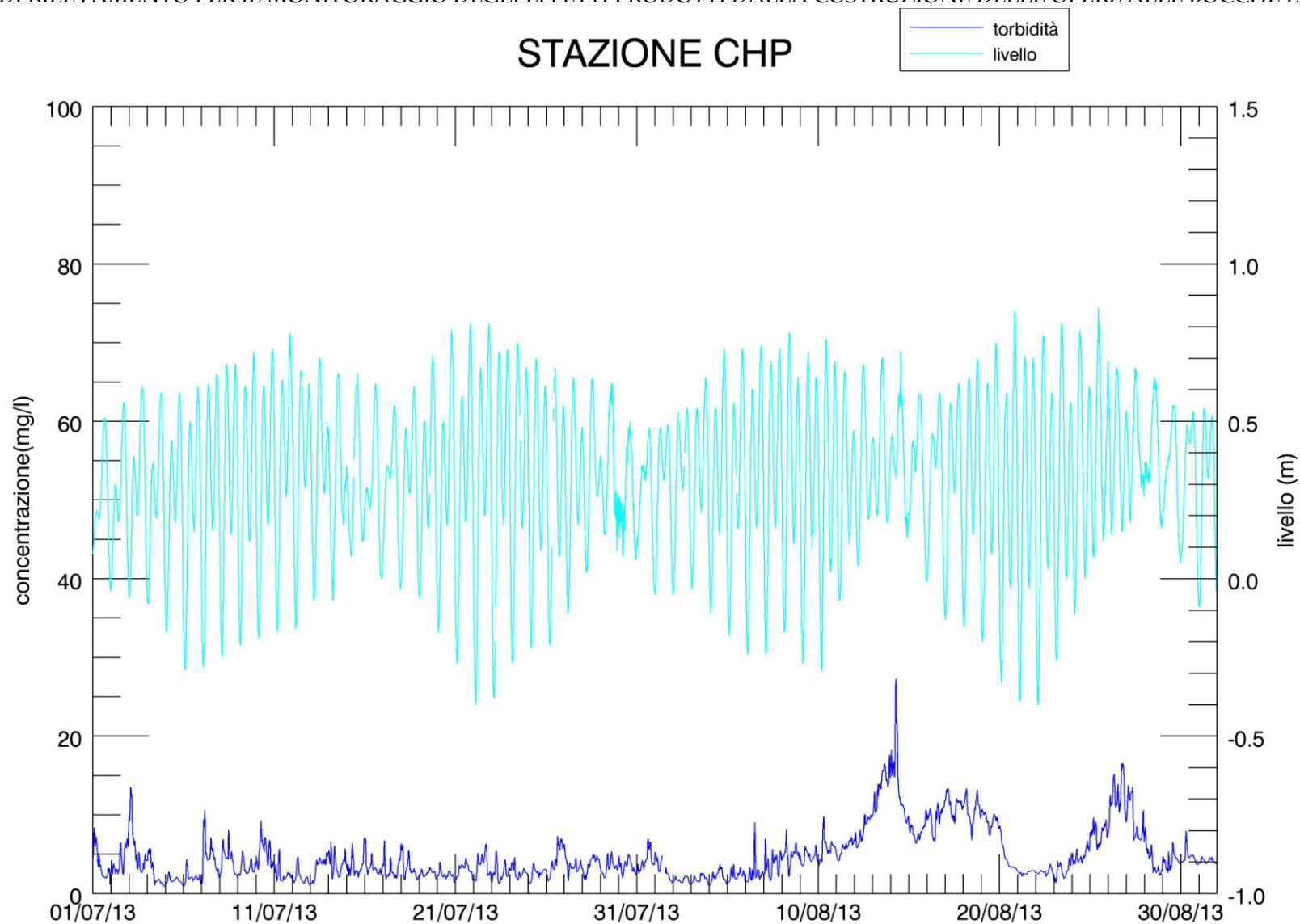


(a)

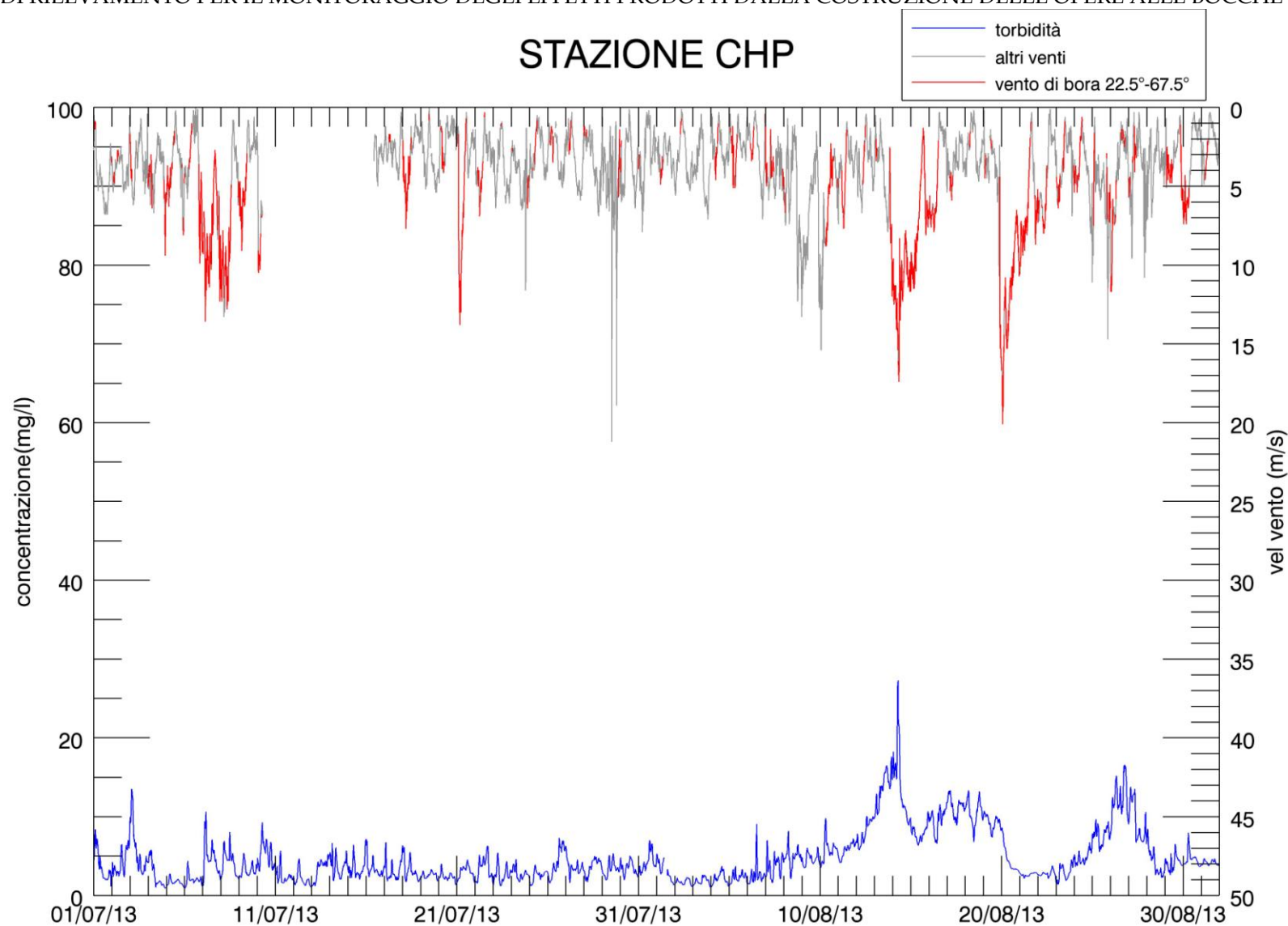


(b)

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 maggio-giugno 2013.

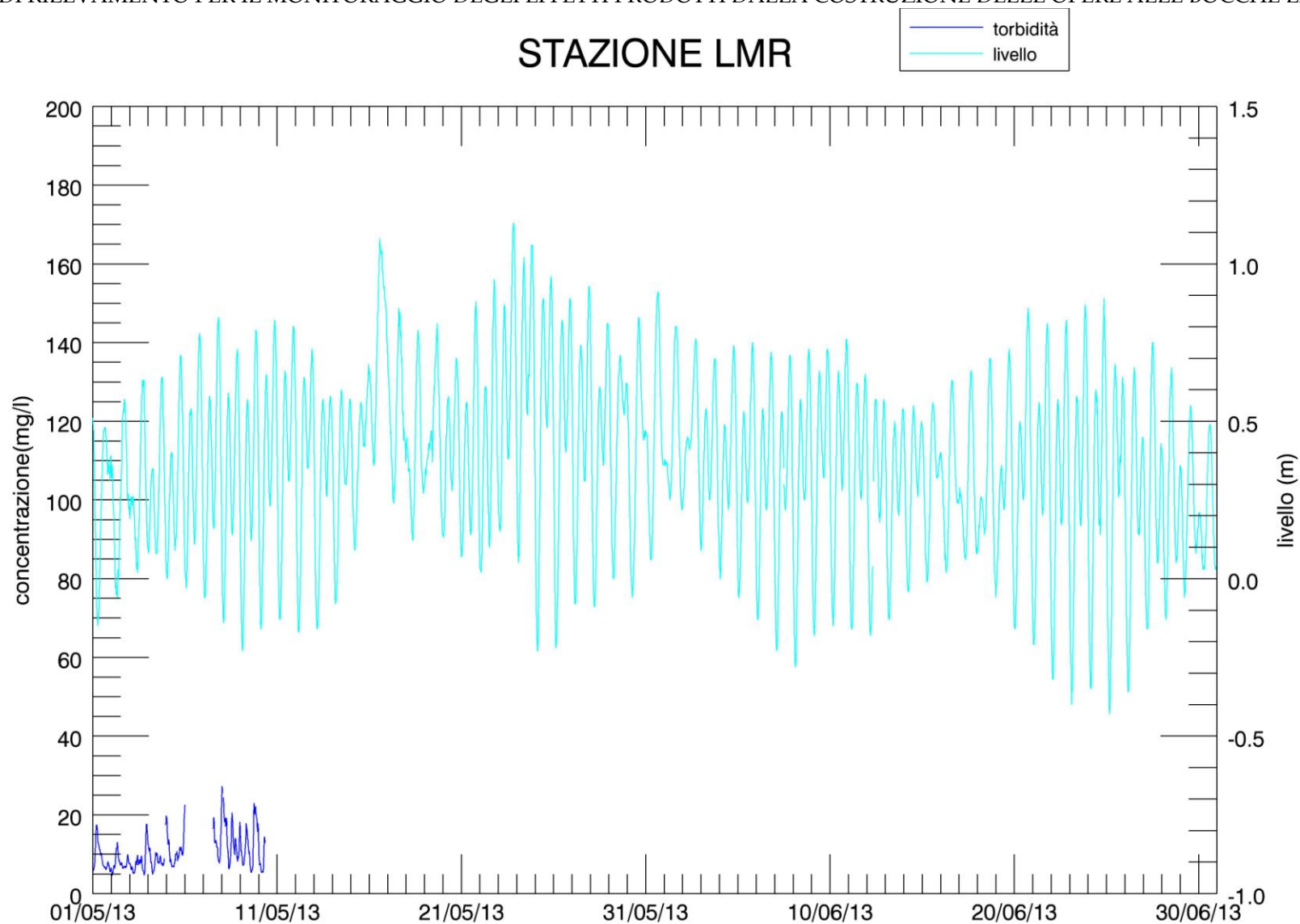


(a)

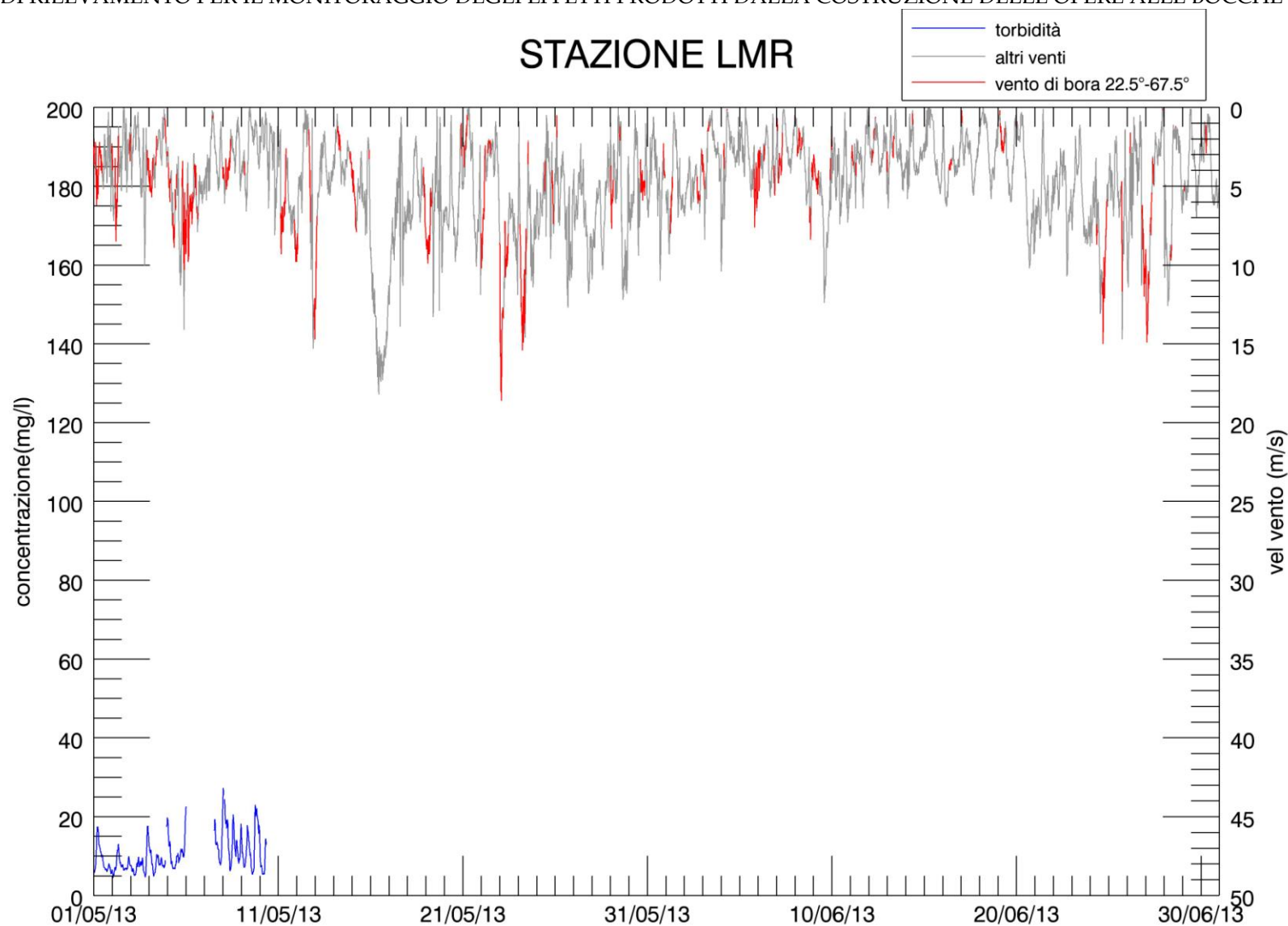


(b)

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 luglio-agosto 2013.

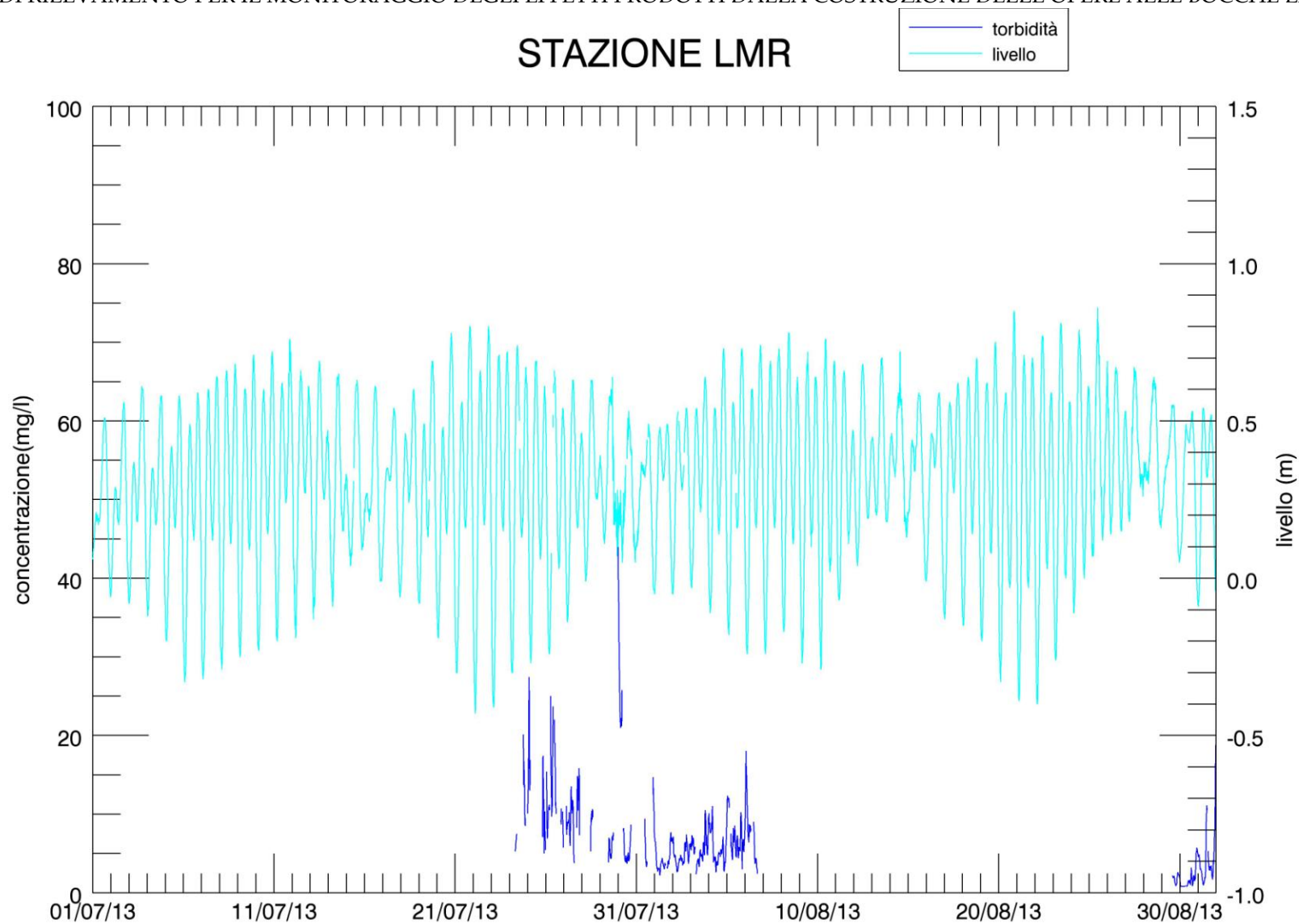


(a)

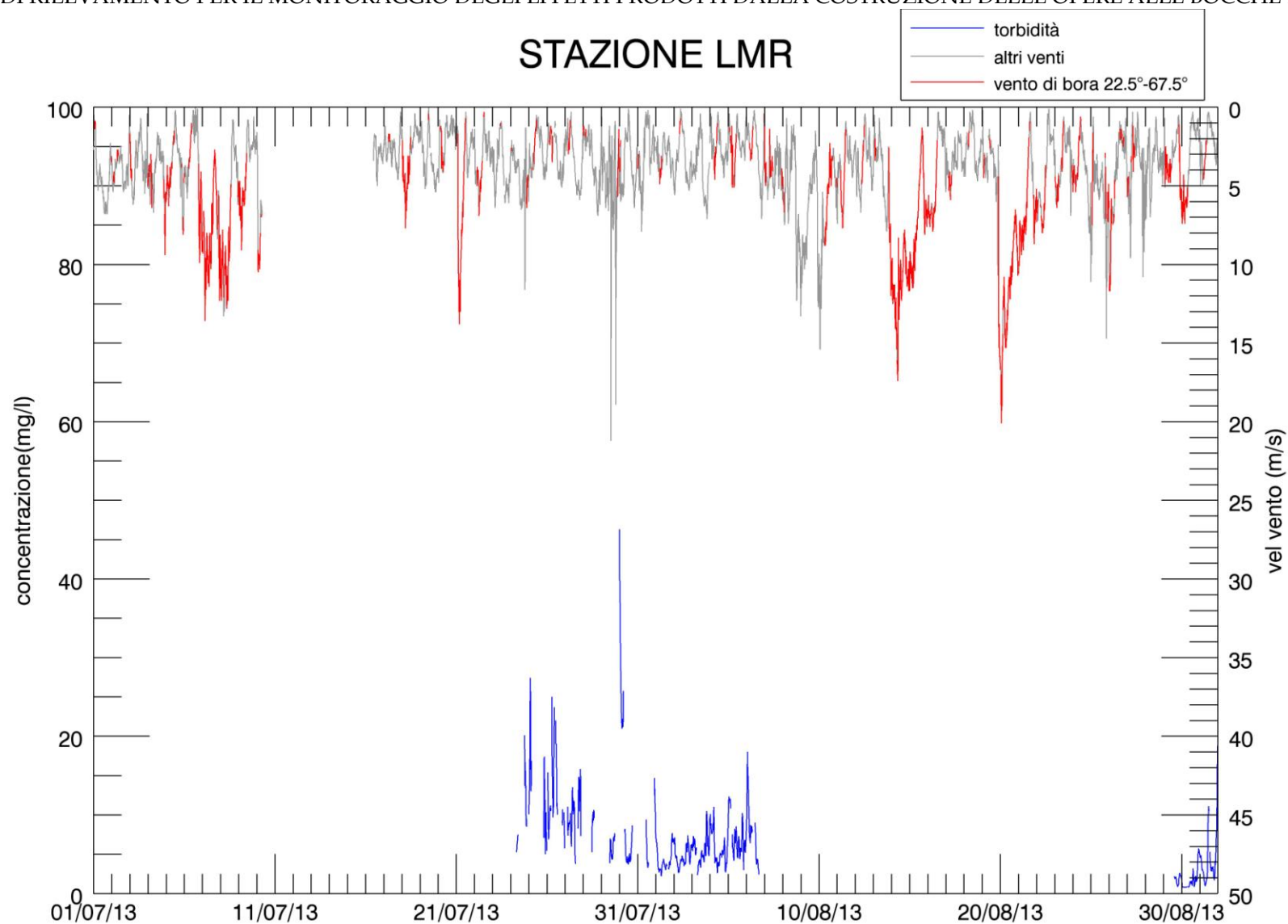


(b)

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 maggio-giugno 2013.

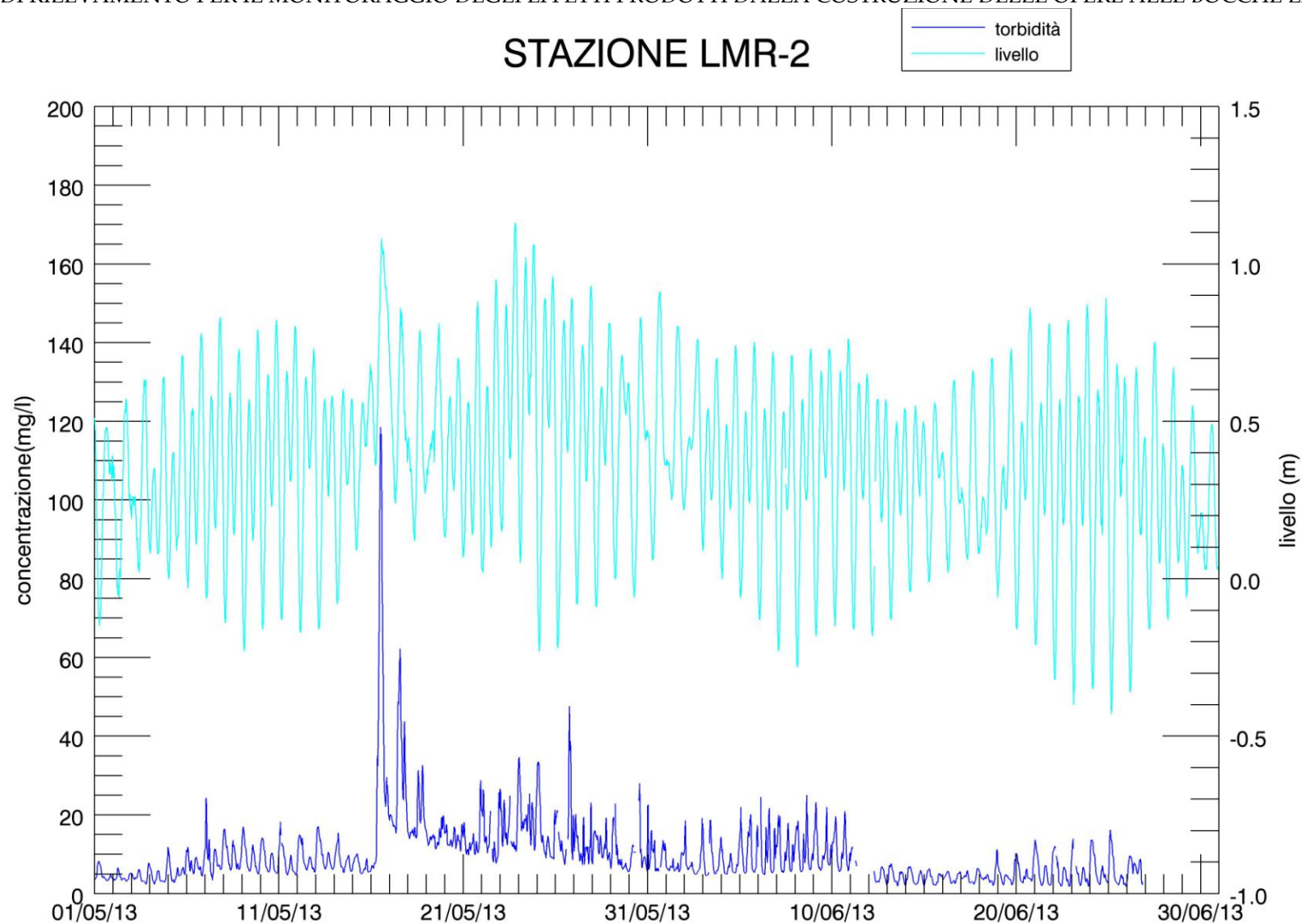


(a)

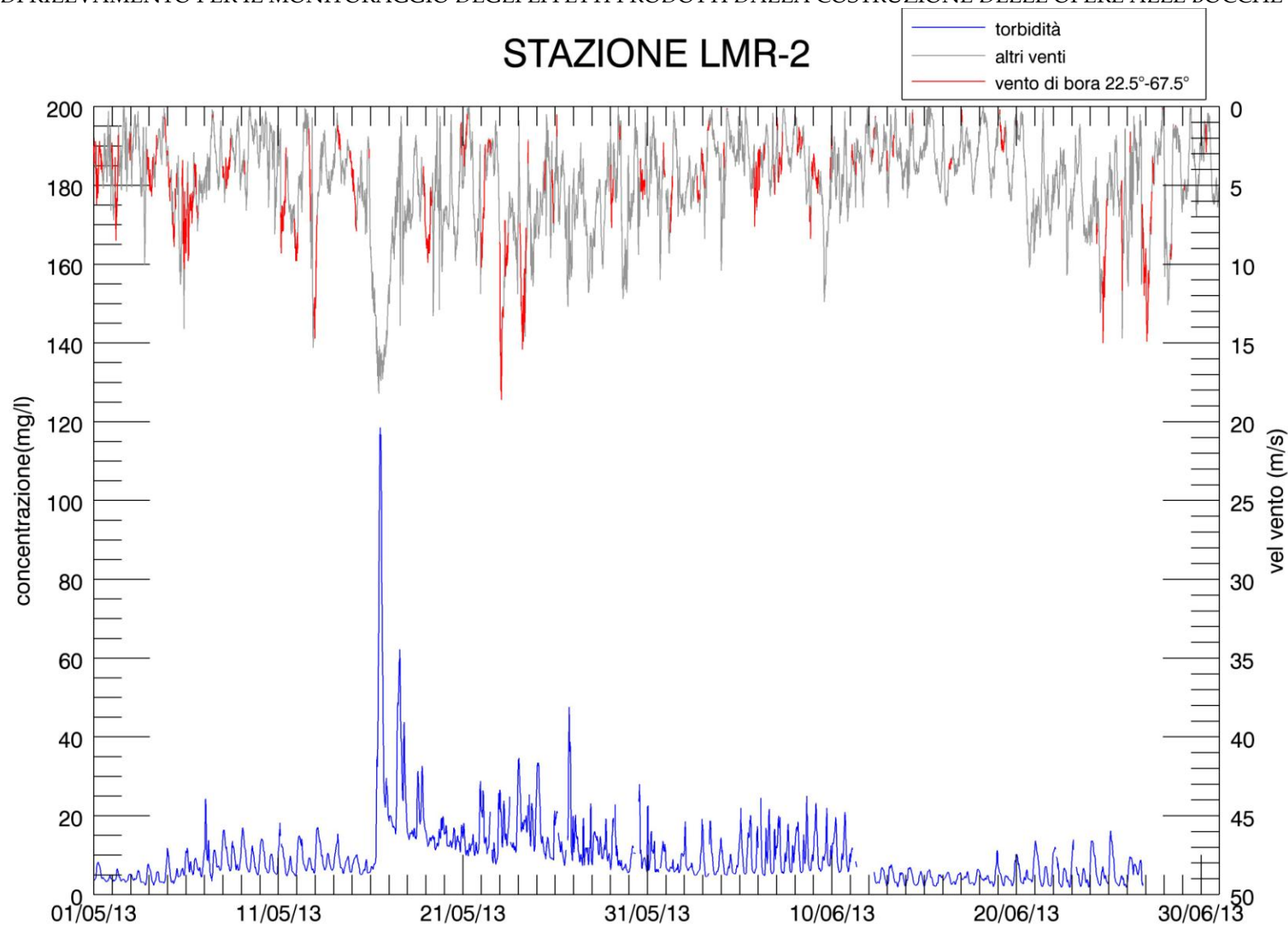


(b)

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 luglio-agosto 2013.

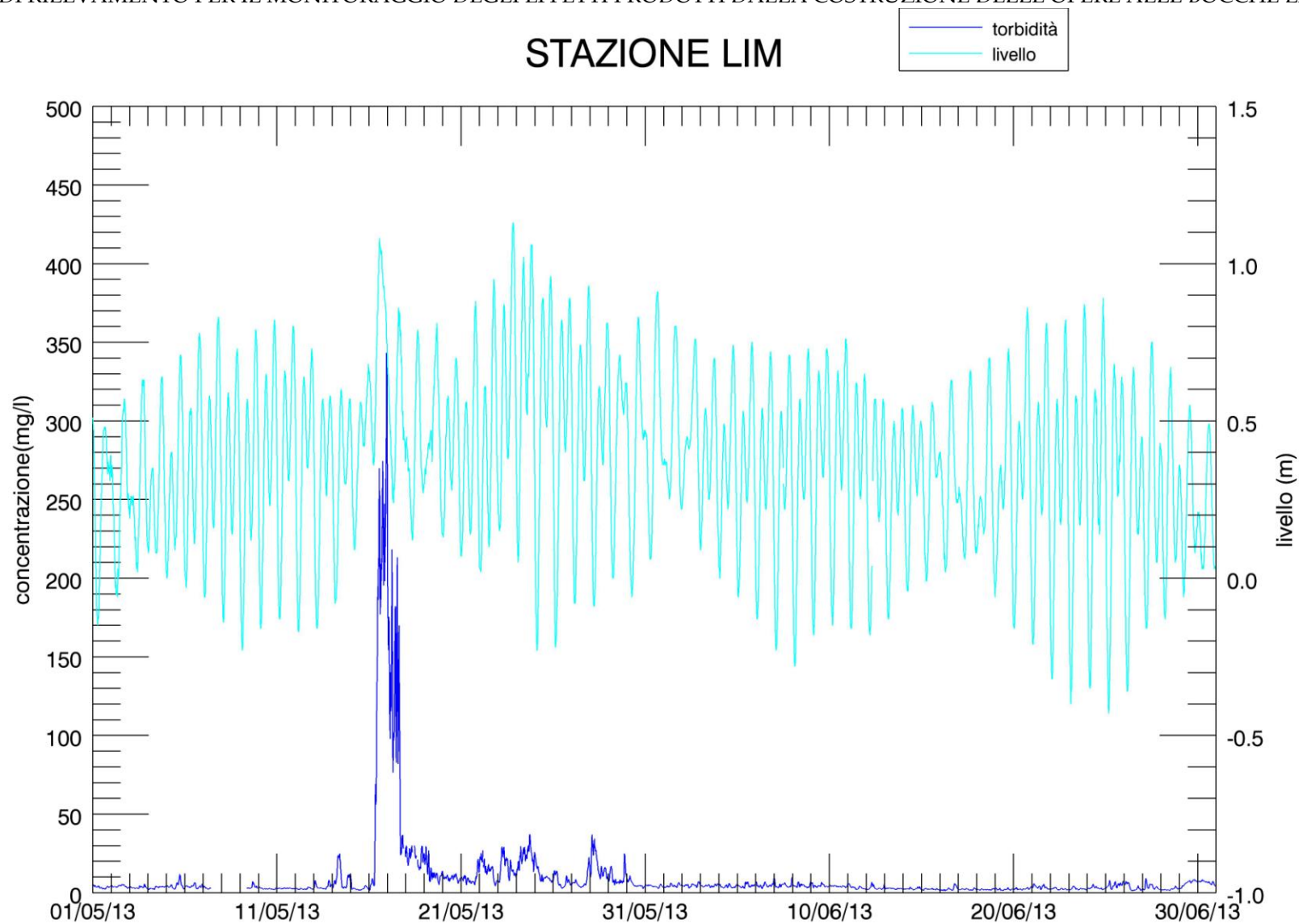


(a)

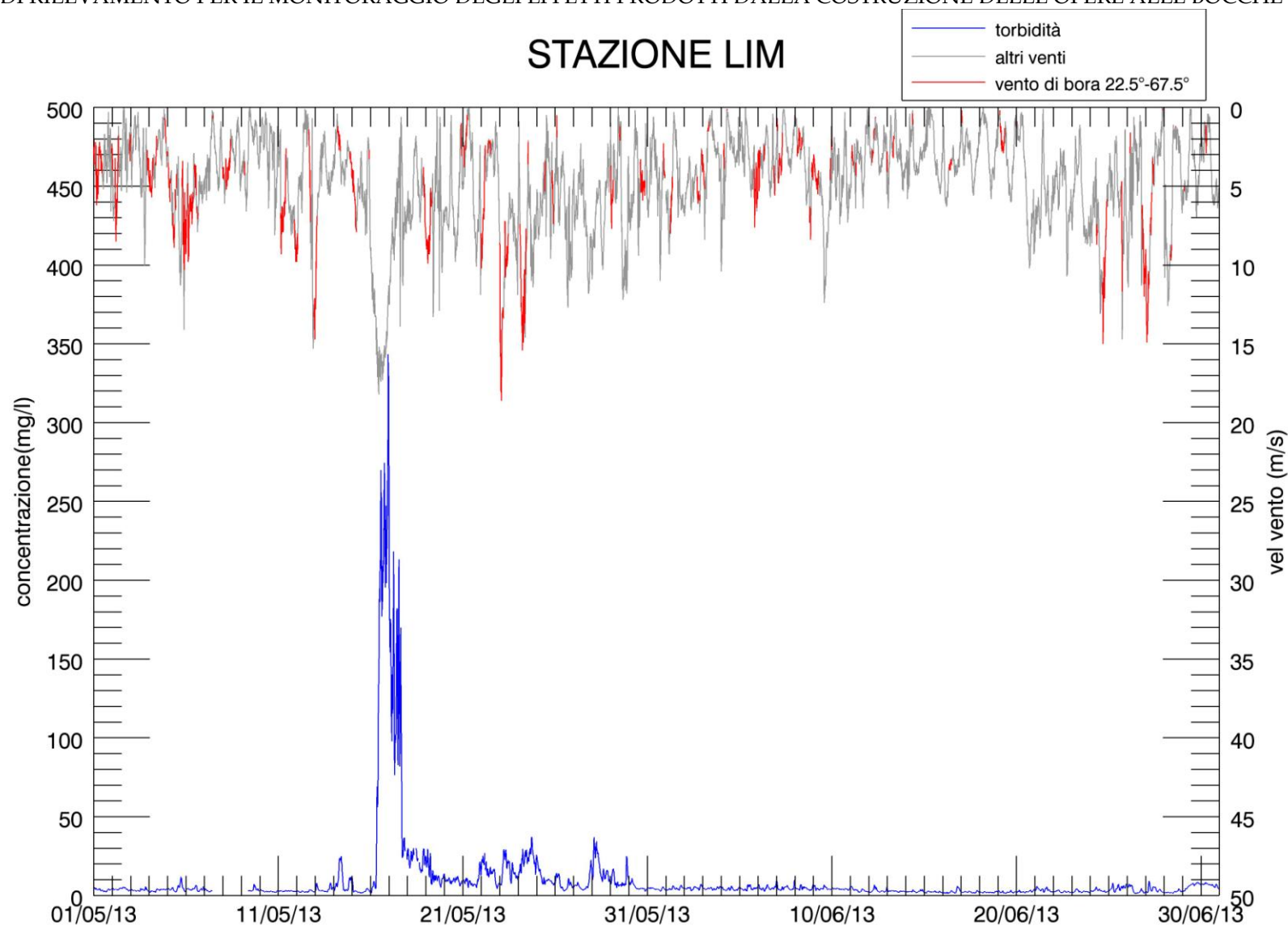


(b)

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 maggio-giugno 2013.

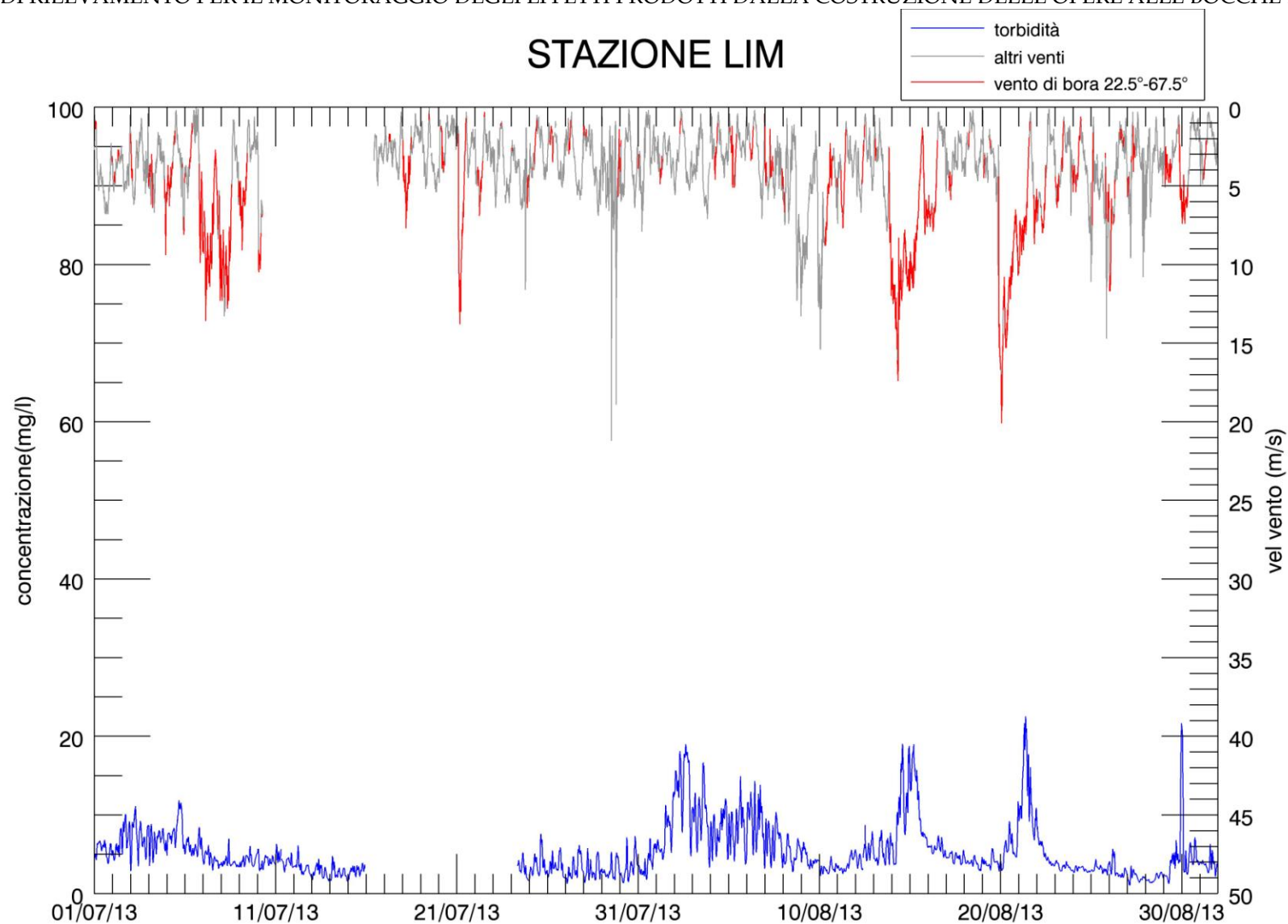


(a)

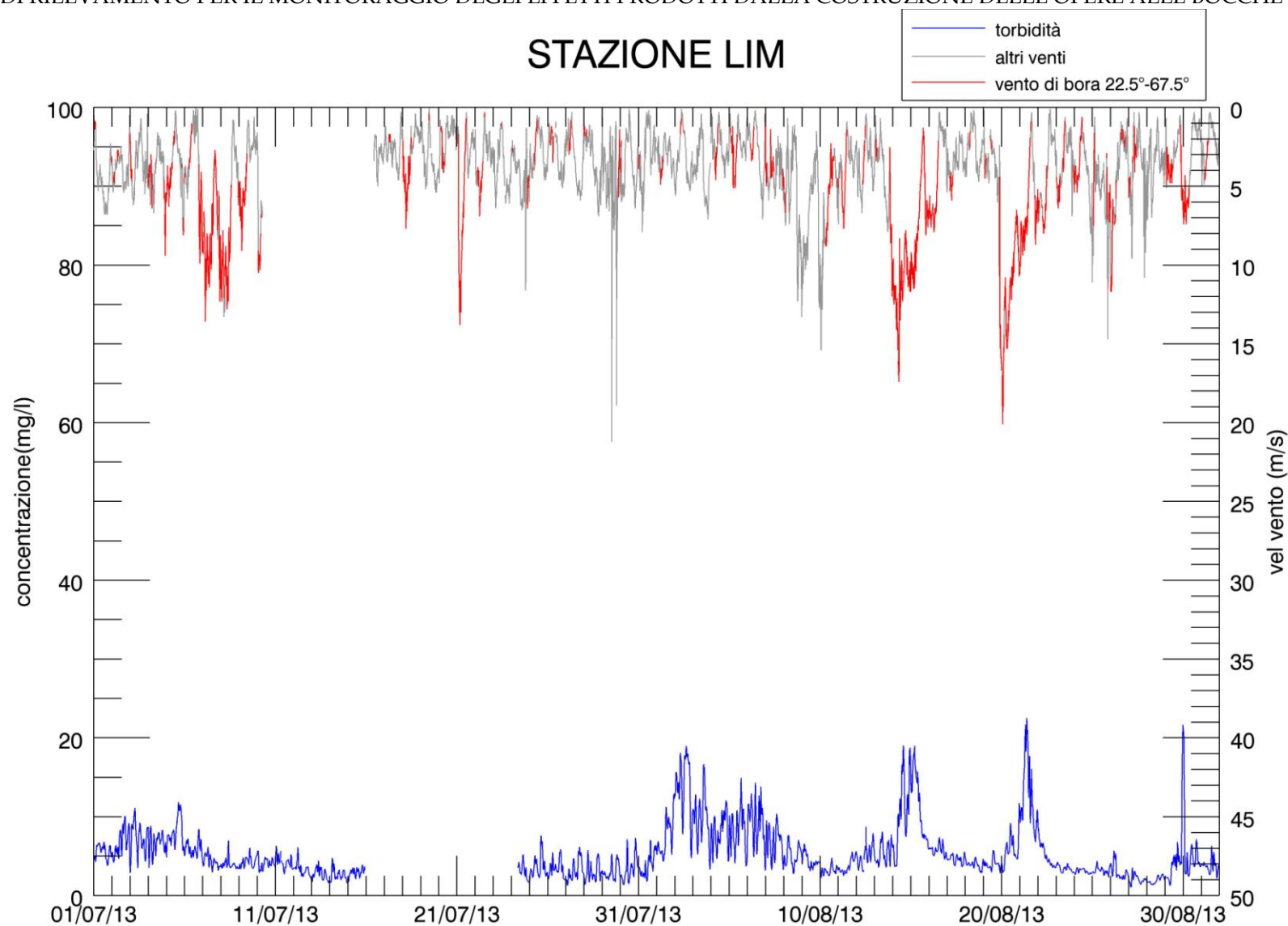


(b)

Figura 3.12. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LIM nel periodo maggio-giugno 2013.

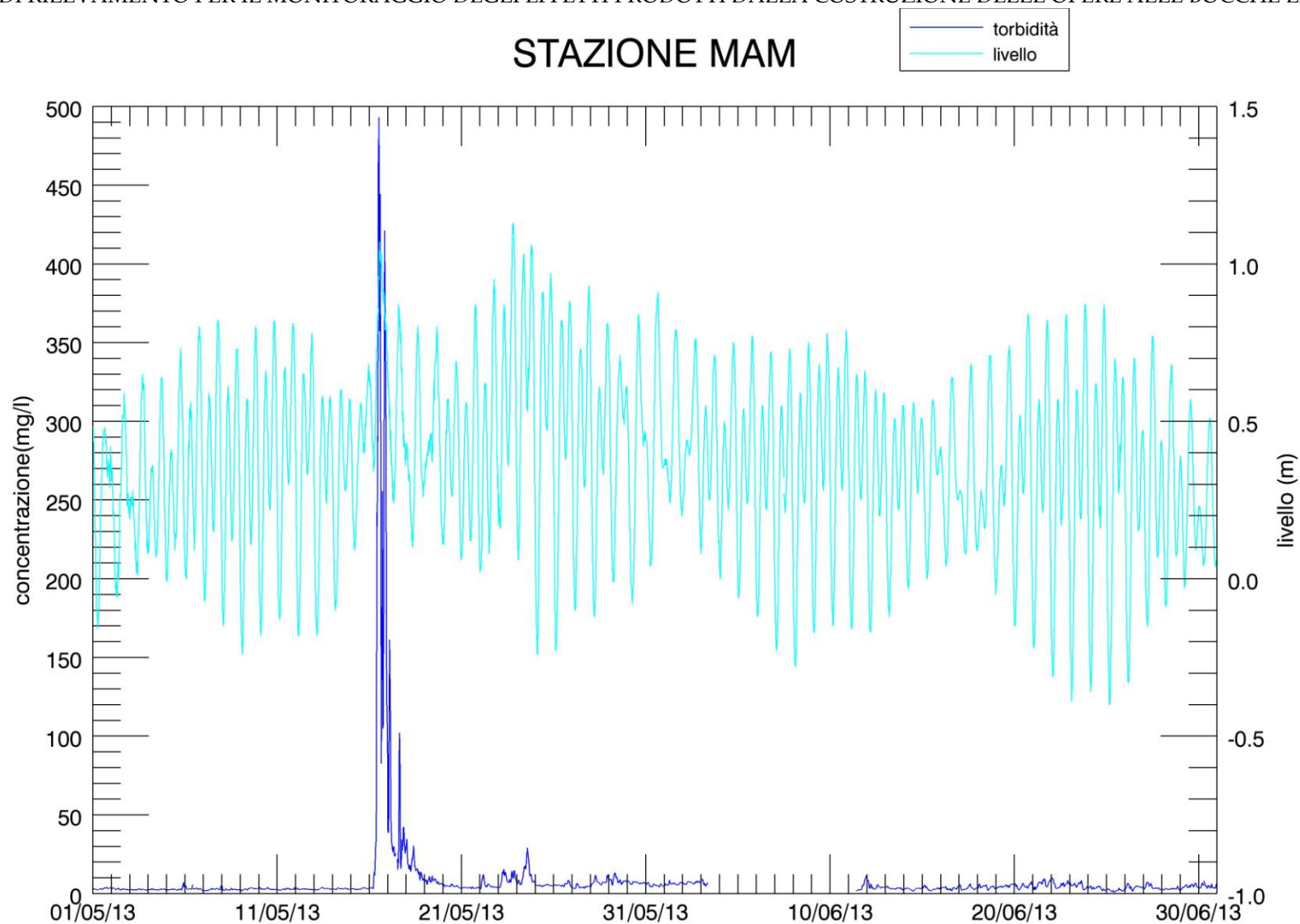


(a)

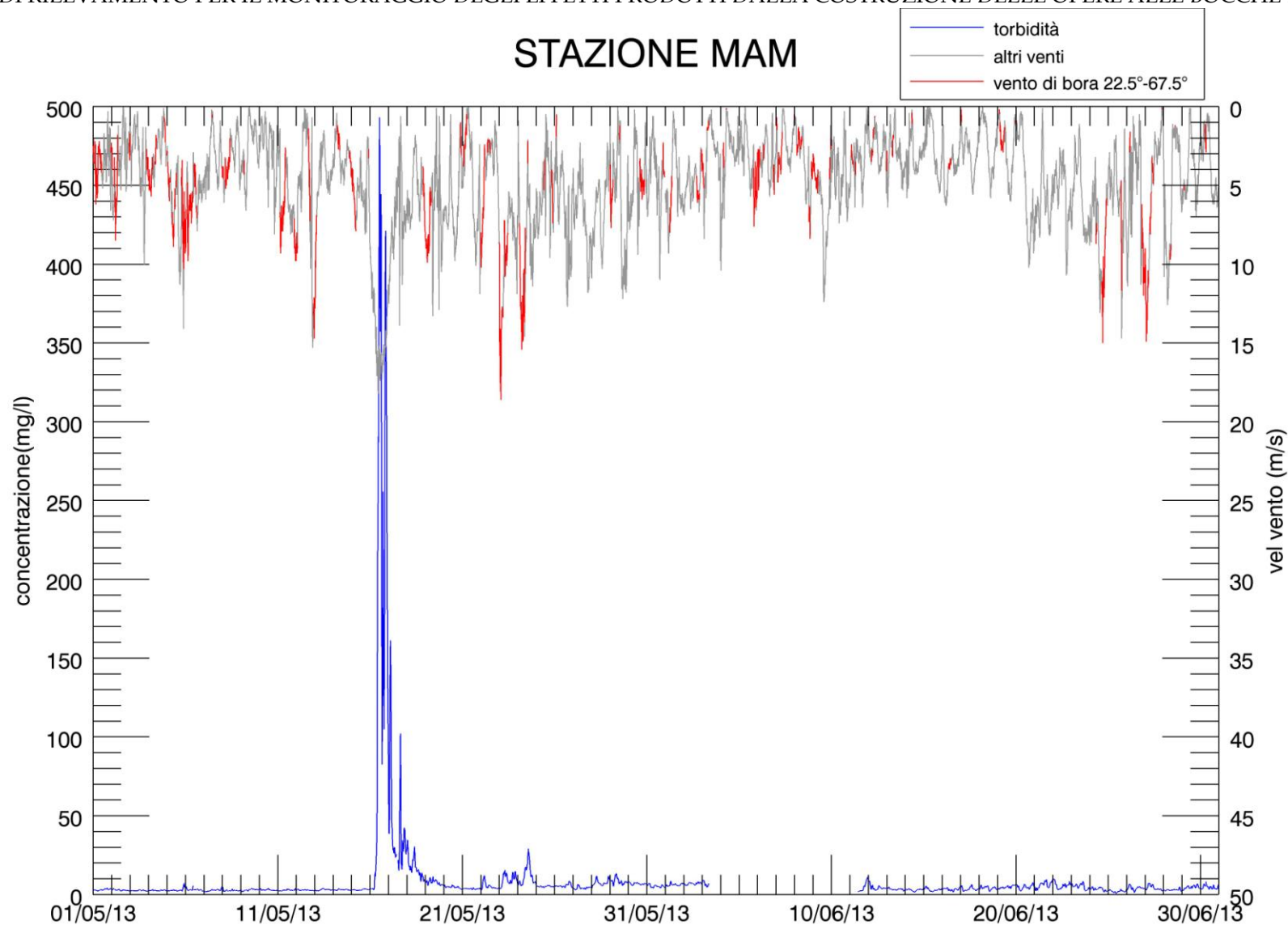


(b)

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 luglio-agosto 2013.

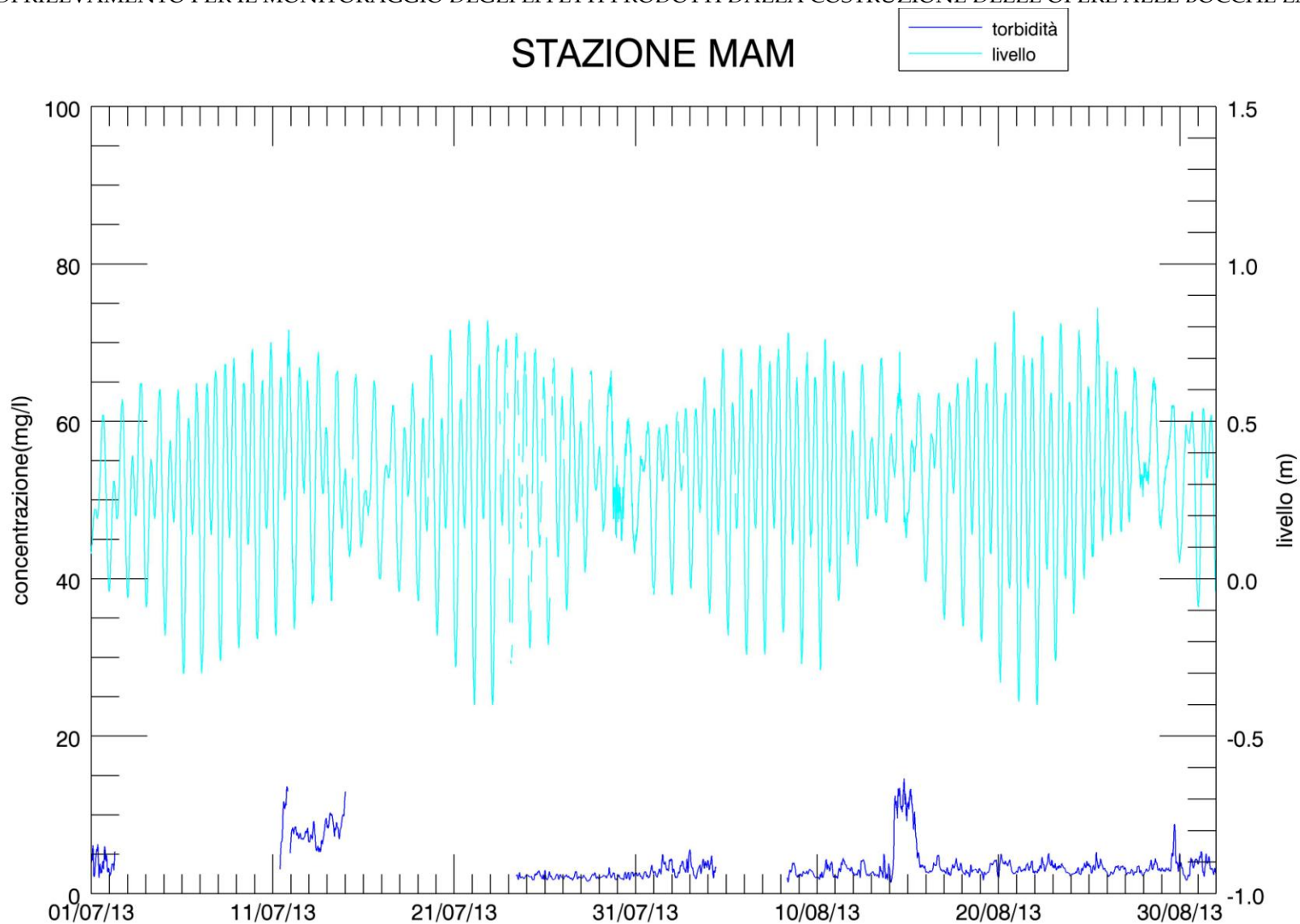


(a)

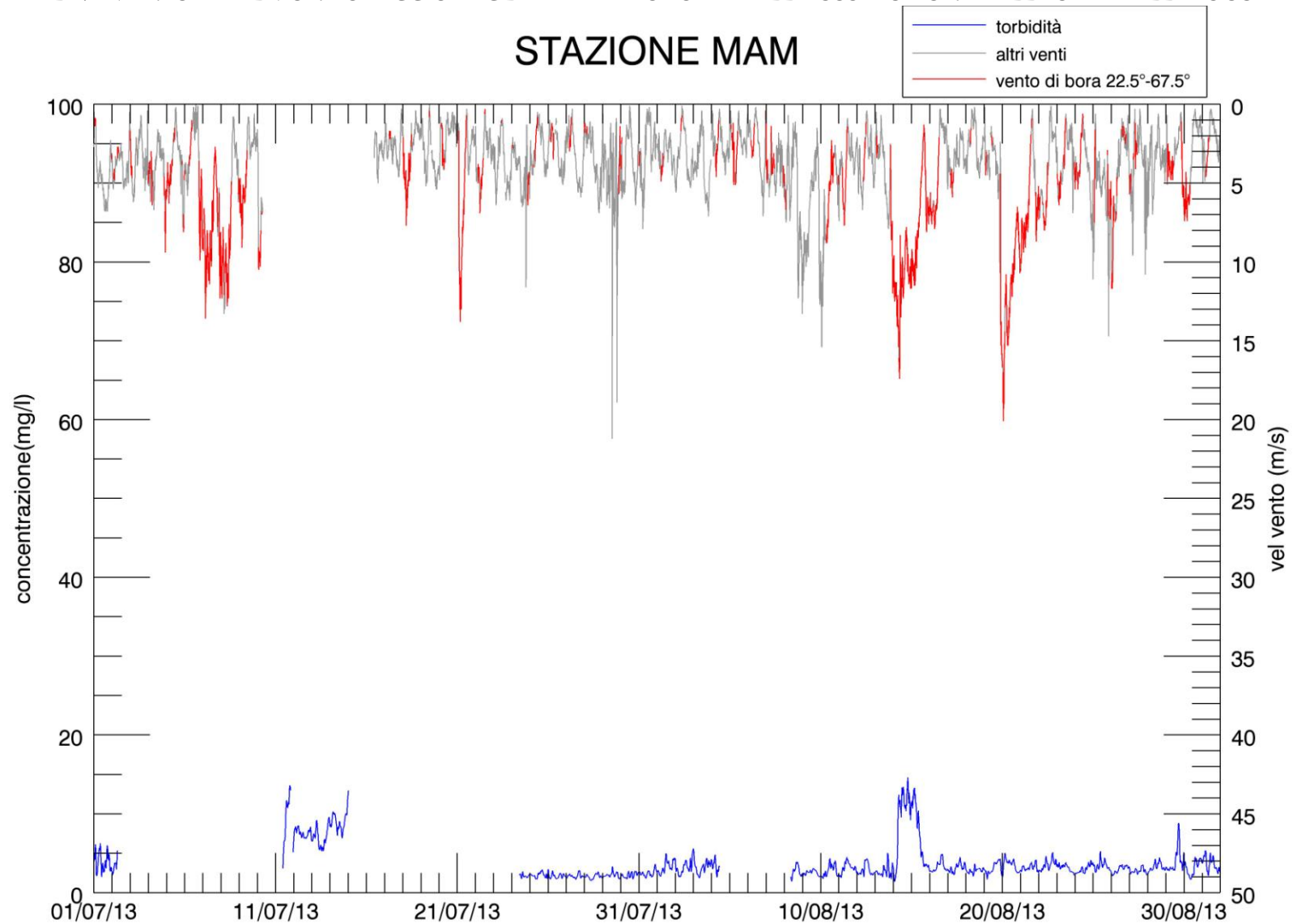


(b)

Figura 3.14. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAM nel periodo maggio-giugno 2013.

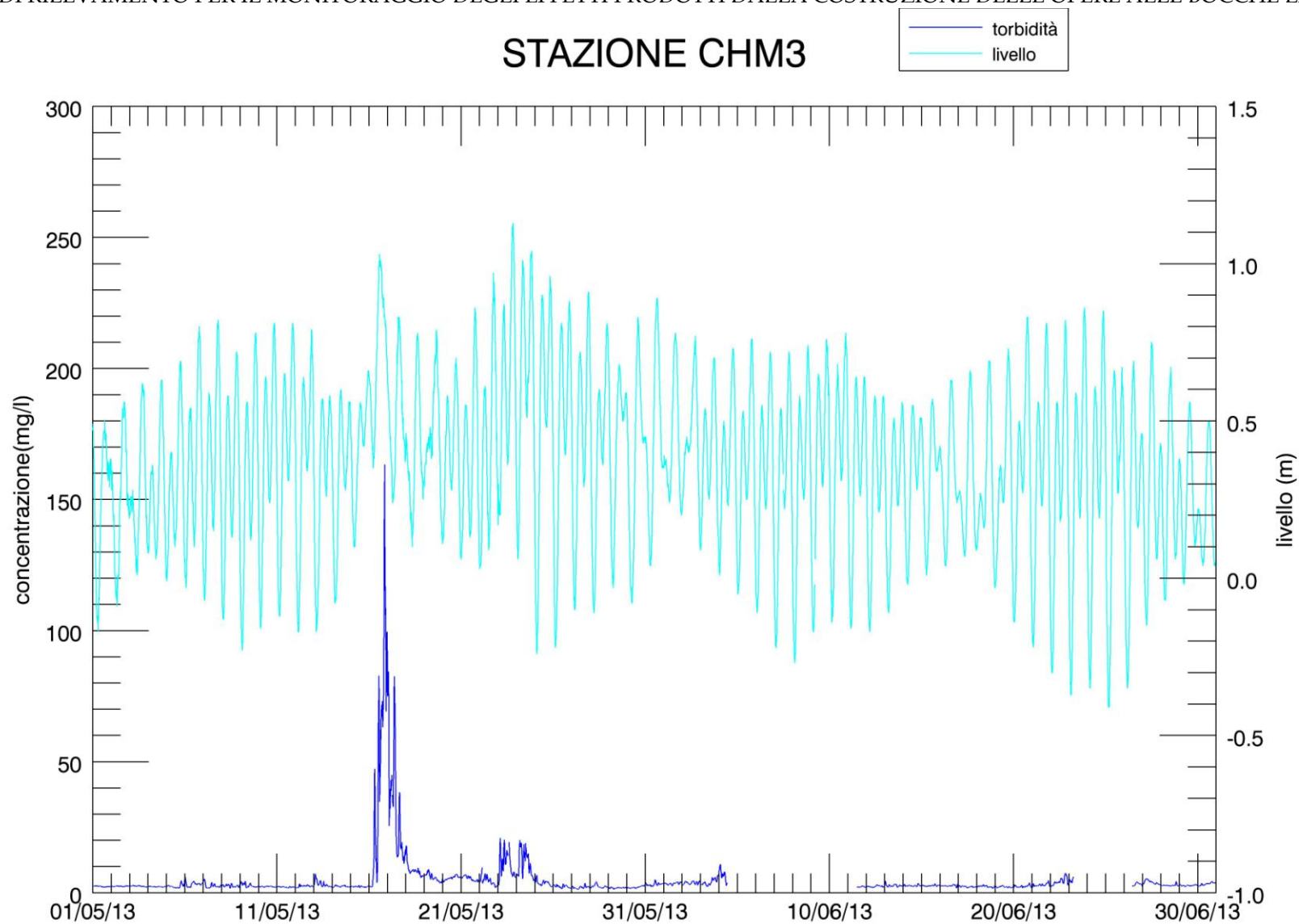


(a)

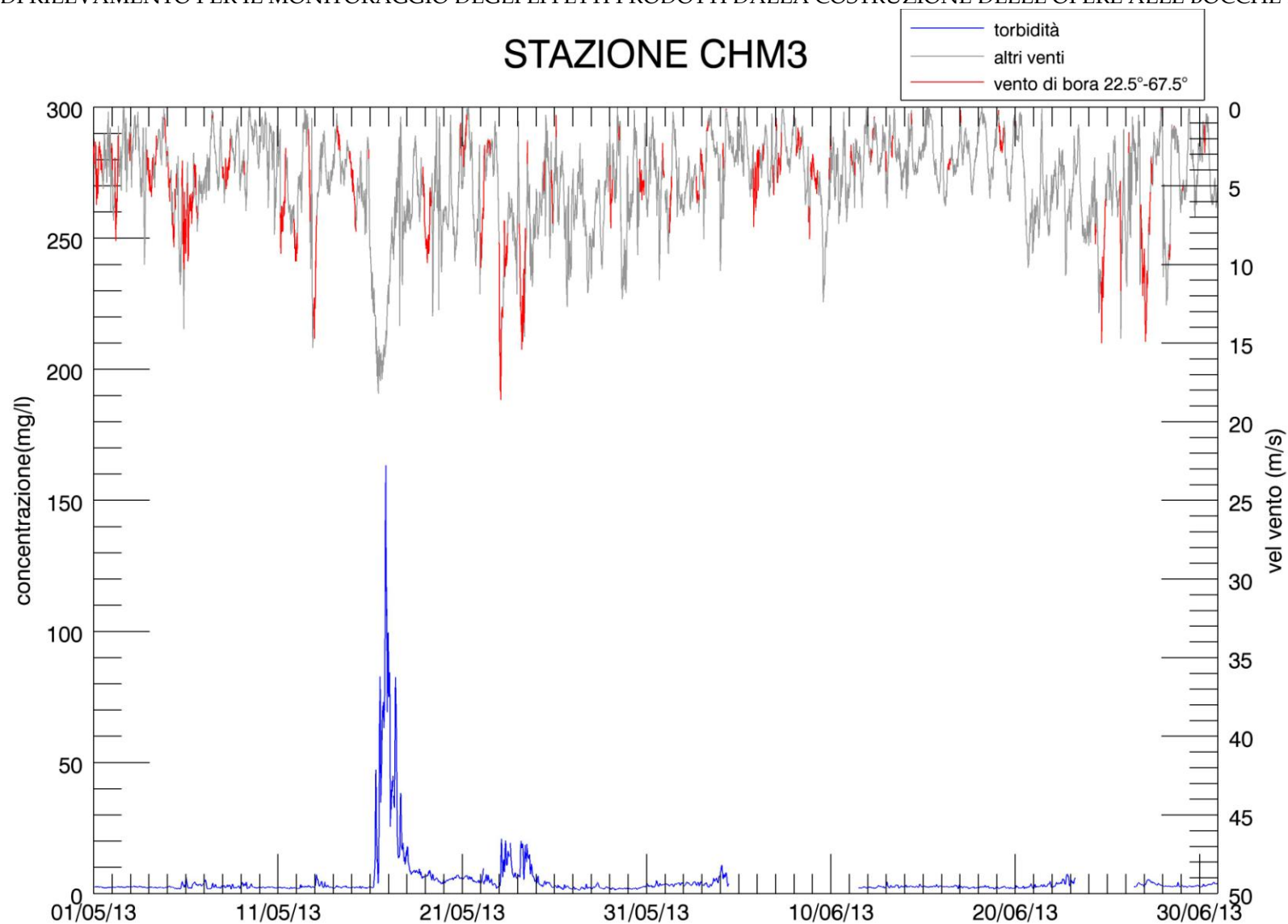


(b)

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 luglio-agosto 2013.

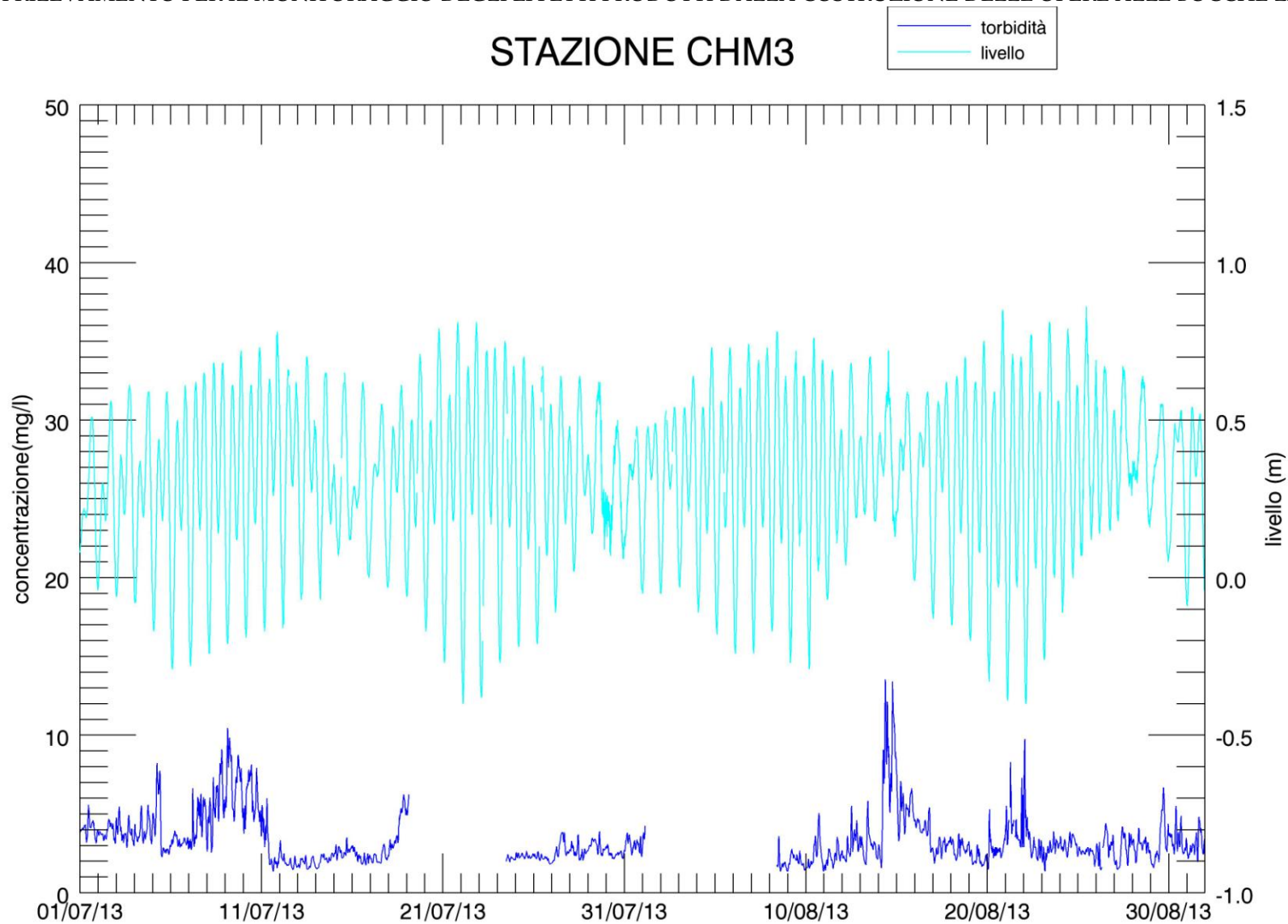


(a)

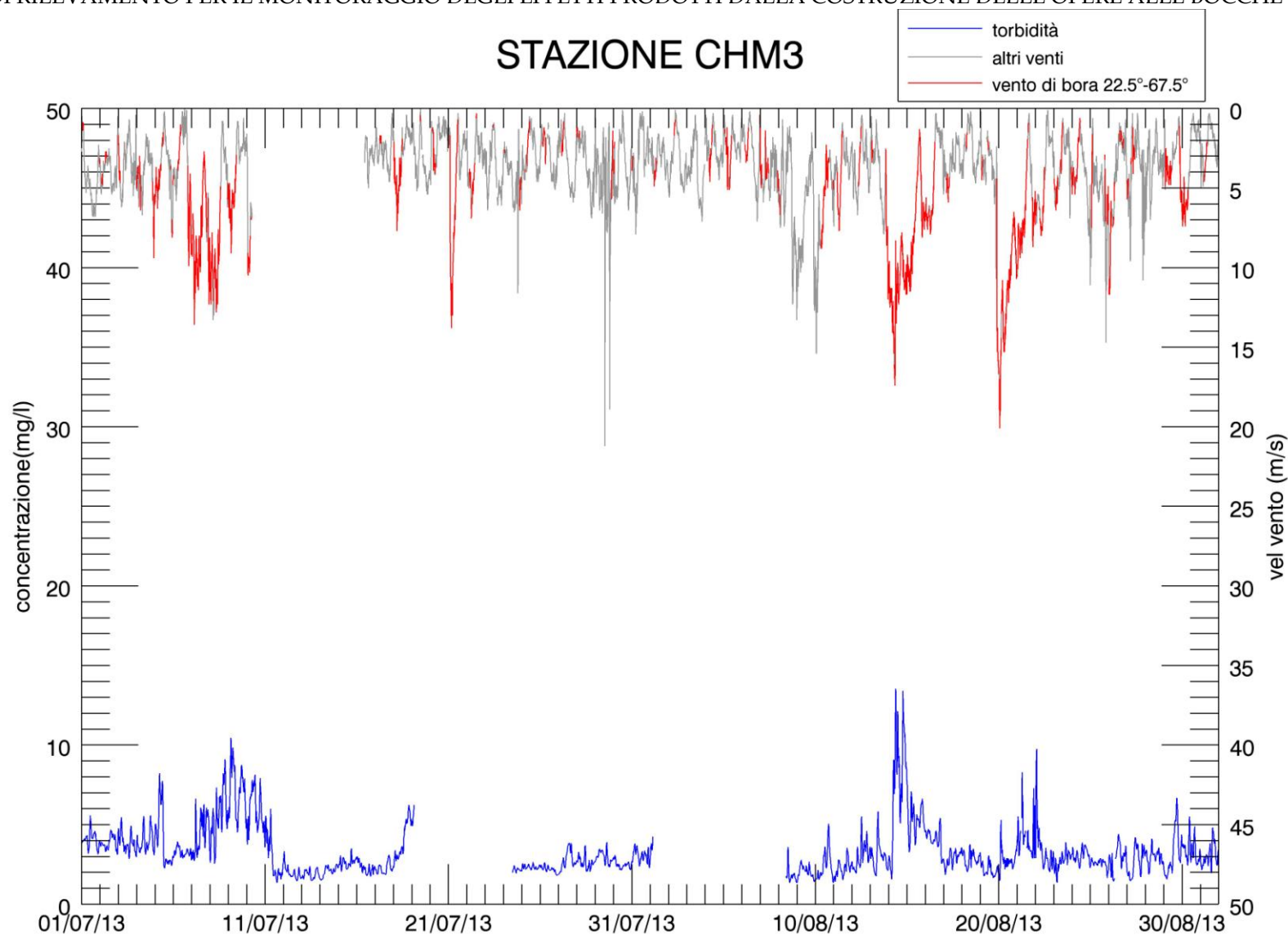


(b)

Figura 3.16. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHM3 nel periodo maggio-giugno 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 luglio-agosto 2013.

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

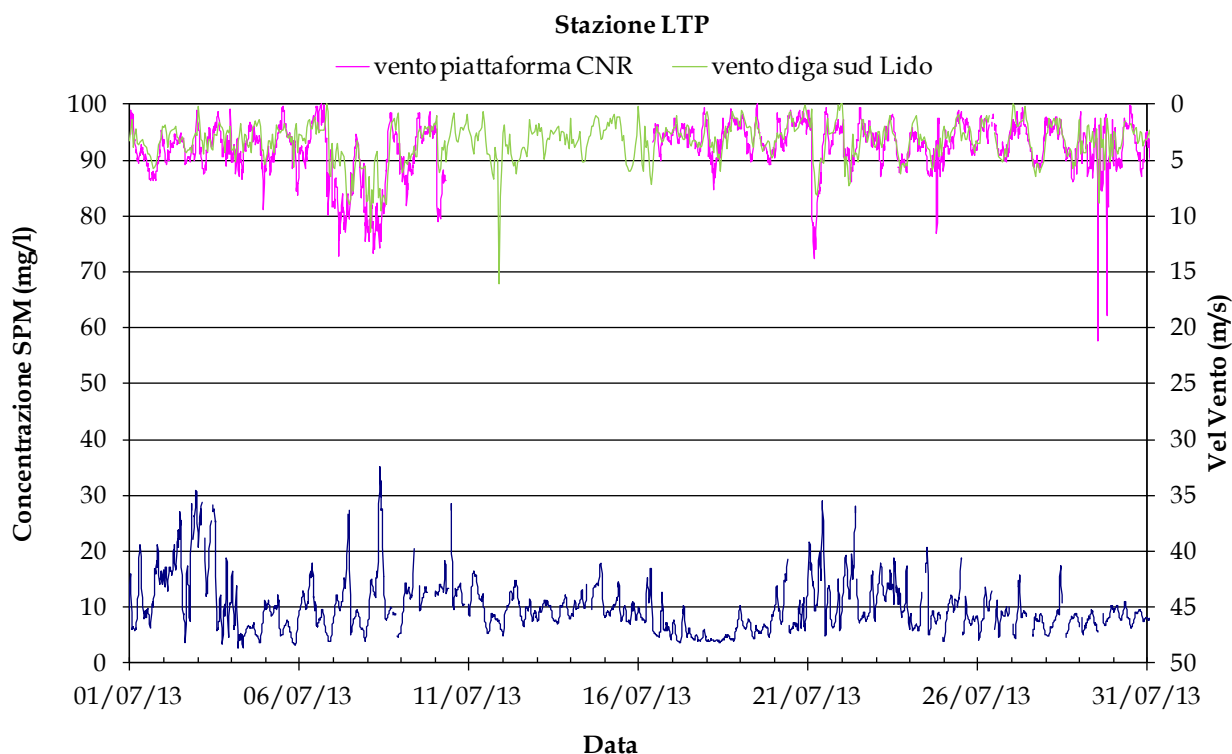


Figura 3.18. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LTP e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di luglio 2013.

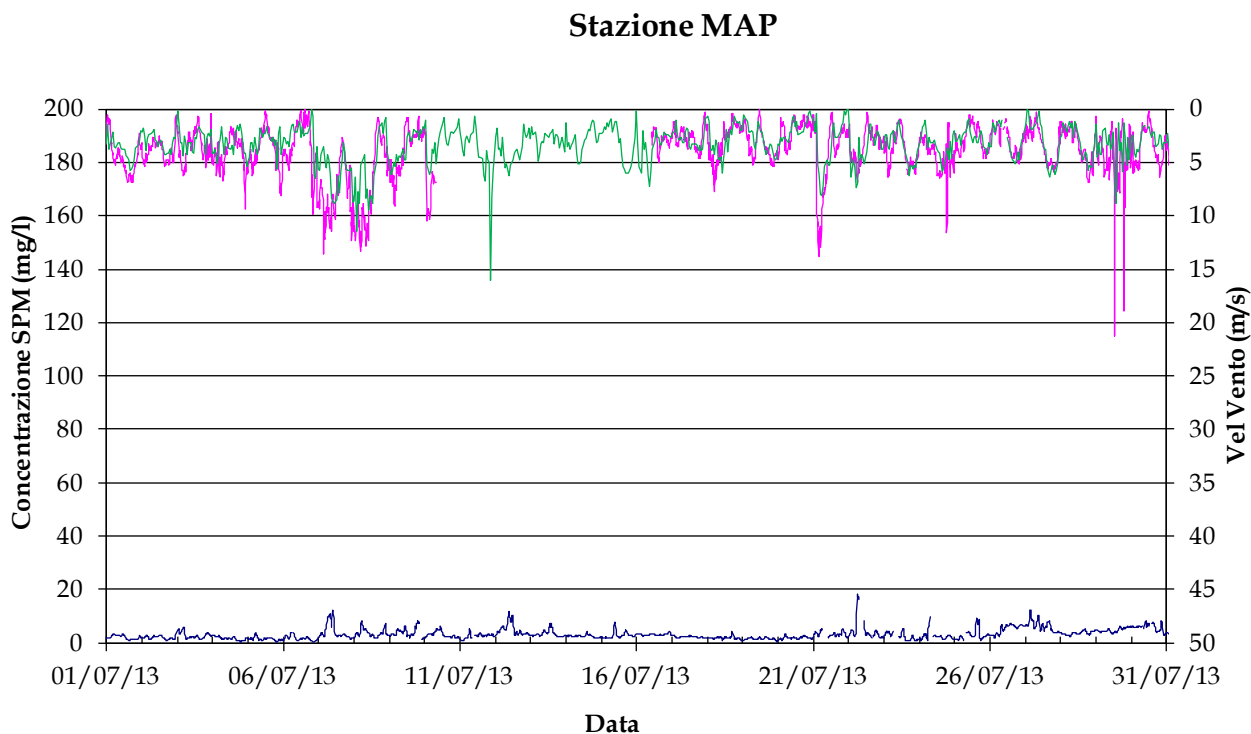


Figura 3.19. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione MAP e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di luglio 2013.

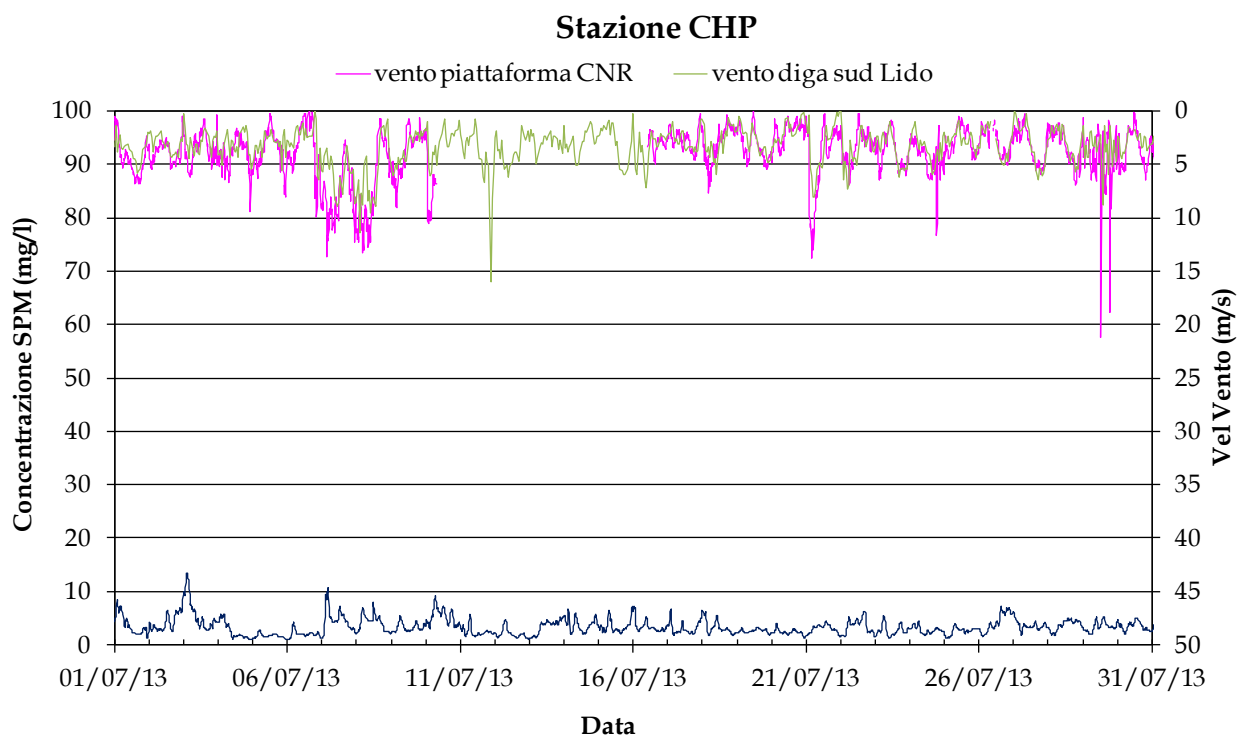


Figura 3.20. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione CHP e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di luglio 2013.

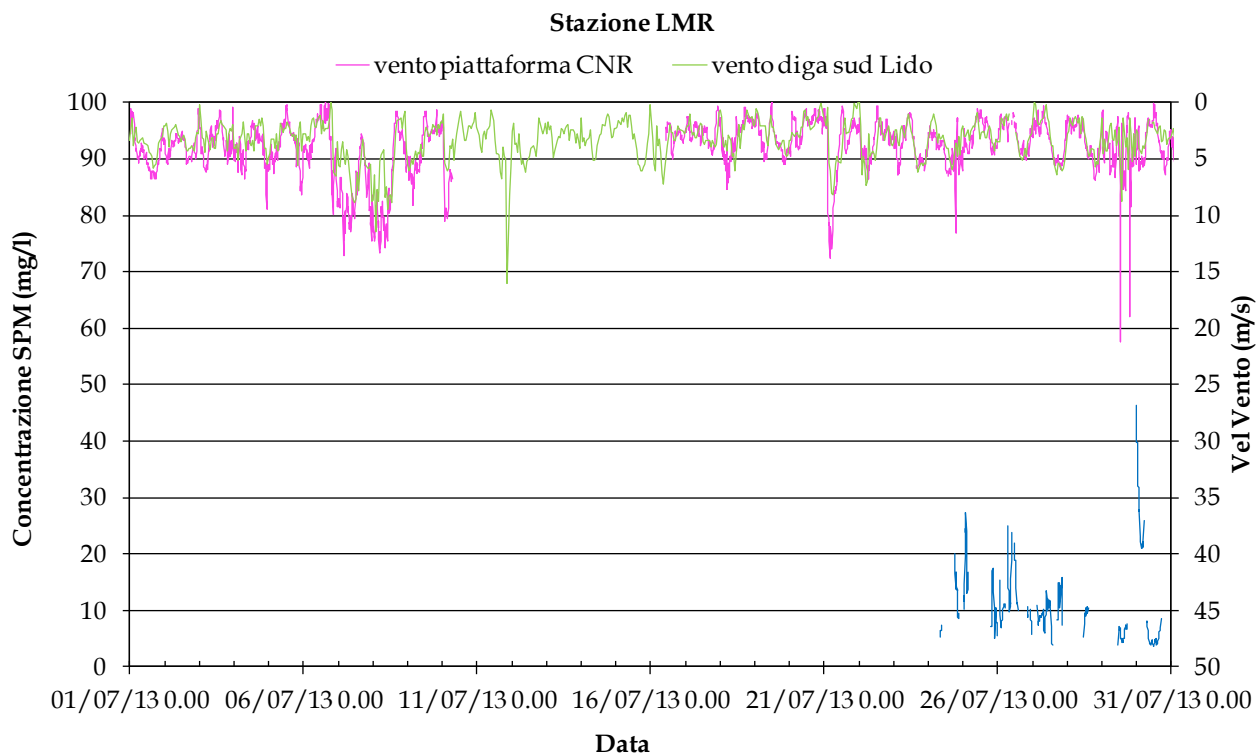


Figura 3.21. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di luglio 2013.

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

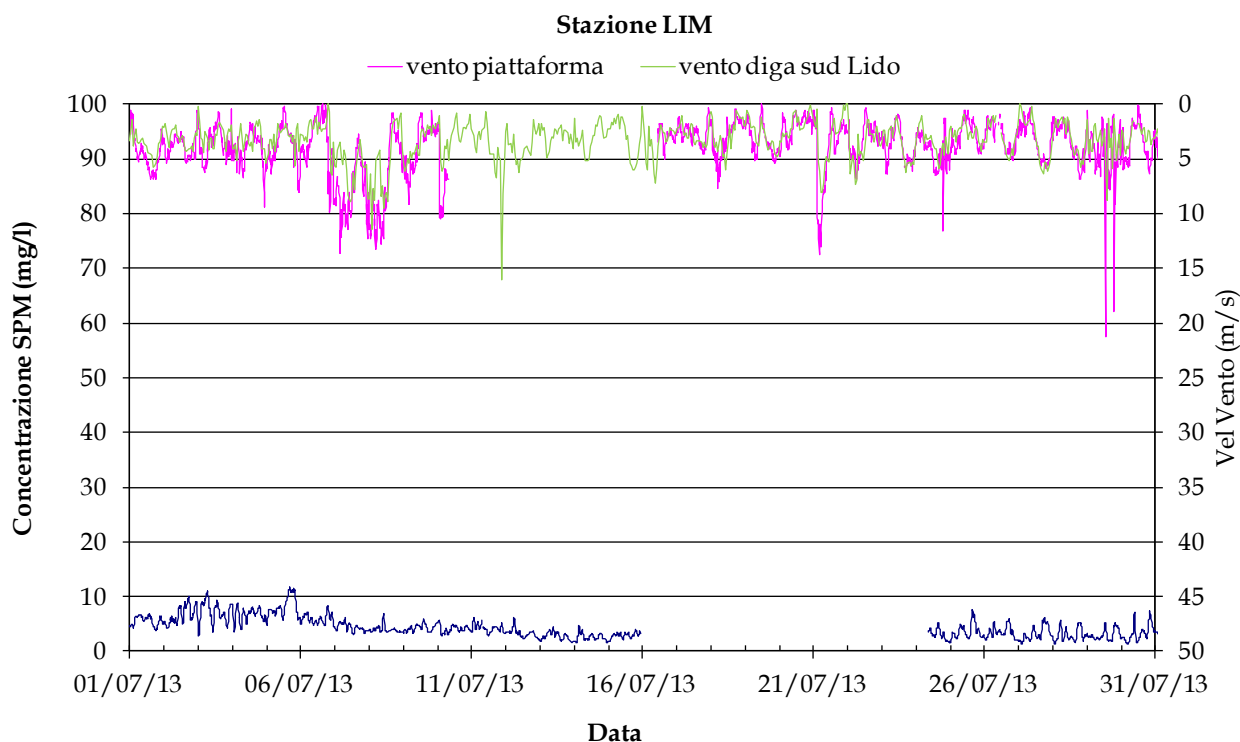


Figura 3.22. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LIM e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di luglio 2013.

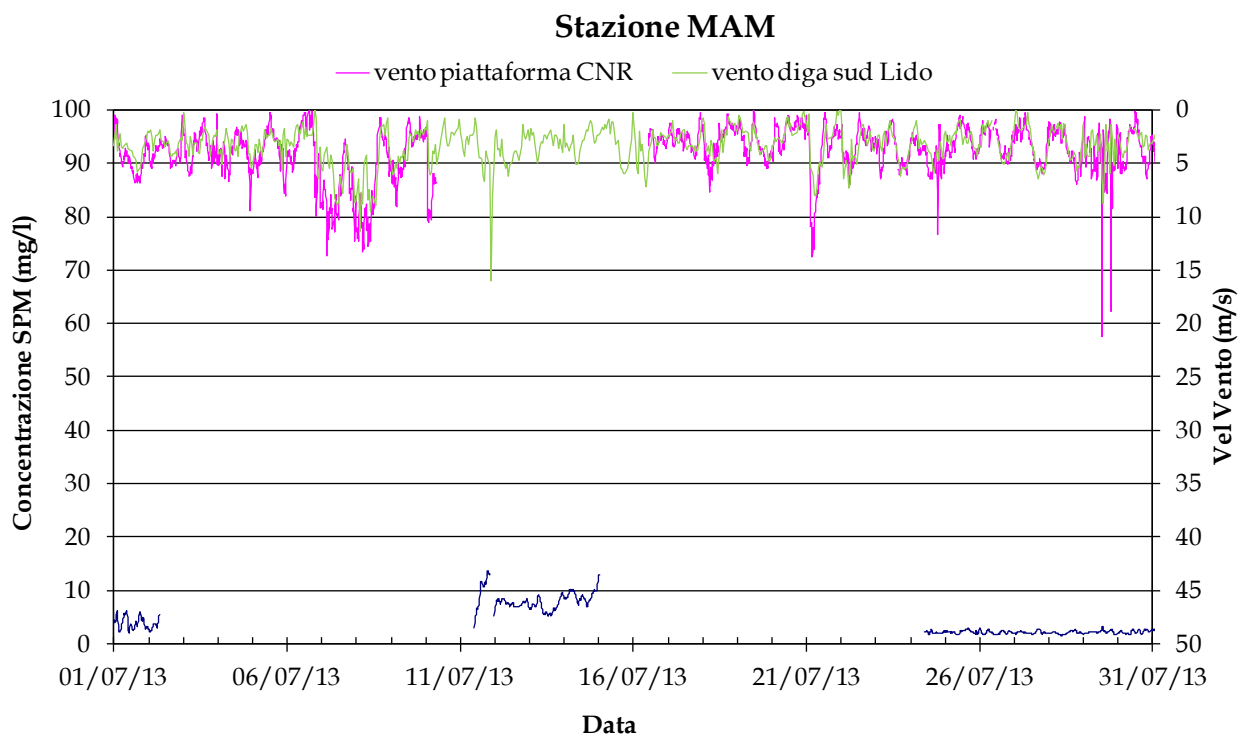


Figura 3.23. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione MAM e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di luglio 2013.

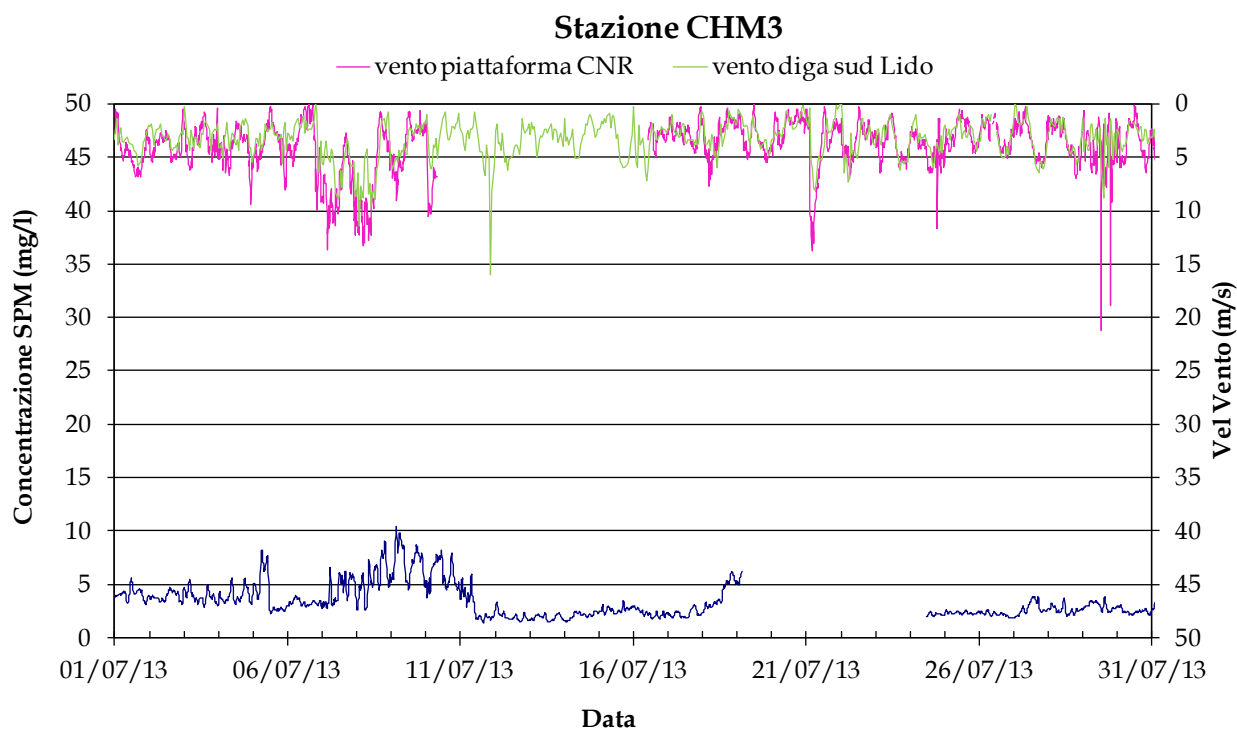


Figura 3.24. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione CHM3 e della velocità del vento misurata alla piattaforma (CNR) (linea viola) e alla diga sud del Lido (RMN) (linea verde) nel mese di luglio 2013.

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 BOCHE 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 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	11124	11146	11658	1771	5251	10781	8858	9597
Media	11.1	6.4	4.9	8.1	9.7	7.6	6.4	4.1
Dev. Std.	6.8	7.1	3.8	5.2	8.7	20.0	24.3	7.3
Max.	84.1	86.3	82.9	46.3	118.5	343.2	493.0	163.4
Min.	0.8	0.3	0.6	0.8	1.8	1.0	0.8	1.2
25° percentile	6.9	2.8	2.7	4.6	5.1	2.9	2.6	2.3
50° percentile	9.5	4.5	4.1	7.1	7.4	4.1	3.3	2.8
75° percentile	13.5	7.0	6.0	10.2	12.2	6.4	5.1	3.8
95° percentile	23.7	18.8	11.3	18.8	21.2	17.3	11.0	7.8
Media interquartile	10.2	4.9	4.4	7.4	8.6	4.7	3.8	3.0

Si fa notare (Tabella 3.1) che le stazioni in bocca di porto LMR e LMR-2 hanno 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 più bassi per le stazioni alla bocca di porto di Chioggia CHM3 (4.1mg/l) e CHP (4.9 mg/l), più elevati per le stazioni alla bocca di Lido LTP (11.1 mg/l) e LIM (7.6 mg/l), mentre sono tra loro uguali i valori per la stazioni in bocca di Malamocco MAP e MAM (6.4 mg/l).

La deviazione standard per tutte le stazioni (ad eccezione di CHP ed LTP) assume valori superiori alla media, il che implica una notevole dispersione dei dati, soprattutto nelle stazioni a mare.

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 a mare CHM3 (3.0 mg/l) e MAM (3.8 mg/l) più elevati per LTP (10.2 mg/l), intermedi e confrontabili tra loro per CHP (4.4 mg/l), LIM (4.7 mg/l), MAP (4.9 mg/l).

I valori minimi, che rappresentano le condizioni dell'acqua in condizioni di calma e al minimo dell'attività biologica, sono variabili tra 0.3 mg/l (MAP) e 1.2 mg/l (CHM3).

I valori più elevati di torbidità sono raggiunti nelle stazioni a mare durante l'evento meteo del giorno 16 maggio: MAM (493.0 mg/l), LIM (343.2 mg/l), CHM3 (163.4 mg/l). Per le stazioni in

laguna si hanno valori massimi simili tra loro ma non contemporanei: MAP (86.3 mg/l) verificatesi durante l'evento meteo del 16 maggio, LTP (84.1 mg/l) in seguito all'evento meteo del 23 maggio e CHP (82.9 mg/l) durante l'evento meteo del 13 maggio.

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 (6.9 mg/l), il valore inferiore per CHM3 (2.3 mg/l) e tutte le altre stazioni hanno valori molto simili tra loro: MAM (2.6 mg/l), CHP (2.7 mg/l), MAP (2.8 mg/l) e LIM (2.9 mg/l),

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; il valore più elevato si ha per la stazione LTP (9.5 mg/l) il valore inferiore per CHM3 (2.8 mg/l) mentre tutte le altre stazioni hanno valori molto simili tra loro: MAM (3.3 mg/l), CHP e LIM (4.1 mg/l), MAP (4.5 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 meteo marini di moderata intensità. Anche in questo caso il valore inferiore si ha per la stazione CHM3 (3.8 mg/l) e il massimo si ha per LTP (13.5 mg/l) mentre le restanti stazioni presentano valori intermedi: MAM (5.1 mg/l), CHP (6.0 mg/l), LIM (6.4 mg/l), MAP (7.0 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. Il valore più basso si verifica anche in questo caso per la stazione CHM3 (7.8 mg/l) e il massimo per LTP (23.7 mg/l). Le restanti stazioni presentano valori intermedi: MAM (11.1 mg/l), CHP (11.3 mg/l), LIM (17.3 mg/l), MAP (18.8 mg/l).

Si nota come la stazione LTP, anche in questo quadrimestre come nel precedente [MAV-CORILA 2013a], 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. Inoltre, in questo quadrimestre questa stazione presenta anche gli altri percentili più elevati; infatti è la stazione che presenta la percentuale più alta di superamenti di soglia della concentrazione (Tabella 3.5) (si ricorda che nel confronto non si considerano le stazioni in bocca di porto di Lido).

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 l'intenso e prolungato evento meteo di scirocco dei giorni 16-17 maggio ha 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 LTP 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 maggio-agosto 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 maggio-agosto 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	
5 maggio	15:45-16:45	9.7-11.3	128° scirocco	12.92	4.71	5.61	10.76	5.08	9.05	2.73	1.86	
5 maggio	17:30-17:45	10.2-10.8	110° levante	10.16	3.30	5.60	11.84	5.67	11.04	2.79	2.38	
5 maggio	21:15-21:30	10.3-14.1	71° levante	9.92	11.75	6.23	10.54	4.97	3.49	6.07	2.87	
5 maggio	21:45	10.3	65° bora	9.98	14.19	6.21	11.32	4.98	2.95	6.27	2.40	
12 maggio	18:45	10.3	279° ponente	10.29	9.81	4.37		7.41	3.39	2.61	2.43	
12 maggio	20:30-22:00	10.3-15.3	360° tramontana	8.40	11.69	4.70		6.53	2.68	2.60	2.66	
12 maggio	22:15-1:15	9.8-14.7	47° bora	11.62	27.07	82.92		13.61	5.97	2.60	4.49	
16 maggio	1:15-3:00	10.2-12.2	99° levante	13.97	52.25	5.20		7.12	5.68	3.96	2.50	
16-17 maggio	3:15-2:00	10.3-18.2	132° scirocco	61.43	86.30	30.45		118.43	343.18	492.97	163.36	
17 maggio	14:15-14:30	13.6-13.9	273° ponente	58.04	25.65	13.33		58.04	135.45	41.35	15.09	
17 maggio	17:45-18:15	10.1-11.3	196°mezzogiorno	25.64	29.84	7.97		24.70	25.95	28.74	18.38	
19 maggio	9:15-10:00	10.8-13.3	279° ponente	22.30	12.43	8.28		14.83	14.52	11.23	7.41	
19 maggio	17:30	12.9	212° libeccio	18.02	15.56	6.46		16.04	9.68	7.45	4.65	
19 maggio	20:45-21:15	9.4-10.5	220° libeccio	37.13	10.36	7.59		17.12	10.86	6.49	3.96	
21 maggio	17:30	10.1	155° scirocco	24.09		5.67		13.18	5.24	3.23	4.25	
21 maggio	23:00	11.9	1°tramontana	34.40		2.85		28.72	16.17	3.90	4.69	
22 maggio	00:30	10.2	33°bora	27.15		11.47		21.04	20.03	2.86	3.96	
23maggio	00:30-6:15	10.7-18.6	60°bora	62.41	19.82	16.30		26.37	29.30	13.82	20.86	
23maggio	7:15-7:45	10.0-10.8	56°bora	80.41	20.97	10.28		15.23	28.58	15.41	16.26	
23maggio	9:30	10.1	65°bora	20.57	14.39	9.01		12.35	17.93	13.07	11.57	
23maggio	22:45-23:00	10.2-11.9	106°levante	24.53	15.25	7.99		24.02	11.49	8.86	5.86	
24maggio	3:15-10:00	7.7-15.4	50° bora	56.23	16.83	21.19		24.20	29.46	17.08	20.06	
24maggio	16:15	10.1	229°libeccio	17.89	13.49	11.47		12.19	27.86	16.60	9.45	
24maggio	17:15	11.0	224°libeccio	16.55	17.10	10.98		21.72	35.91	11.10	8.38	
24maggio	18:30	10.7	230°libeccio	25.01	22.40	12.51		21.79	29.40	12.40	10.31	
24maggio	19:15-20:00	10.5-11.4	239°libeccio	45.53	16.73	11.85		18.60	26.36	10.85	8.09	

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
26 maggio	15:30-17:00	11.1-12.7	174° mezzogiorno	18.24	7.29	3.95			9.35	6.31	2.92
26 maggio	18:45-19:15	10.4-11.0	190° mezzogiorno	14.08	8.15	4.21		38.60	7.32	8.43	2.26
26 maggio	21:00-22:00	9.5-10.8	242° libeccio	12.15	6.09	3.29		13.17	7.40	6.78	1.95
27 maggio	18:30-21:00	10.0-11.8	165° mezzogiorno	13.93	7.06	4.30		11.88	14.77	4.64	2.35
27 -28 maggio	23:45-00:30	10.4-10.9	214° libeccio	8.95	6.02	2.82		7.85	14.16	4.55	2.00
28 maggio	13:15-14:00	9.8-10.3	150°scirocco	10.43	8.54	7.41		9.17	11.78	5.71	2.16
29 maggio	15:15-17:30	10.1-12.2	187° mezzogiorno	10.04	6.84	8.83		6.91	8.31	7.71	1.88
29 maggio	17:45-18:45	10.2-11.3	208° libeccio	9.62	9.11	9.52		7.06	7.28	7.64	1.94
29 maggio	19:45-20:30	10.7-11.6	208°libeccio	9.81	8.55	9.59		7.66	17.17	7.91	2.05
29 maggio	21:15-22:00	10.3-11.8	246° libeccio	8.69	7.01	8.34		6.25	24.07	8.17	2.10
31 maggio	16:30-16:45	10.8-11.0	204° libeccio	6.67	8.26	6.65		6.80	2.84	4.66	3.58
4 giugno	00:15	10.4	81°levante	14.90	4.44	6.14		13.56	4.60		8.17
9 giugno	13:45-14:15	11.3-12.4	187° mezzogiorno	12.56	6.05	5.08		9.47	6.64		
9 giugno	14:30-15:30	10.7-12.4	231° libeccio	12.12	6.78	5.53		10.53	6.10		
9 giugno	15:45-16:15	10.1-11.7	254° libeccio	11.67	7.53	6.59		13.88	5.47		
20 giugno	16:45	10.2	148°scirocco	10.76	2.57	2.91		3.88	2.82	3.87	2.51
22 giugno	17:15-18:15	10.2-10.7	179° mezzogiorno	11.70	2.70	2.09		3.51	2.24	5.83	5.80
24 giugno	12:15-14:45	10.2-13.1	16° tramontana	16.32	3.73	4.00		5.50	3.68	4.79	
24 giugno	15:00	11.4	28° bora	11.00	3.69	5.11		5.94	2.93	4.34	
24 giugno	15:15-15:30	10.4-11.9	11° tramontana	11.35	3.87	8.03		6.12	2.84	4.32	
24 giugno	15:45-19:15	9.5-15.0	37° bora	14.07	7.74	11.12		7.07	3.16	4.39	
25 giugno	17:15	11.7	63° bora	7.81	2.16	2.38		4.51	5.56	2.59	
25 giugno	17:30-18:00	10.8-14.7	87° levante	7.71	2.57	2.79		4.33	4.32	2.24	
26 giugno	00:30-1:15	10.5-11.4	5° tramontana	7.00	2.62	2.37		5.58	5.68	3.41	
26 giugno	18:30-18:45	11.0-11.3	79° levante	9.60	3.21	1.57		6.51	4.27	4.19	3.69
26 -27 giugno	21:30-5:00	9.0-14.9	58° bora	10.78	5.80	11.13			9.16	7.23	5.23
28 giugno	00:45	10.8	324°maestrale	8.41	2.59	1.91			1.90	2.81	2.88
28 giugno	3:45-7:15	9.8-12.6	360°maestrale	10.03	6.58	7.15			2.10	3.18	2.86

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
7 luglio	3:15-5:15	9.6-13.6	58° bora	10.94	5.61	10.63			5.45		6.62
7 luglio	7:15-9:00	10.0-11.4	59° bora	16.88	10.67	4.45			6.13		3.66
7 luglio	11:15	10.3	56° bora	27.39	2.64	4.69			4.51		4.79
7 luglio	22:15-23:00	10.7-12.3	63° bora	4.91	1.88	2.92			3.77		5.35
8 luglio	00:00-1:45	10.1-12.3	57° bora	12.63	3.87	2.74			4.02		4.81
8 luglio	3:30-10:00	8.8-13.3	61° bora	35.18	8.24	6.88			6.94		7.32
10 luglio	1:30-3:45	9.3-10.5	37° bora	14.07	3.39	4.79			5.33		6.05
11 luglio	21:00	16	91° levante	7.72	2.66	2.56			5.16		1.61
21 luglio	2:45-5:30	10.3-13.8	46° bora	16.02	4.73	3.58					
24 luglio	18:45-19:00	10.6-11.6	168° mezzogiorno	7.64	2.50	3.12			3.51	2.05	2.27
29 luglio	12:45	21.2	283° ponente	5.79	4.36	3.60			5.28	3.10	2.49
8 agosto	17:45-19:15	10.1-12.3	306° maestrale	6.76	7.18	6.47			6.79	3.78	1.89
8-9 agosto	23:30-1:45	9.5-13.3	298° maestrale	8.06	5.69	4.83			5.87	2.53	1.87
9 agosto	4:45	10.3	285° ponente	11.76	5.29	3.61			5.92	2.47	2.62
9 agosto	22:15-23:30	11.2-12.7	269° ponente	5.32	4.77	4.47			4.23	2.10	1.52
10 agosto	00:00-1:45	10.0-15.4	341° tramontana	13.30	7.73	3.86			3.99	2.11	1.59
10 agosto	2:00-3:00	10.7-12.8	11° tramontana	12.84	8.16	4.39			3.51	1.97	1.94
10 agosto	3:30-4:00	8.9-10.9	27° bora	11.28	10.46	4.21			3.11	2.40	2.13
13-14 agosto	23:00-15:00	8.3-17.4	48° bora	11.80	11.45	27.28			19.03	13.43	13.52
14 -15 agosto	18:45-6:45	8.4-11.7	55° bora	14.24	12.15	9.92			18.99	14.59	13.39
19 agosto	20:45	10.7	242° libeccio	6.04	16.13	9.68			3.94	4.09	2.01
19 - 20 agosto	21:45-15:15	10.1-20.1	40° bora	14.57	20.08	9.24			9.16	5.01	5.29
20 agosto	16:15	10.5	48° bora	4.74	8.27	3.36			5.46	3.54	2.58
20 -21 agosto	23:00-1:00	9.5.-10.7	66° bora	6.11	6.75	3.00			11.72	2.85	5.25
25 agosto	00:00	11.1	340° tramontana	5.82	1.64	7.63			2.98	3.60	2.36
25 agosto	20:15-21:00	8.2-14.7	73° levante	7.78	5.67	9.40			2.89	3.22	2.45
26 agosto	00:15-1:45	10.7-11.7	42° bora	4.93	6.26	10.22			4.09	2.40	3.13
27 agosto	20:45	10.8	167° mezzogiorno		6.13	7.75			2.13	2.80	2.88

CORILA

ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE 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 maggio-agosto 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	
Dati totali	11124	100%	11146	100%	11658	100%	1771	100%	5251	100%	10781	100%	8858	100%	9597	100%
condizioni eccezionali con C>30 mg/l	201	1.81%	192	1.72%	17	0.15%	7	0.40%	110	2.09%	154	1.43%	111	1.25%	102	1.06%

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 maggio-agosto 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	201	100%	192	100%	17	100%	7	100%	110	100%	154	100%	111	100%	102	100%
superamenti CERTAMENTE dovuti a risospensione da vento (v >10 m/s)	117	58.21%	116	60.42%	17	100%	0	0%	90	81.82%	154	100%	105	94.59%	102	100%
superamenti la cui causa NON È CERTAMENTE legata alla risospensione da vento (v<10 m/s)	84	41.79%	76	39.58%	0	0.0%	7	100%	20	18.18%	0	0%	6	5.41%	0	0%

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 maggio-agosto 2013 la percentuale dei superamenti del valore di soglia di concentrazione (pari a 30 mg/l) rispetto al numero totale dei dati validati per ogni stazione è complessivamente bassa ed inferiore al 2% per tutte le stazioni.

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.

Ci sono dei casi in cui si verificano dei superamenti pressoché contemporanei in tutte le stazioni anche in seguito ad una diminuzione di velocità del vento (esempio: giornata del 17 maggio) e anche in tal caso si attribuisce la causa al vento e alle condizioni meteo-marine in generale.

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 maggio-agosto 2013

LTP			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
16 maggio	10:45-16:30	24	
17 maggio	12:30-16:45	18	
18 maggio	19:00-21:00		9
19 maggio	20:00-23:00	13	
21-22 maggio	22:45-00:15	7	
22 maggio	16:15-18:45		11
23 maggio	5:45-8:45	13	
23 maggio	17:30-19:45		10
23 -24 maggio	23:45-1:45	9	
24 maggio	6:15-10:30	18	
24 maggio	18:45-21:00	10	
24 -25 maggio	23:30-3:45		18
27 giugno	10:00-14:00		17
28 giugno	11:00-14:15		14
2 luglio	22:15-23:15		5
8 luglio	8:15-9:30	5	
MAP			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
13 maggio	4:15-4:30		2
14 maggio	18:00-18:30		3
15 maggio	00:00-00:15		2
15 maggio	4:15-8:15		17
15 -16 maggio	12:15-1:00		52
16 maggio	1:15-8:30	30	
16-17 maggio	13:00-8:00	77	
17 maggio	15:30-17:30	9	

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

CHP			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
12 -13 maggio	23:45-3:15	15	
16 maggio	12:30-12:45	2	
LMR			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
29-30 luglio	23:45-1:15		7
LMR-2			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
16 maggio	8:15-16:45	35	
17 maggio	10:15-16:45	27	
17 maggio	18:45-20:45	9	
18 maggio	13:15-13:45		3
18 maggio	18:45-19:45		5
23 maggio	23:45-1:30	8	
25 maggio	00:15-3:00		12
26 maggio	17:30-20:00	11	
LIM			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
16-17 maggio	8:00-16:45	132	
17 maggio	18:45-20:15	7	
24 maggio	17:00-18:15	6	
28 maggio	2:15-3:15	5	
28 maggio	5:15-6:00	4	
MAM			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
16-17 maggio	8:30-5:30	85	
17 maggio	14:30-16:15	8	
17 maggio	18:30-18:45	2	
17 maggio	19:30	1	
17 maggio	20:00-22:00	9	
18 maggio	00:15-1:15		5
18 maggio	9:45		1
CHM3			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
16 maggio	7:00-8:00	5	
16 -17 maggio	11:45-2:15	59	
17 maggio	2:45-6:00	14	
17 maggio	6:30-11:00	19	
17 maggio	15:00-16:15	5	

In tutte le stazioni, come evidenziato in Tabella 3.7 sono presenti superamenti associabili all'evento meteo intenso presente dalle ore 1:15 del 16 maggio, fino alle ore 2:00 del 17 maggio.

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, Studio B.6.72 B/8]. In tale indagine si utilizzano tutte le registrazioni torbiometriche 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 risollepati 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 maggio-agosto 2013 sono state rese disponibili dalla Direzione Lavori le informazioni relative alle attività di dragaggio alle bocche di porto di Malamocco e di Chioggia quali periodo dell'attività, effettivi giorni di scavo e volumi scavati (Tabella 3.8). Non risultano attività di scavo nei cantieri di Lido-Treporti e Lido-S.Nicolò.

I superamenti di soglia nella bocca di Malamocco, rilevati per le stazioni MAP e MAM in assenza di eventi meteo intensi, riguardano solo alcune giornate del mese di maggio, durante le quali, secondo i dati fornitici, non erano in corso lavorazioni. I superamenti di soglia rilevati alla bocca di porto di Chioggia (CHP e CHM) sono avvenuti in presenza di vento e comunque risultano nel mese di maggio nel quale non erano in corso lavorazioni.

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.

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

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 MALAMOCCO	OP/490-2	Dal 1/06/2013 all' 2/07/2013	13	18200
BOCCA DI CHIOGGIA	OP/425-2B	Dal 8/07/2013 all' 30/08/2013	38	36550

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);
- 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. 2013a. Studio B.6.72 B/8 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Macroattività: Rilevazione della torbidità in continuo. III rapporto di valutazione Periodo di riferimento: da gennaio ad aprile 2013. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2013b. 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. 2003. "Studio B.6.78/I – Attività di monitoraggio alle bocche di porto: controllo delle comunità biologiche lagunari e marine", Disciplinare 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.