



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

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/8**

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

Contratto Thetis-CORILA n. 122000551

Documento **MATRICE: ACQUA**

**MACROATTIVITÀ: RILEVAZIONE DELLA
TORBIDITÀ IN CONTINUO**

I RAPPORTO DI VALUTAZIONE

**PERIODO DI RIFERIMENTO: DA MAGGIO AD
AGOSTO 2012**

Versione **1.0**

Emissione **15 Settembre 2012**

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.....	10
2.3 Gestione della rete di stazioni fisse, attività in campo e di laboratorio	11
2.4 Metodologia per il trattamento dei dati registrati.....	13
2.4.1 <i>Correzione per l'accumulo temporaneo di materiale macroscopico</i>	13
2.4.2 <i>Correzione per il fouling</i>	14
2.4.3 <i>Calibrazione dei sensori di torbidità</i>	16
3. ANALISI e TRATTAMENTO DEI DATI	17
3.1 Validazione dei dati e calibrazione	17
3.2 Serie temporali della concentrazione del particolato solido sospeso (SPM)	23
3.3 Analisi degli eventi meteo e dei picchi di torbidità	39
3.4 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche.....	48
3.5 Struttura dell'archivio dei dati.....	49
4. BIBLIOGRAFIA	50

Alla realizzazione del presente rapporto hanno contribuito:

C. Dall'Angelo (CORILA)

G. Di Silvio (DICEA - UNIPD)

R. Fiorin (LagunaProject)

G. Lorenzetti (ISMAR - CNR, Venezia)

G. Manfè (ISMAR - CNR, Venezia)

F. Manfrin (ISMAR - CNR, Venezia)

M. Morgantini (CORILA)

F. Riccato (LagunaProject)

L. Zaggia (ISMAR - CNR, Venezia)

1. INTRODUZIONE

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

A) torbidità prodotta direttamente dai sistemi di scavo (draghe). Le misure servono per determinare la torbidità prodotta direttamente dalle attività di cantiere allo scopo di descrivere le diverse tipologie di "sorgente" in periodi limitati ed in diverse condizioni operative.

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

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

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

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

2. METODOLOGIA

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

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

Per quanto riguarda la misura della direzione e velocità del vento si fa riferimento alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR mentre per i livelli di marea si considerano i dati del mareografi più vicini alle stazioni in questione (Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia, Diga Sud di Lido,) gestiti del Centro Previsioni e Segnalazioni Maree del Comune di Venezia (Figura 2.2).

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

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

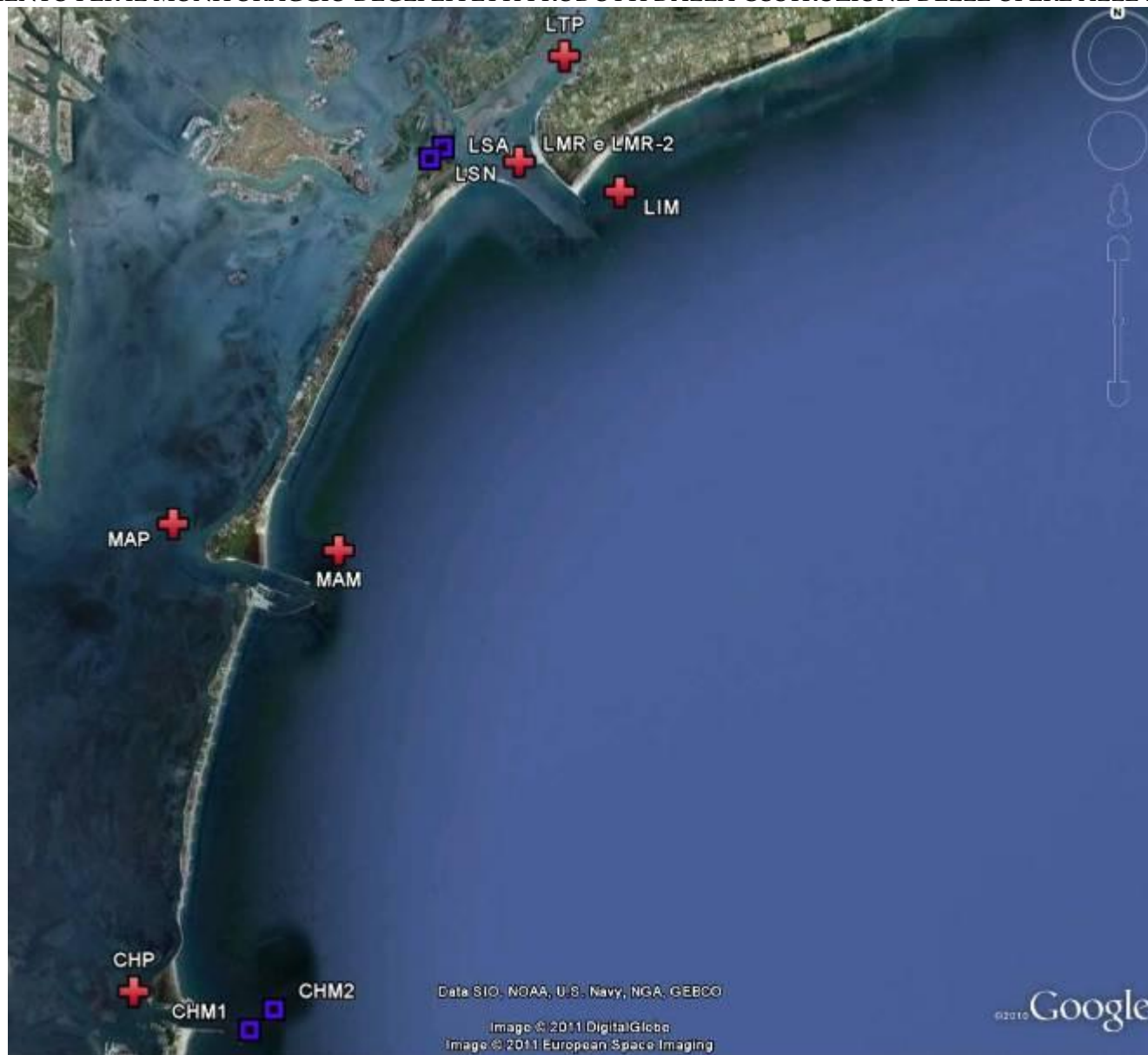


Figura 2.1. La rete delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo. In rosso le stazioni attive nel periodo Maggio-Agosto 2012

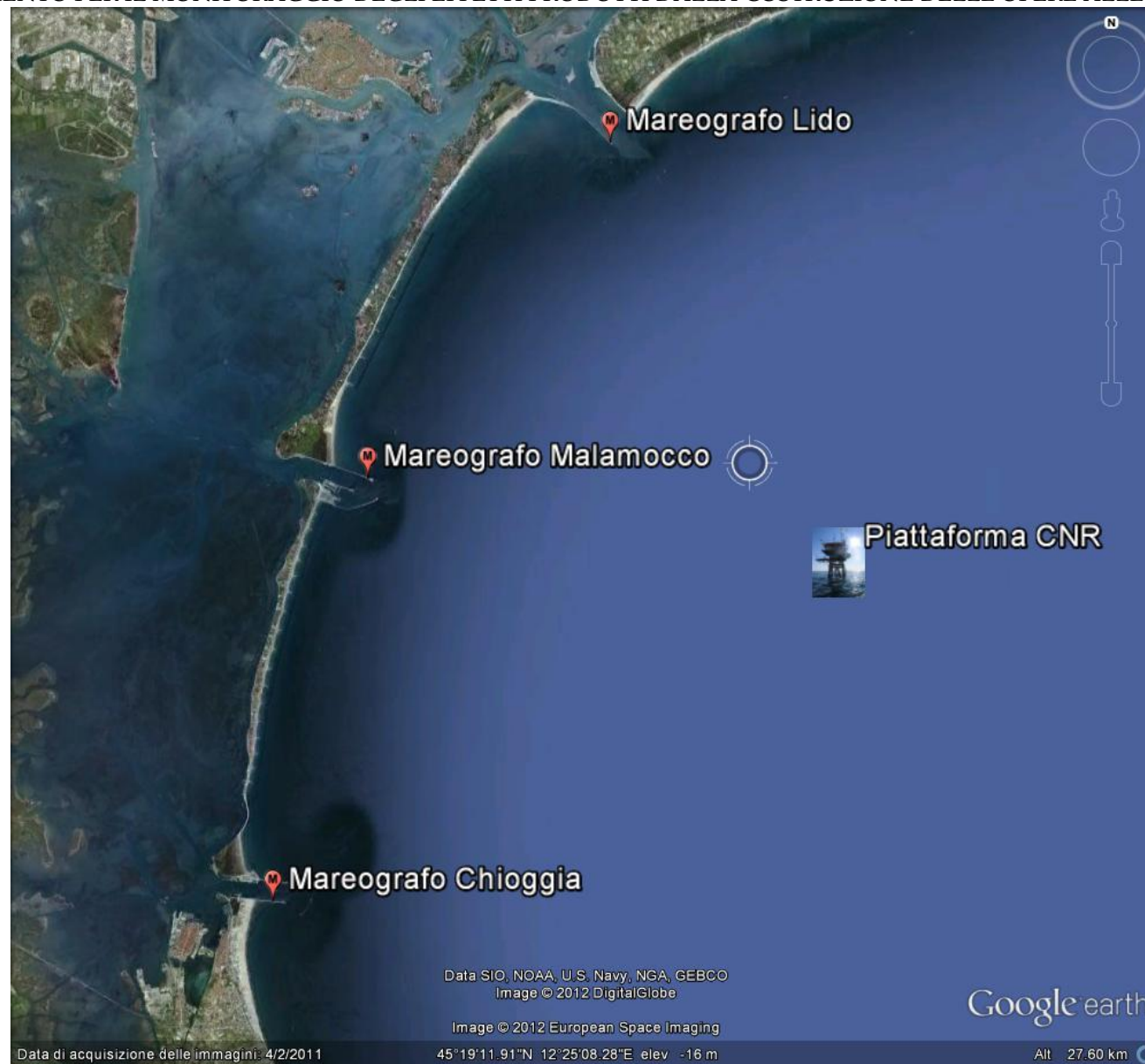


Figura 2.2. Mareografi, piattaforma del CNR

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	0289792 E 5012068 N	2312244.76 5013024.91	Studio B.6.72 B/1
CHP	CHIOGGIA Porto	Postazione mareografica	Comune VE CVN-MAV	2.1	286559 E 5012376 N	2306695.73 5012490.85	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3 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
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
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
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

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
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
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
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

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

La rete di misura è attualmente costituita da sette stazioni.

Per le stazioni LIM e MAM (Fig. 2.3), posizionate in mare, è stata utilizzata una struttura già esistente impiegata come mareografo, ma con caratteristiche tecniche completamente diverse da quelle delle postazioni mareografiche in laguna; per queste stazioni caratterizzate da un elevato fondale (LIM 9 metri e MAM 11 metri circa), infatti, è stato progettato un sistema di posizionamento ed ancoraggio al fondo della strumentazione di misura [Simionato, 2006] per consentire un agile recupero della sonda per le operazioni di scarico dati, manutenzione, pulizia e riposizionamento alla quota di misura. Nella Figura 2.6 è mostrato uno schema tipico di posizionamento e ancoraggio.

Per la stazione che ospita le due sonde LMR e LMR-2 è stata, invece, sfruttata la struttura della meda di segnalazione del canale navigabile all'interno della bocca di Porto di Lido, lato Diga Sud (Figura 2.4).

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

Le stazioni coincidono con le postazioni utilizzate nello Studio B.6.78/I.



Figura 2.3. Stazione MAM.



Figura 2.4. Stazione LMR.



Figura 2.5. Stazione CHP.

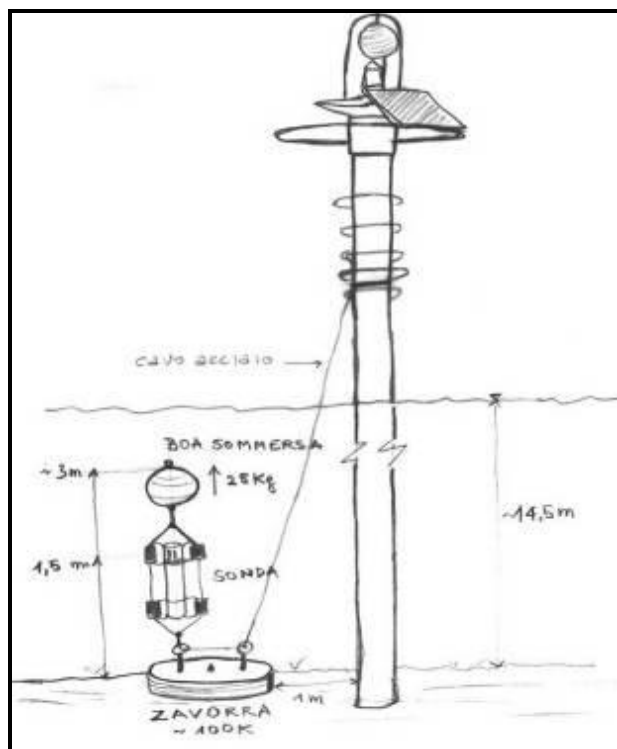


Figura 2.6. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare.

2.2 Strumentazione per la misura della torbidità

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

Per quanto riguarda la stazione LMR è equipaggiata con un correntometro elettromagnetico autoregistrante Inter Ocean Ltd Mod. S4, provvisto con sensore OBS (Optical Backscatter sensor). Causa danneggiamento del sensore OBS, dal 23 Novembre 2011 tale strumento è stato sostituito con una sonda multiparametrica Datasonde 4a, Hydrolab, USA.

A seconda del grado di sensibilità di cui si vuole disporre e delle condizioni più frequentemente incontrate nei periodi precedenti, si imposta per lo strumento un appropriato intervallo di misura, come indicato nella Tabella 2.2 e nella Tabella 2.3 dove sono riassunte le caratteristiche tecniche di tutti i sensori (temperatura, conducibilità e pressione) montati nelle sonde OceanSeven 304 CTD-T, nella Datasonde 4a e nel correntometro autoregistrante Inter Ocean Ltd Mod. S4.

I torbidimetri posizionati nelle stazioni sopra descritte forniscono 1 dato ogni 15 minuti. Il singolo dato viene rilevato come media delle 5 acquisizioni, effettuate una al minuto, all'inizio dell'intervallo temporale di 15 minuti. I file di dati registrati nella memoria di ciascuno strumento sono scaricati con una frequenza di circa 15 giorni.

Gli strumenti funzionano come già visto in maniera quasi continua da 6 anni. Ad oggi l'efficienza della rete è assicurata al prezzo di continue e costose manutenzioni che hanno richiesto la sostituzione di parti meccaniche, guarnizioni, connettori, ecc.

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

Tabella 2.2. Caratteristiche dei sensori montati sulla sonda OceanSeven 304 CTD-T (OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL) e sulla sonda Datasonde 4a (Hydrolab_Minisonde_Product_Brochure)

Sensore OceanSeven 304	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 1000 dbar	0.05% f.s.	0.015%
Temperatura	-3 - +35 ° C	0.005 ° C	0.0006 ° C
Conducibilità	0 - 64 mS/cm	0.005 mS/cm	0.001 mS/cm
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
Turbidity	0 - 1000 NTU	± 5% of reading; ± 1 NTU	0.1 NTU (<100 NTU) 1.0 NTU (<100 NTU)

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

Tabella 2.3. Caratteristiche del correntometro elettromagnetico autoregistrante Inter Ocean Ltd Mod. S4 [InterOcean Systems Inc, 1995]

	OBS (Optical Backscatter)	Velocità corrente	Direzione	Tilt	Temperatura	Conducibilità	Pressione
Intervallo di misura	0 - 200 FTU	0 - 350 cm/s	0 - 360 °	+/- 45°	-5° C - +45° C	0 - 70 mS/cm	0 - 1000 dbar
Risoluzione	-	0.2 cm/s	0.5°	0.06°	0.05 ° C	0.1 mS/cm	1 dbar
Precisione	-	2% of reading +/- 1 cm/s	+/-2° within tilt angles of 5°	+/- 0.25°	+/- 0.02° C	+/- 0.2 mS/cm (5-65 mS/cm)	+/- 0.15 %
Tempo di risposta (63%)					1.5 sec	0.1 sec	60 msec

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

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

Spesso inoltre si presenta il problema del fouling, cioè una crescita progressiva di alghe e organismi risolvibile soltanto con un'accurata pulizia, sia dei sensori che del corpo della sonda, che

viene effettuata, a bordo di un'imbarcazione, con cadenza circa settimanale, contemporaneamente allo scarico dei dati. Nella Figura 2.7 si riporta la sonda della stazione MAM prima e dopo la pulizia.

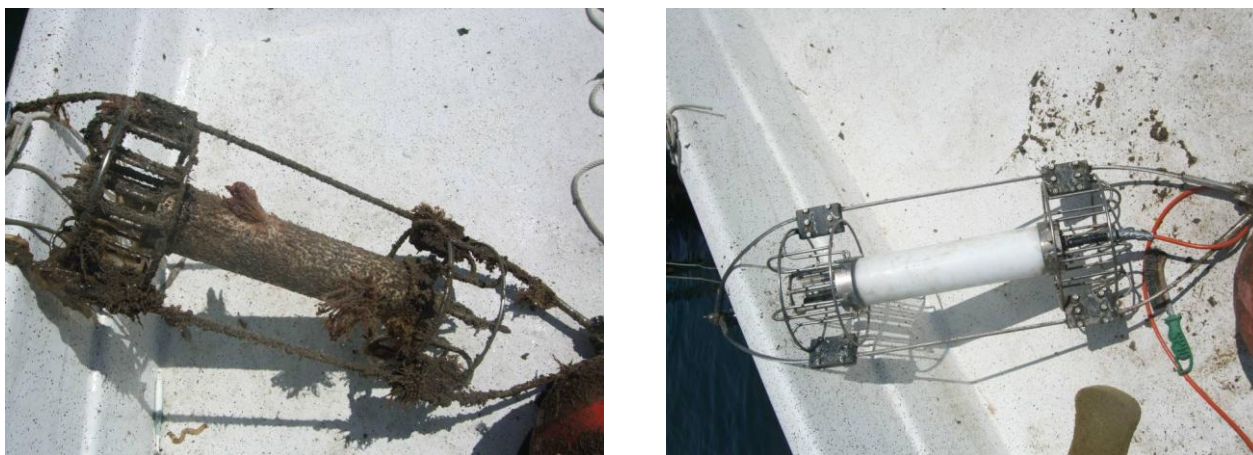


Figura 2.7. Sonda MAM prima (a sinistra) e dopo la pulizia (a destra) (14/06/2012).

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

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

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

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

CORILA

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

RETE PER LA RILEVAZIONE DELLA TORBIDITA' IN CONTINUO						
		POSTAZIONE DI MISURA :		CHP		
				BOCCA DI CHIOGGIA - Porto		
FOTO	Postazione	Nome (ID)	Coordinate UTM WG84		Fondale (m.)	
	Postazione Mareografica	CHP	0286559 E 5012376 N		2.1	
	Sensore	N. di Serie	Data di installazione		Sensore dal fondo (m)	
	OS304 CTD-T	45	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: CHP_ggmmaa)	Manutenzione Sensori	Campione acqua (es: CHP_gg/mm + hh:mm)
16/08/11	10:20				COND [x]	1) CHP 16/08 10:20
16/08/11	10:35				TORB [x]	2) CHP 16/08 10:35
OPERATORE Riccardo Fiorin NOTE						

Figura 2.8. Esempio di scheda di campo riferita alla postazione di misura CHP.

In laboratorio vengono analizzati i campioni d'acqua ed eseguite le determinazioni dei solidi sospesi (mg/l) 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 di SPM si ottiene come differenza tra il peso finale e iniziale della membrana rapportata al volume d'acqua filtrato. 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 particellato solido sospeso (in mg/l) sono indispensabili per convertire i dati grezzi di torbidità, come descritto nel paragrafo 2.4.3.

2.4 Metodologia per il trattamento dei dati registrati

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 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. Quando questo procedimento, nel caso di perturbazioni prolungate, non risulta efficace, si rende necessario un intervento manuale per l'eliminazione dei picchi residui. Per rendere più stabile l'andamento della variabile comunque soggetta a fluttuazioni naturali di breve periodo, si ritiene opportuno applicare un ulteriore filtro

alla serie temporale risultante, cioè una media oraria, centrata sul dato istantaneo, applicata all'intera serie.

2.4.2 Correzione per il fouling

La presenza di fouling sul sensore ottico per la misura della torbidità dà luogo ad effetti diversi sulla qualità delle informazioni registrate dalla strumentazione. La situazione più frequente è quella di una deriva progressiva dei valori che aumentano seguendo un andamento approssimabile ad una relazione lineare o di secondo grado.

Nel caso più semplice (probabilmente piccole incrostazioni che crescono lentamente sulla finestra ottica del sensore) questa deriva non comporta un aumento significativo delle oscillazioni istantanee ed è, quindi, sufficiente correggere la serie temporale seguendo una semplice procedura che, pur tenendo conto dei valori di controllo costituiti dalla concentrazione nei campioni d'acqua prelevati durante gli interventi di pulizia, presenta comunque un certo grado di soggettività. Si individua una polinomiale (generalmente di grado 1 o 2) interpolando i valori della linea di base della funzione originaria nel tratto interessato dal fenomeno, prendendo come punto di partenza il valore più basso prima dell'inizio della deriva (si presuppone quindi che sia un valore corretto e non affetto da fouling). Ai valori originari si sottrae quindi la polinomiale, con l'obiettivo di ottenere come risultato l'allineamento dei punti della linea di base con il punto di partenza e controllando che il valore finale non sia troppo dissimile dal valore del campione d'acqua prelevato. Purtroppo in alcuni casi rimane una deriva residua nel tratto terminale: se è possibile ottenere un buon risultato, si può applicare una seconda volta la procedura correttiva, altrimenti è necessario eliminare i dati.

In alcuni casi invece la deriva si accompagna ad un aumento significativo dell'ampiezza delle oscillazioni di breve periodo. La causa di questa perturbazione è probabilmente la presenza di organismi di dimensioni più grandi, che si spostano sul sensore di rilevazione causando repentini sbalzi nella quantità di luce intercettata dallo stesso. In questi casi non vi è alcuna possibilità di intervento e le corrispondenti acquisizioni vengono eliminate completamente dalla serie originaria.

Un esempio di deriva dovuta al fouling è rappresentato nella Figura 2.9 dove si riporta la serie temporale della torbidità relativa alla stazione CHP e al mese di Maggio 2012, dopo l'applicazione della procedura automatica di filtrazione e di media mobile. In questo caso è stata effettuata una correzione sottraendo una polinomiale di secondo grado che ha permesso di correggere la deriva a partire dal giorno 24 Maggio 2012; è stato poi necessario cancellare l'ultimo tratto di dati poichè l'aumento repentino della concentrazione e delle oscillazioni non ha permesso la correzione. Il risultato dopo la correzione è visibile nella Figura 2.10.

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

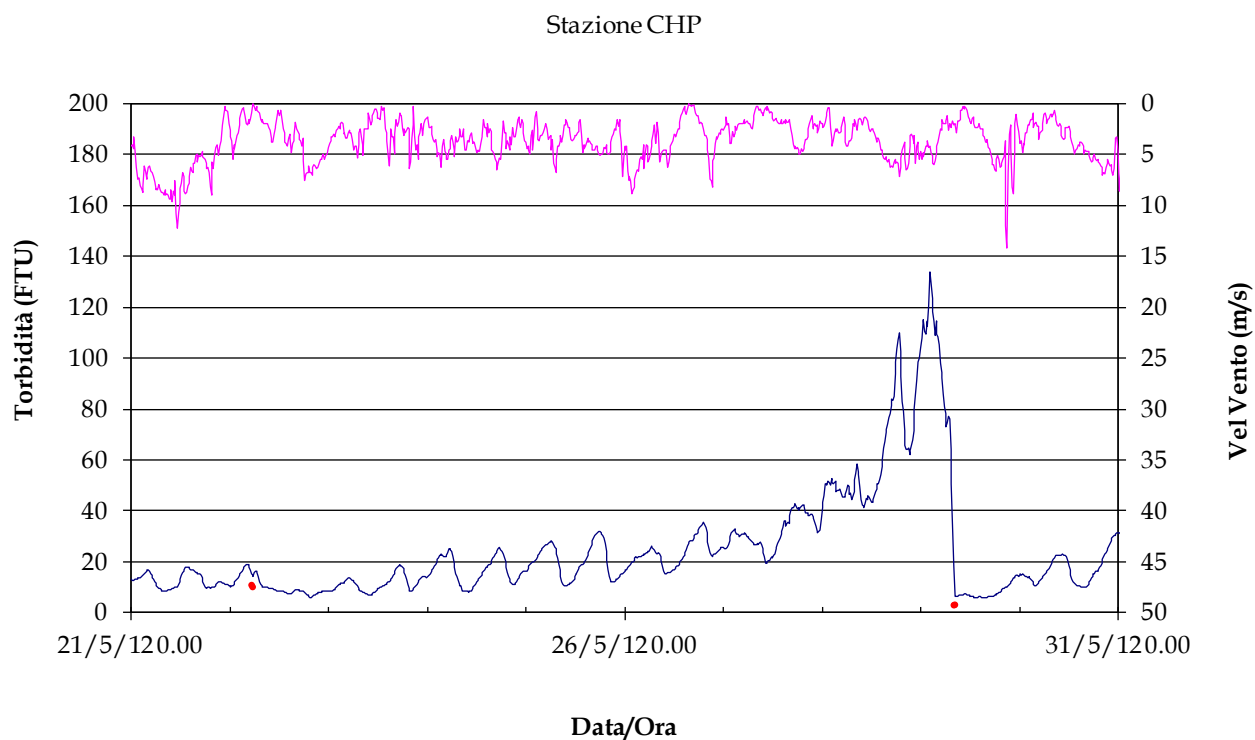


Figura 2.9. Esempio della presenza di derive progressive dei valori di torbidità dovute al fouling, nella stazione CHP. Con i pallini rossi sono rappresentati i valore di concentrazione misurati nel campione d'acqua prelevato durante gli intervento di manutenzione.

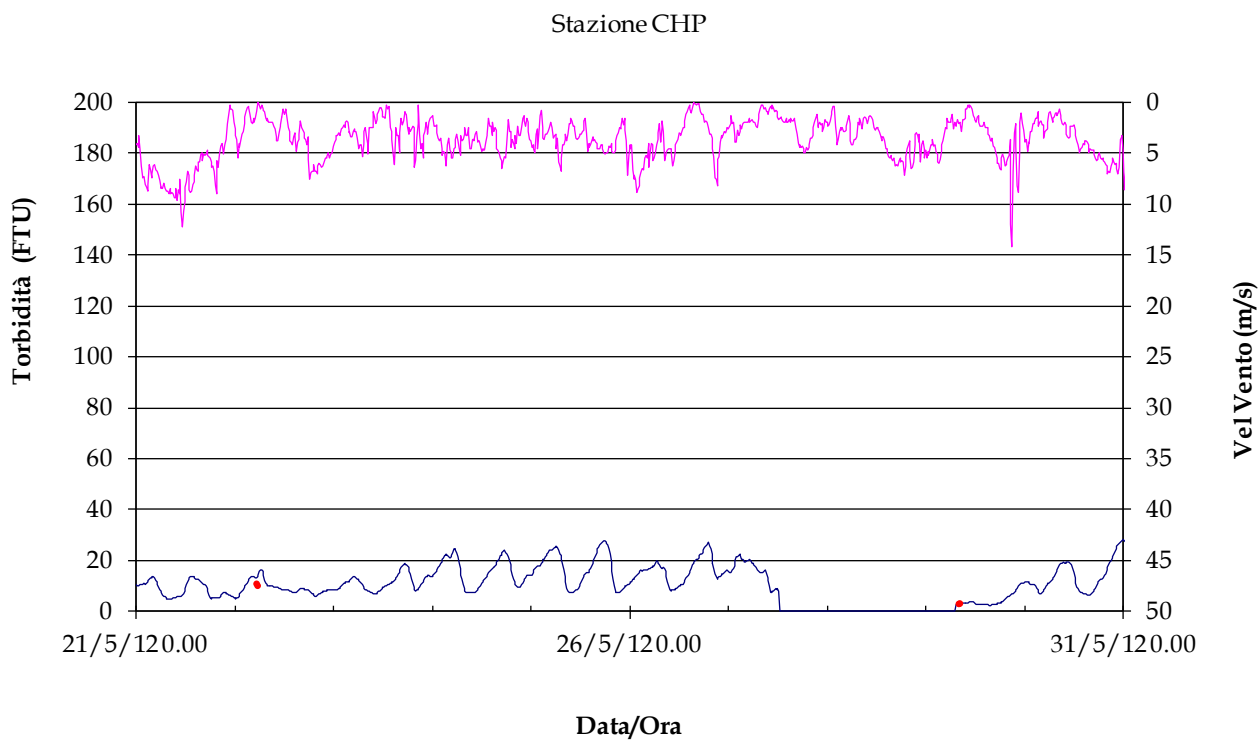


Figura 2.10. Risultato finale dopo l'applicazione della procedura correttiva. Con i pallini rossi sono rappresentati i valore di concentrazione misurati nel campione d'acqua prelevati durante gli intervento di manutenzione.

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).

Il particolato solido in sospensione (Suspended Particulate Matter - SPM) che include sia la frazione organica che inorganica consiste invece 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).

I valori di torbidità, registrati come dati grezzi espressi in FTU devono essere convertiti in valori di concentrazione del particolato solido sospeso (mg/l). Non è tuttavia possibile stabilire una correlazione diretta tra questi due parametri poiché pur essendo in relazione con gli stessi fenomeni, sono funzione di variabili differenti. La misura del SPM dipende, infatti, dal peso totale delle particelle in sospensione con diametro maggiore di 0.4 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. Viene calcolata però successivamente alla procedura di filtrazione e alle correzioni effettuate per rimuovere l'effetto del fouling pertanto per la calibrazione si utilizza solo un sottoinsieme delle coppie di valori di torbidità e concentrazione di SPM disponibili.

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

3. ANALISI E TRATTAMENTO DEI DATI

3.1 Validazione dei dati e calibrazione

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

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

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

Dalla Figura 3.2 è evidente che nel quadrimestre in oggetto non ci sono state interruzioni nelle acquisizioni.

CORILA

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

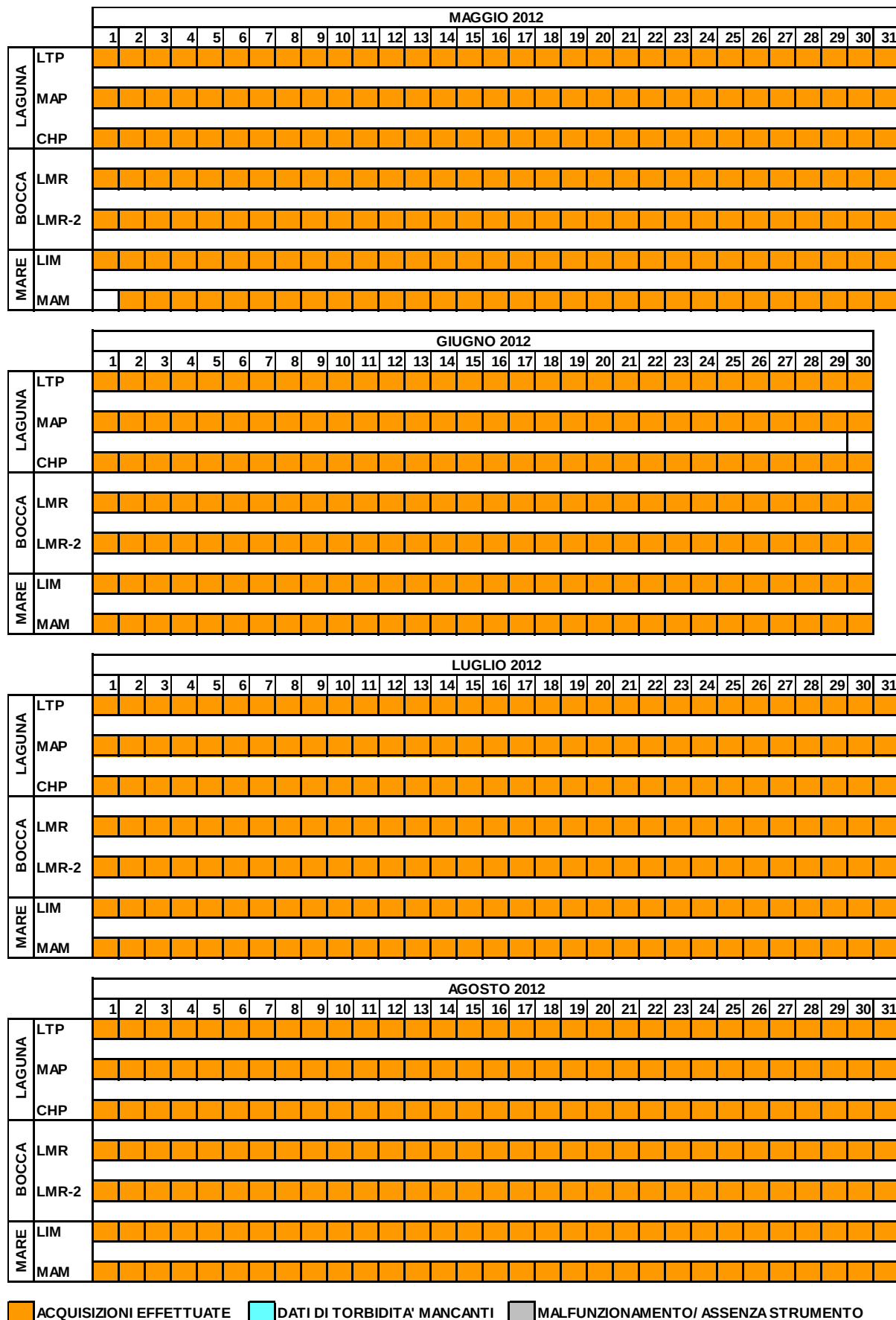


Figura 3.1. Visualizzazione schematica dei periodi di acquisizione degli strumenti impiegati nelle stazioni oggetto del monitoraggio nel periodo Maggio-Agosto 2012

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

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

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

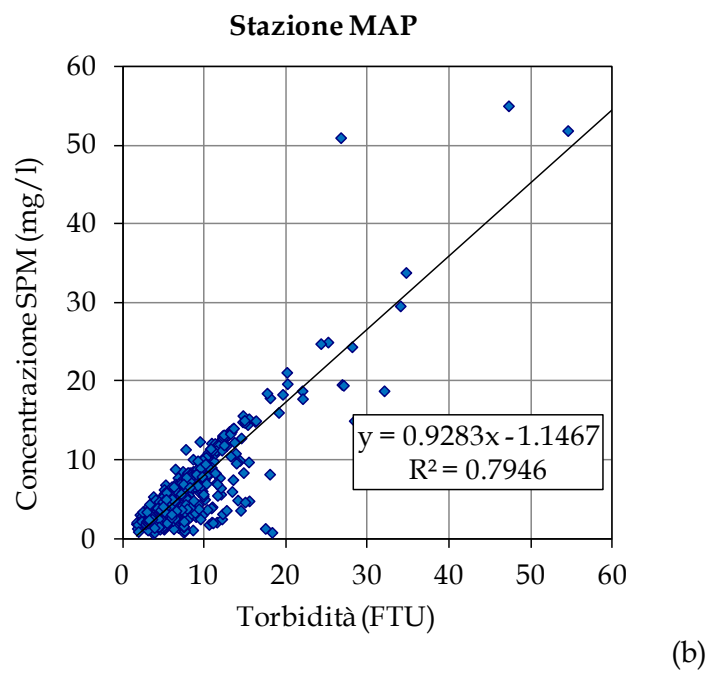
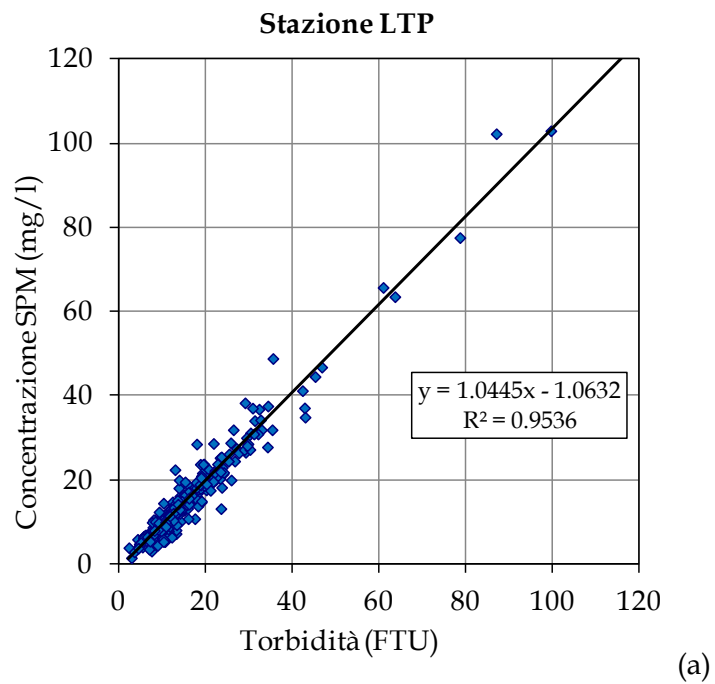
Tipologia	Stazione	Percentuale di funzionamento	Percentuale di dati validati
<i>Stazioni in laguna</i>	LTP	100.0%	88.9%
	MAP	100.0%	85.4%
	CHP	100.0%	89.9%
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	100.0%	91.0%
	LMR-2	100.0%	83.5%
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	100.0%	87.9%
	MAM	100.0%	77.55%

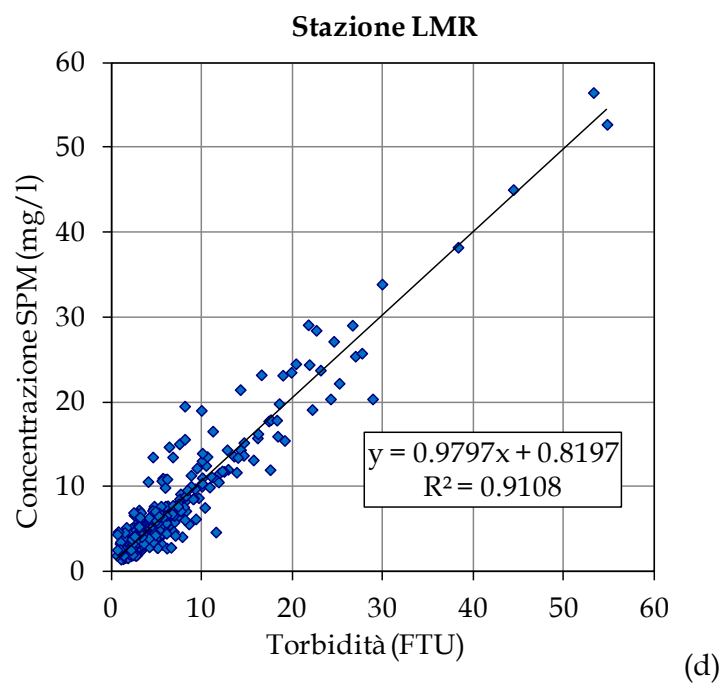
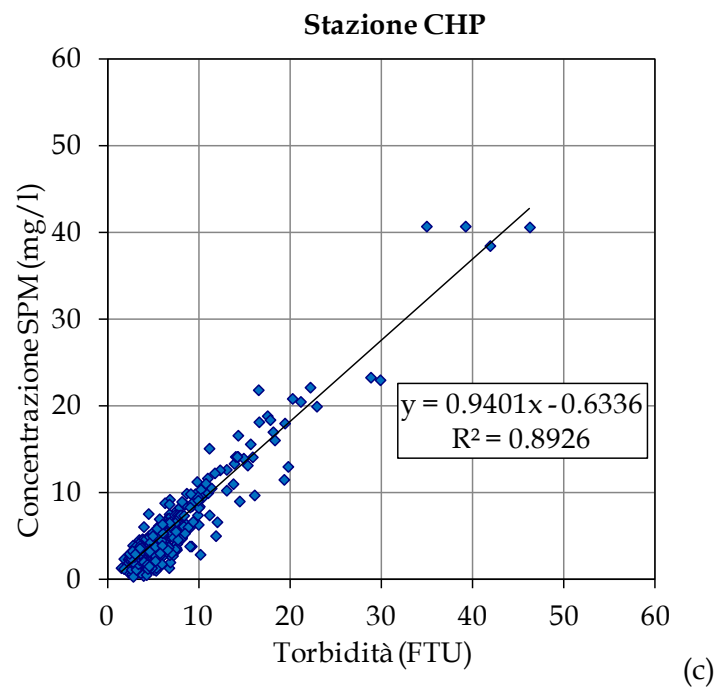
Correlando per ogni stazione i dati di torbidità corretti (FTU) e i corrispondenti valori di concentrazione di SPM (mg/l) nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione sono state determinate le rette di regressione, le cui equazioni sono riportate in Tabella 3.2 e visualizzate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

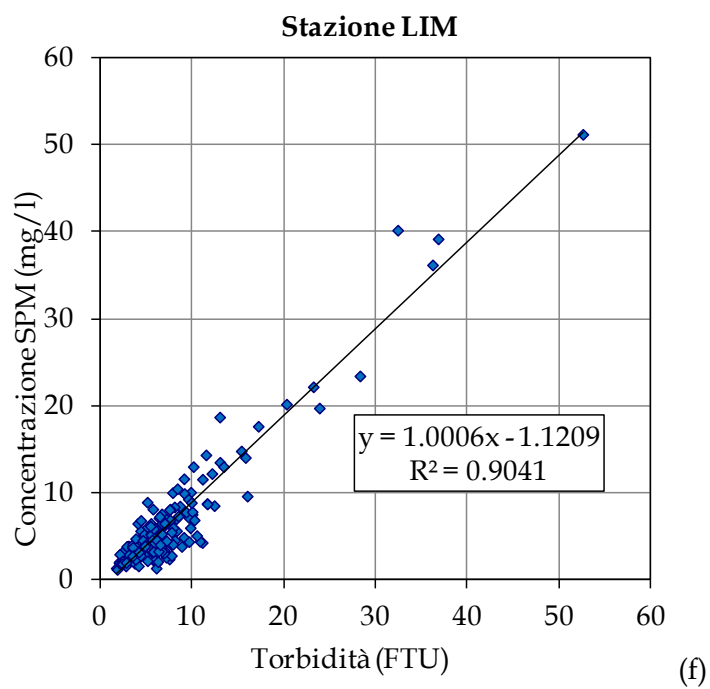
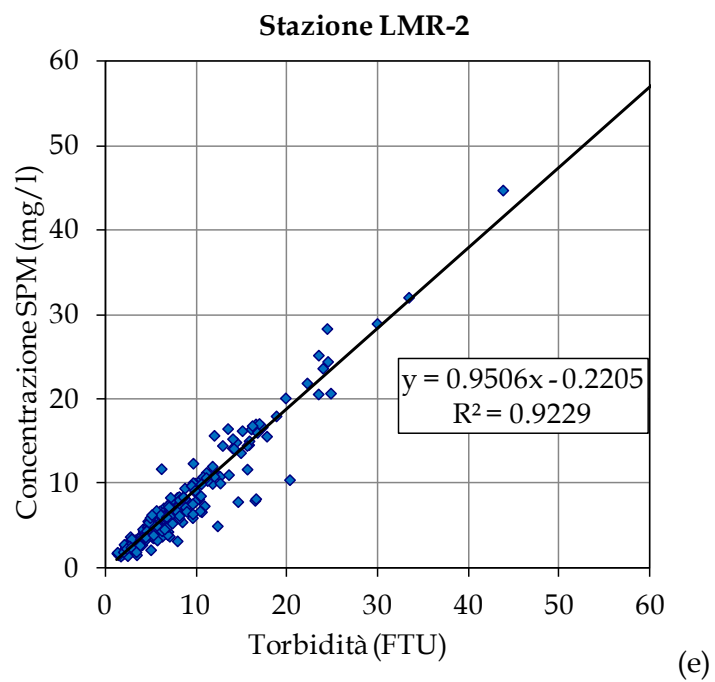
Tabella 3.2 Coefficienti ed equazioni delle rette di regressione utilizzate per la calibrazione dei sensori OBS.

Tipologia	Stazione	Equazione e coefficiente retta di calibrazione
<i>Stazioni in laguna</i>	LTP	$y = 1.0445x - 1.0632$ $R^2 = 0.9536$
	MAP	$y = 0.9283x - 1.1467$ $R^2 = 0.7946$
	CHP	$Y = 0.9401x - 0.6336$ $R^2 = 0.8926$
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	$y = 0.9797x + 0.8197$ $R^2 = 0.9108$
	LMR-2	$y = 0.9506x - 0.2205$ $R^2 = 0.9229$
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	$y = 1.0006x - 1.1209$ $R^2 = 0.9041$
	MAM	$y = 1.0119x - 0.9105$ $R^2 = 0.8808$

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







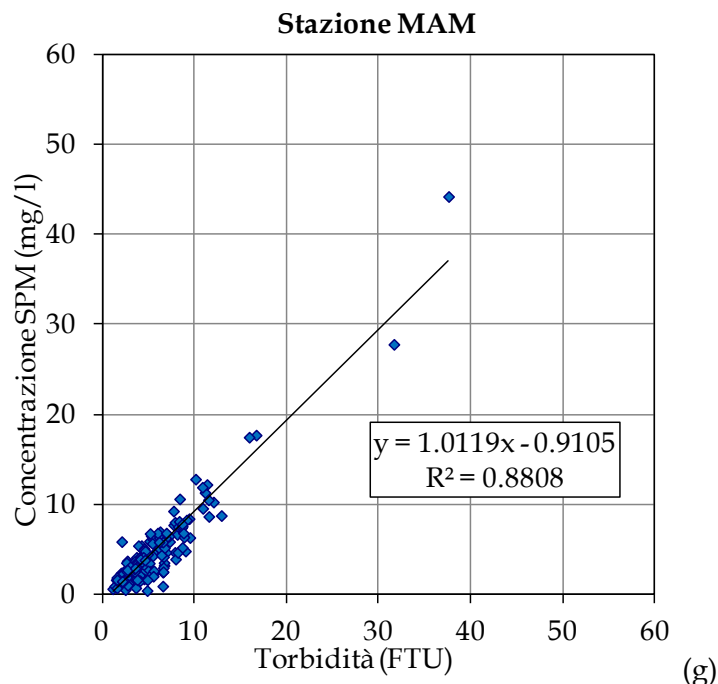


Figura 3.2. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione. Le rette di regressione sono state calcolate includendo tutti i valori disponibili fino ad Agosto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

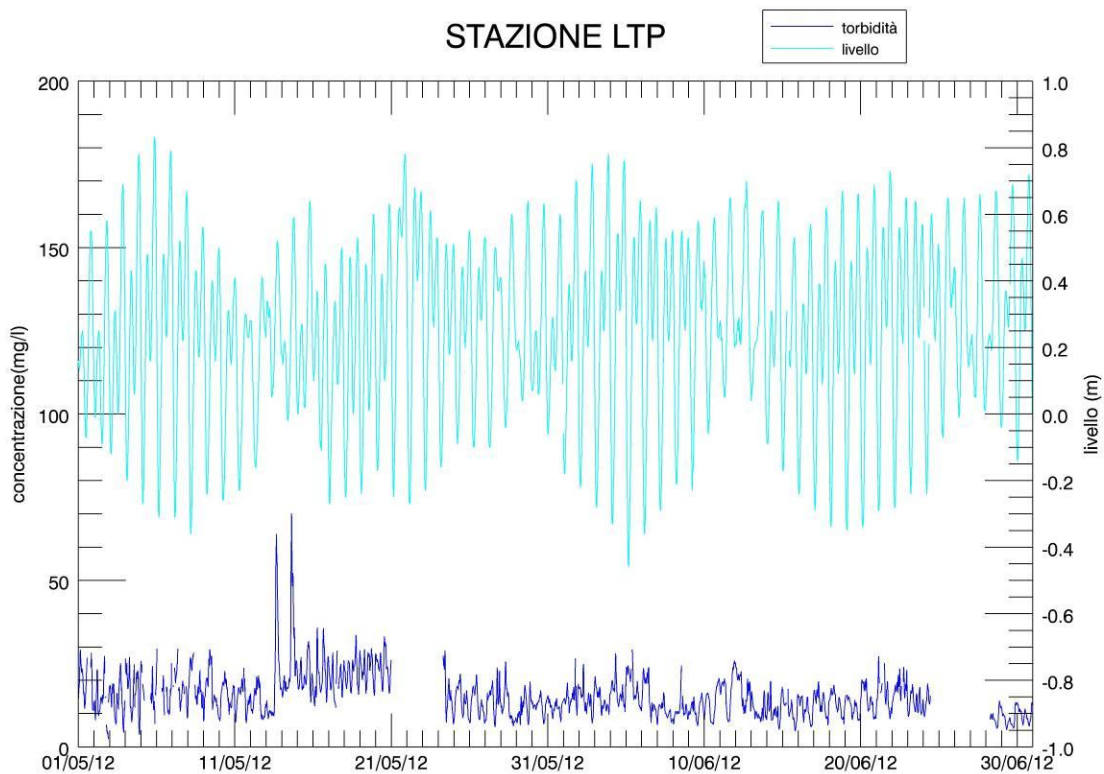
Si osserva come le pendenze delle rette di regressione per tutte le stazioni siano piuttosto vicine o pari all'unità, il che significa una quasi corrispondenza tra valori di concentrazione del materiale sospeso e torbidità. Il valore di R^2 tendente all'unità, invece, indica la bassa dispersione dei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

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

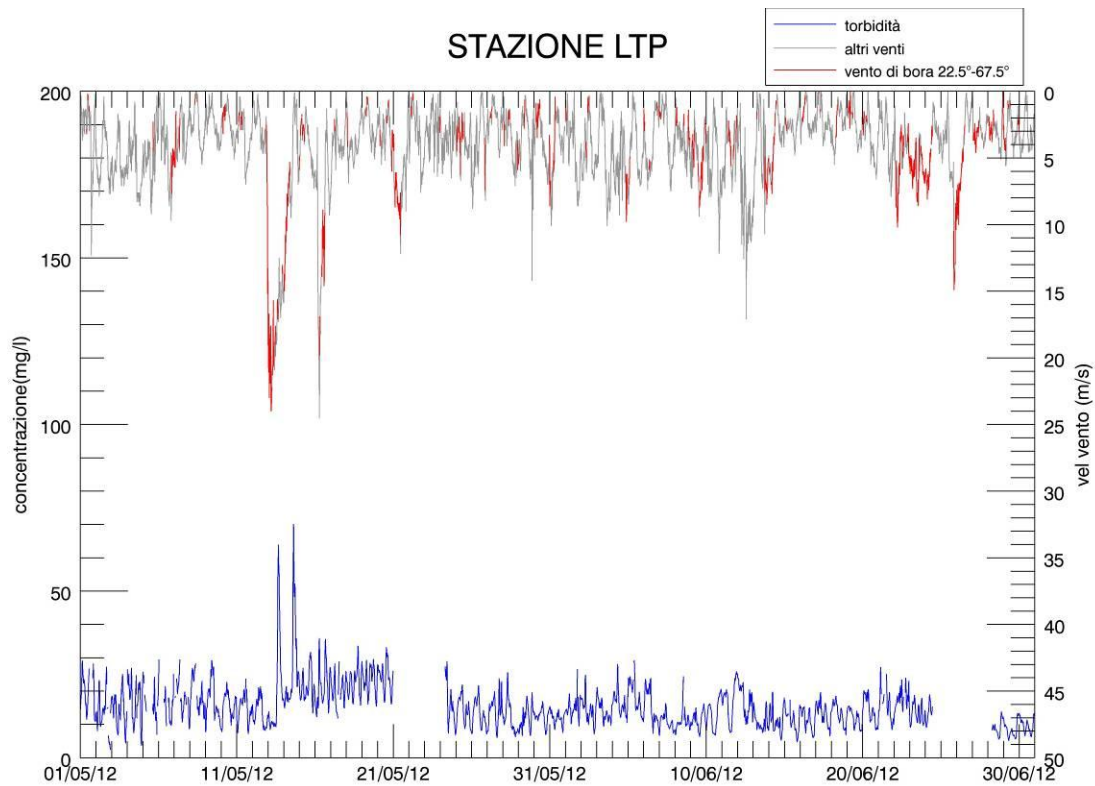
Le serie temporali del periodo Maggio-Agosto 2012 sono incluse nei files del database allegato al presente Rapporto.

Di seguito vengono presentate due tipologie di elaborati grafici: nella prima (da Figura 3.3 (a) a Figura 3.16 (a)) vengono rappresentati i valori di SPM (linea blu) e la curva di marea (linea azzurra) del mareografo più vicino alla stazione in questione (Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia, Diga Sud di Lido, Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia), mentre nella seconda (da Figura 3.3 (b) a Figura 3.16 (b)) l'SPM è rappresentato insieme all'andamento orario della velocità del vento (evidenziando con il colore rosso il vento di bora), misurata alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR.

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



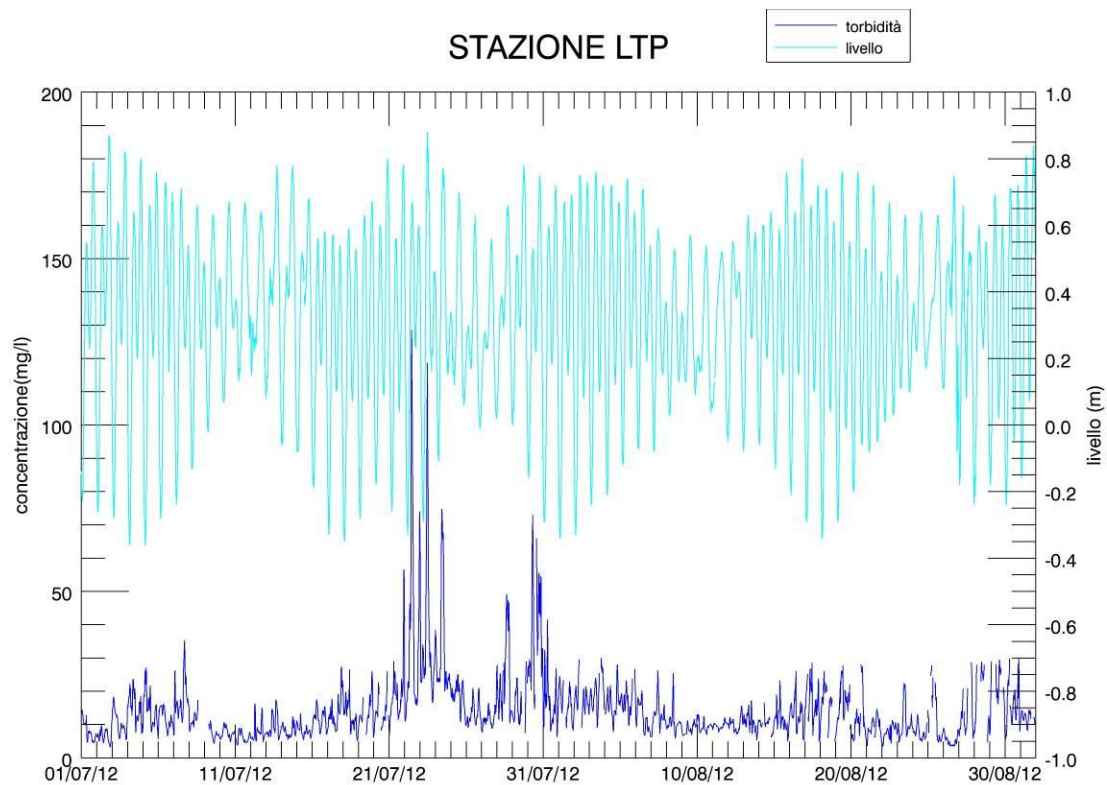
(a)



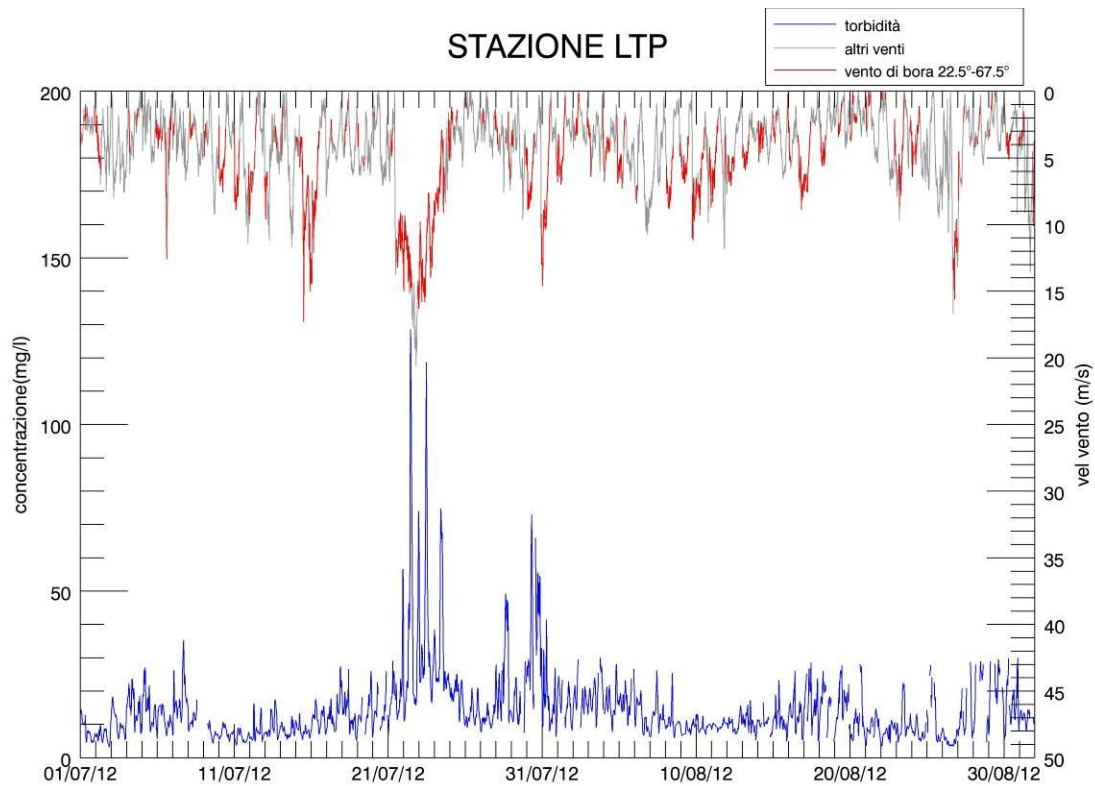
(b)

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

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



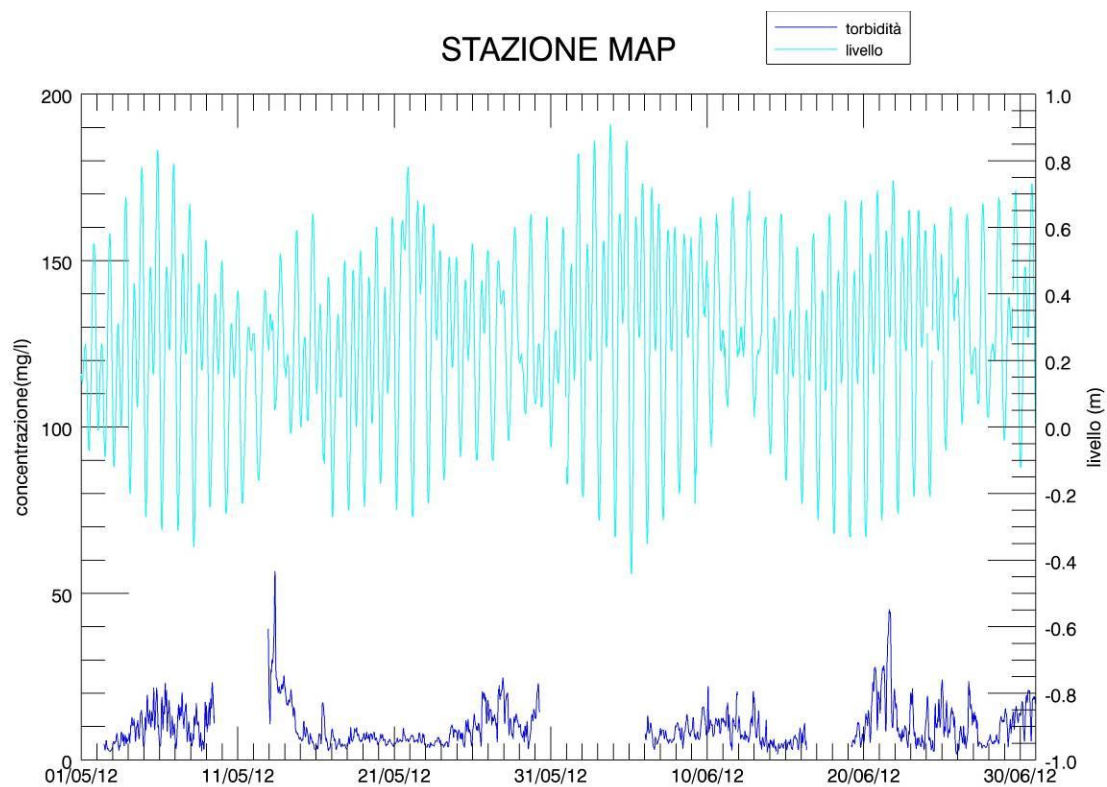
(a)



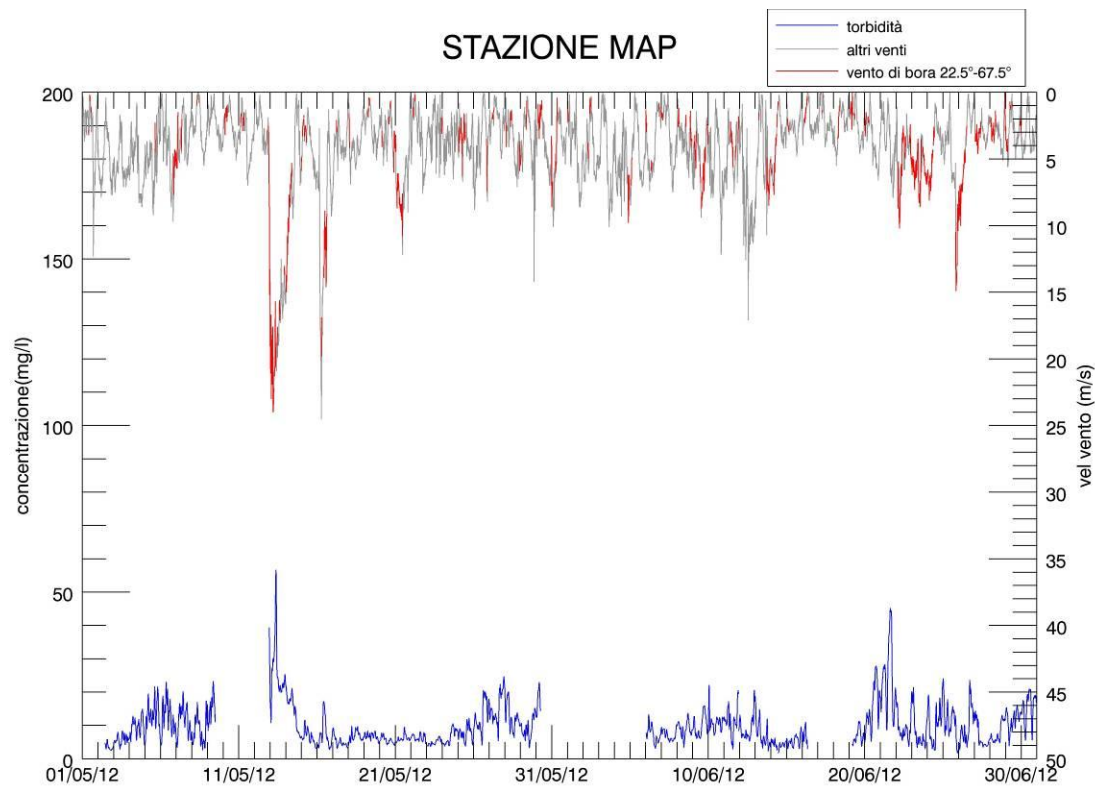
(b)

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

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



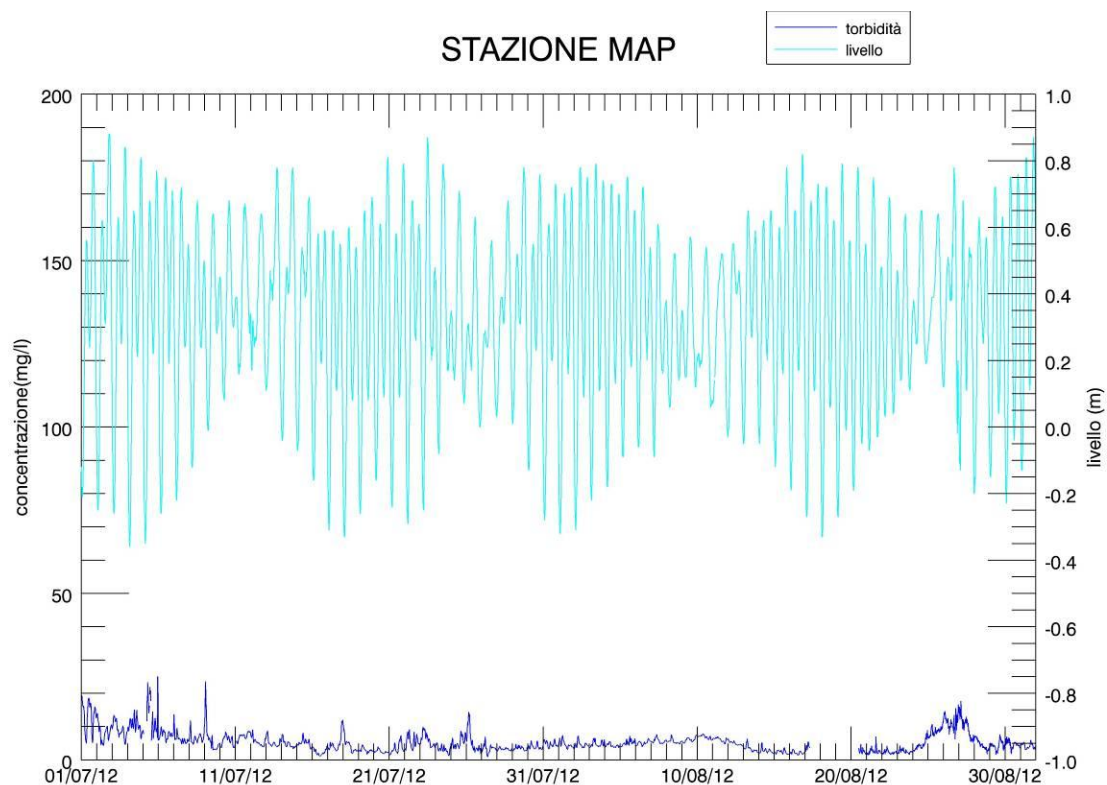
(a)



(b)

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

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



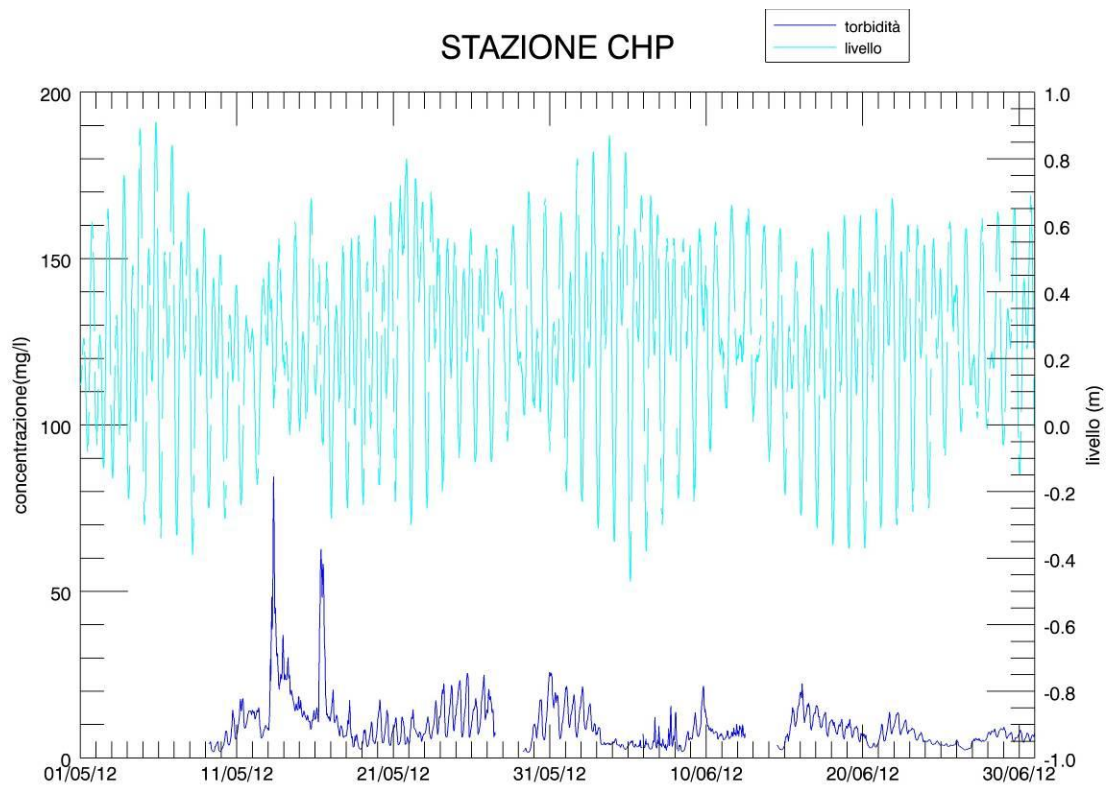
(a)



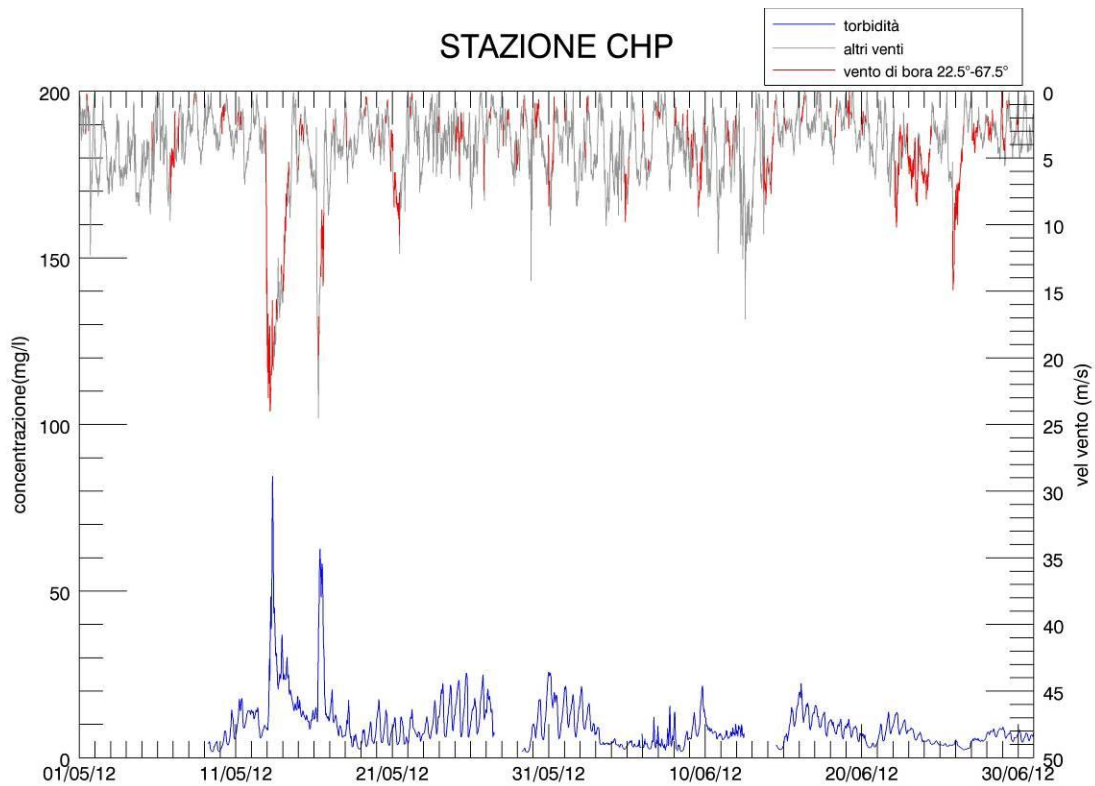
(b)

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

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



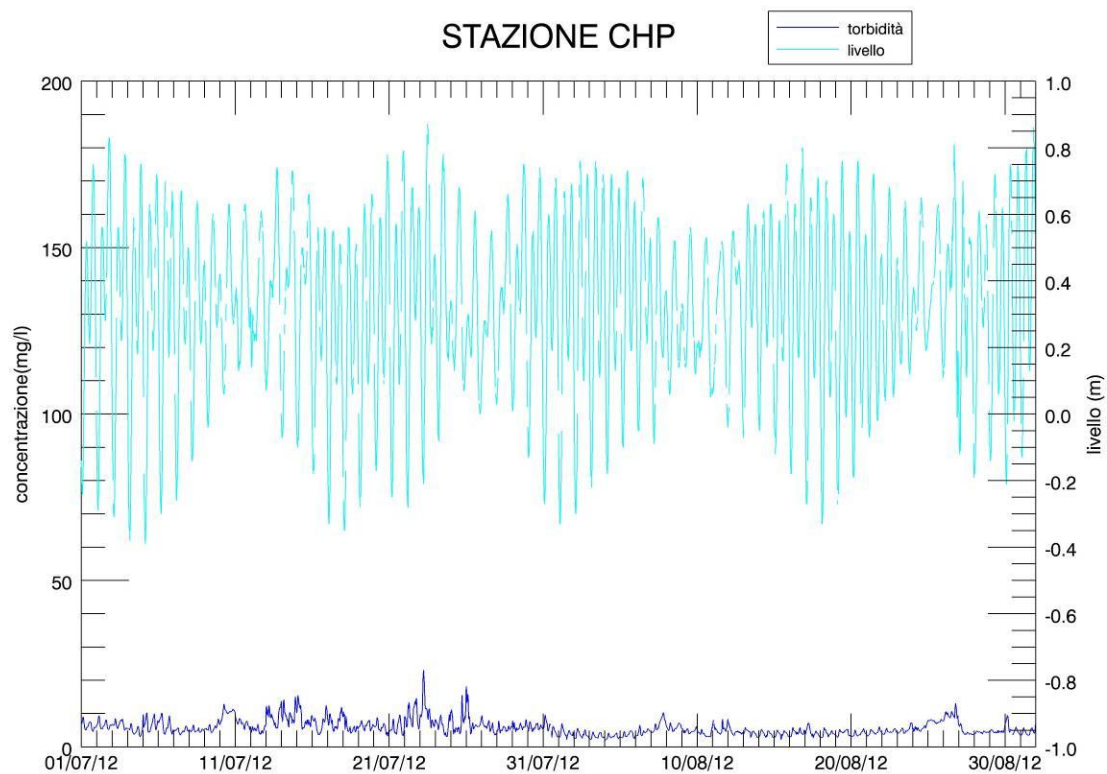
(a)



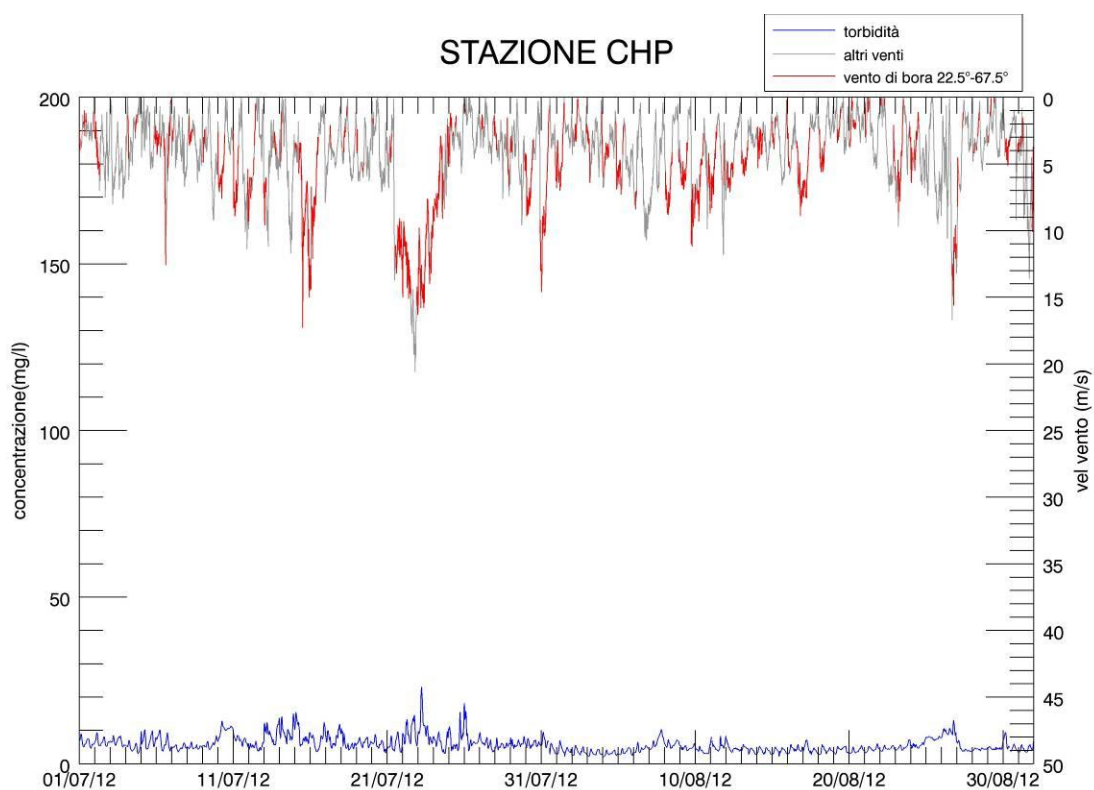
(b)

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

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



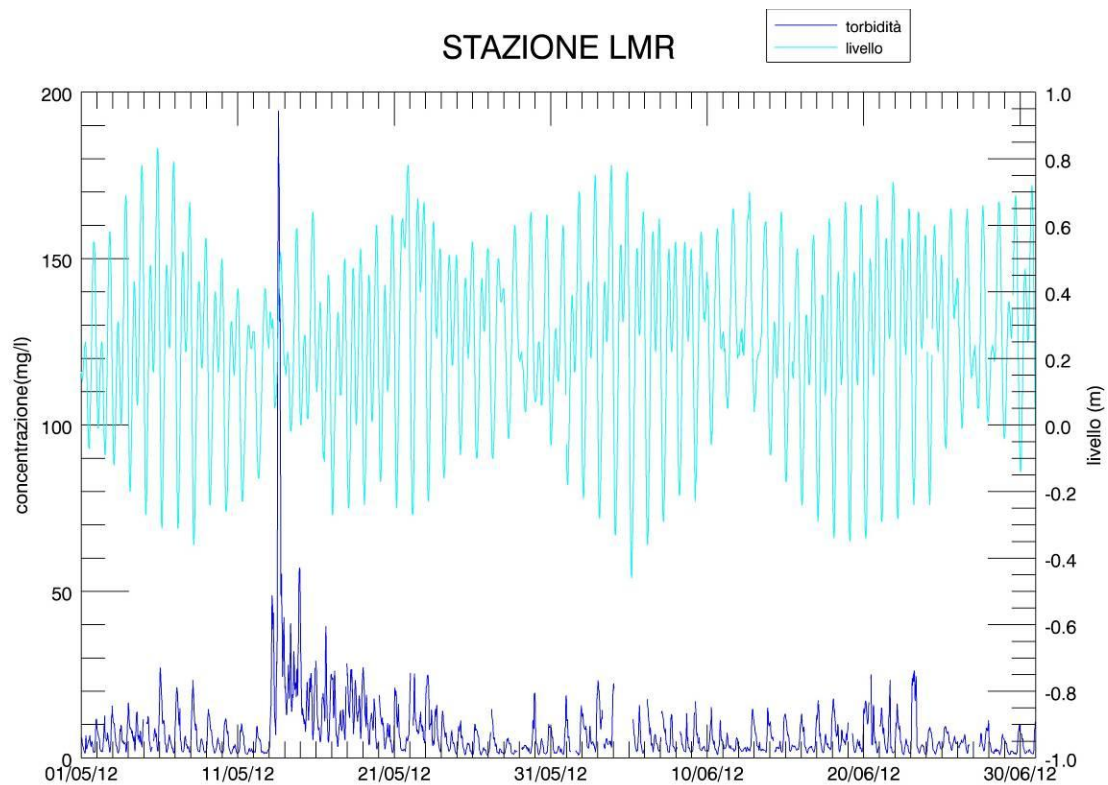
(a)



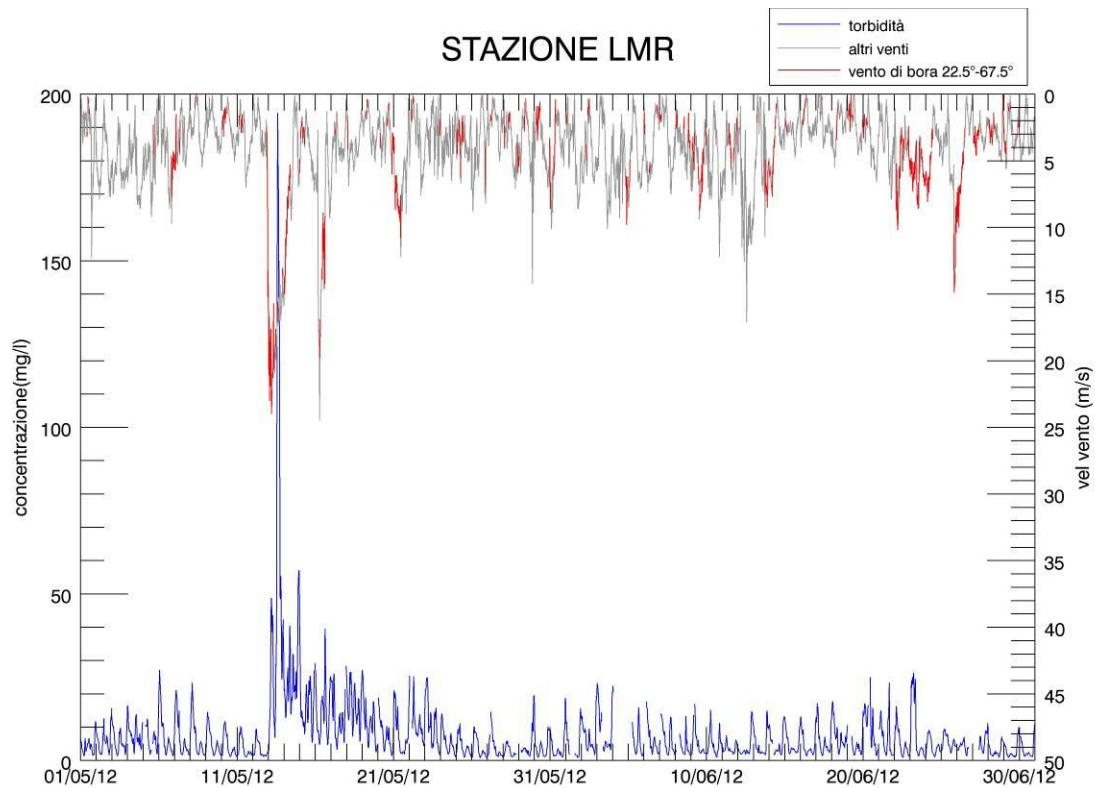
(b)

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

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



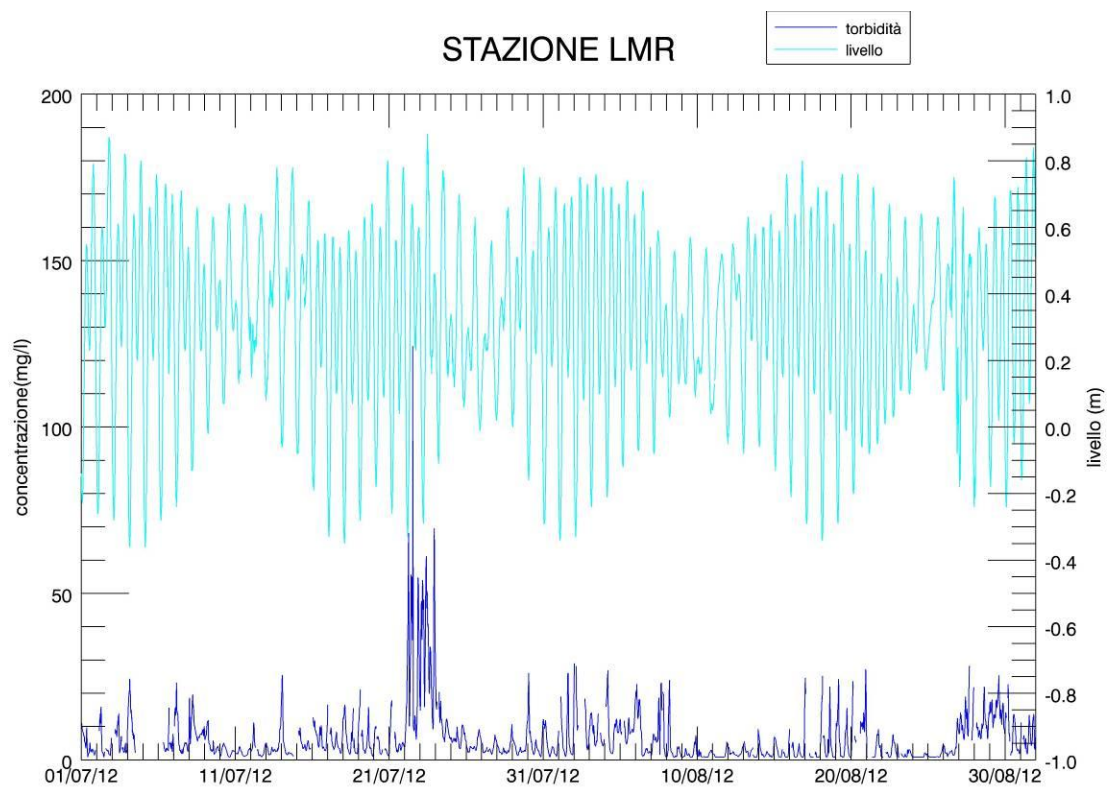
(a)



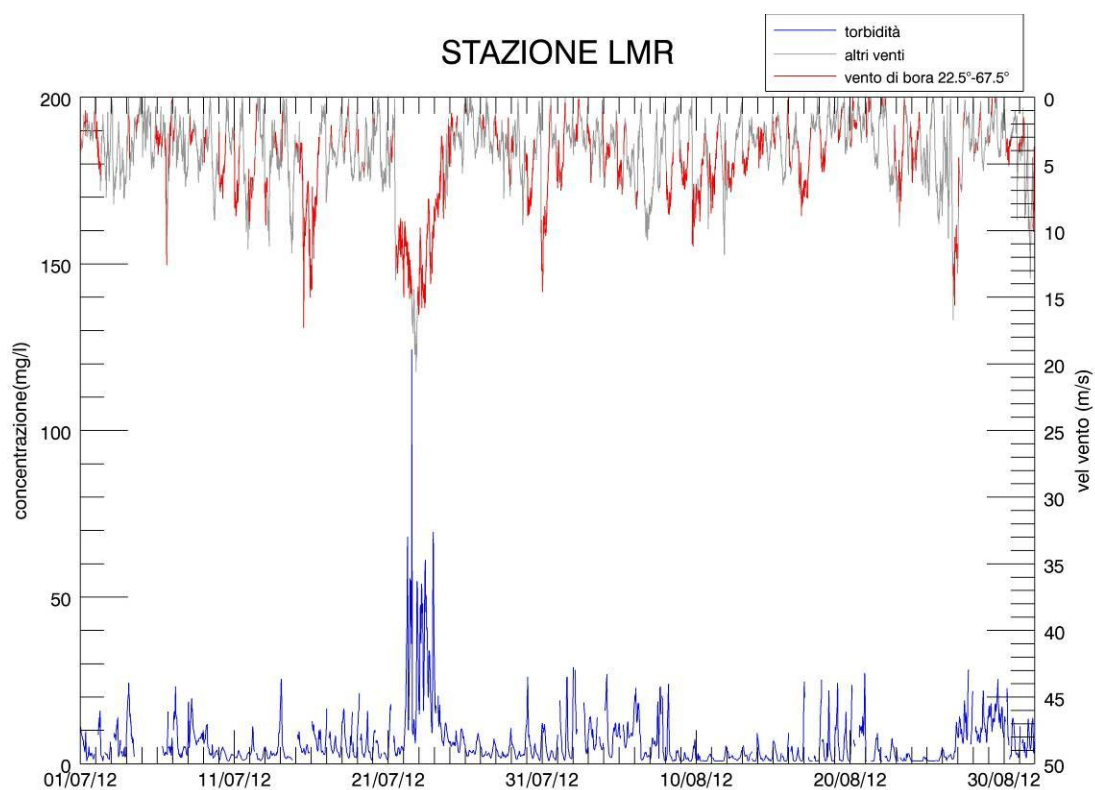
(b)

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

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



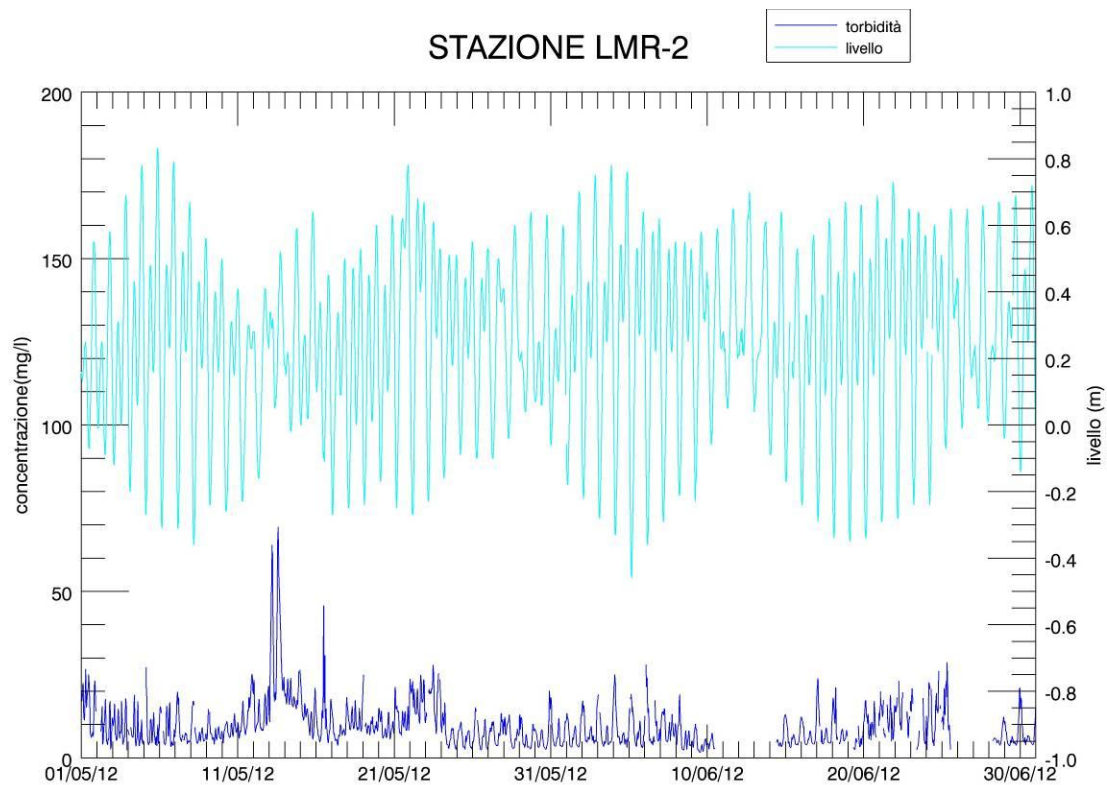
(a)



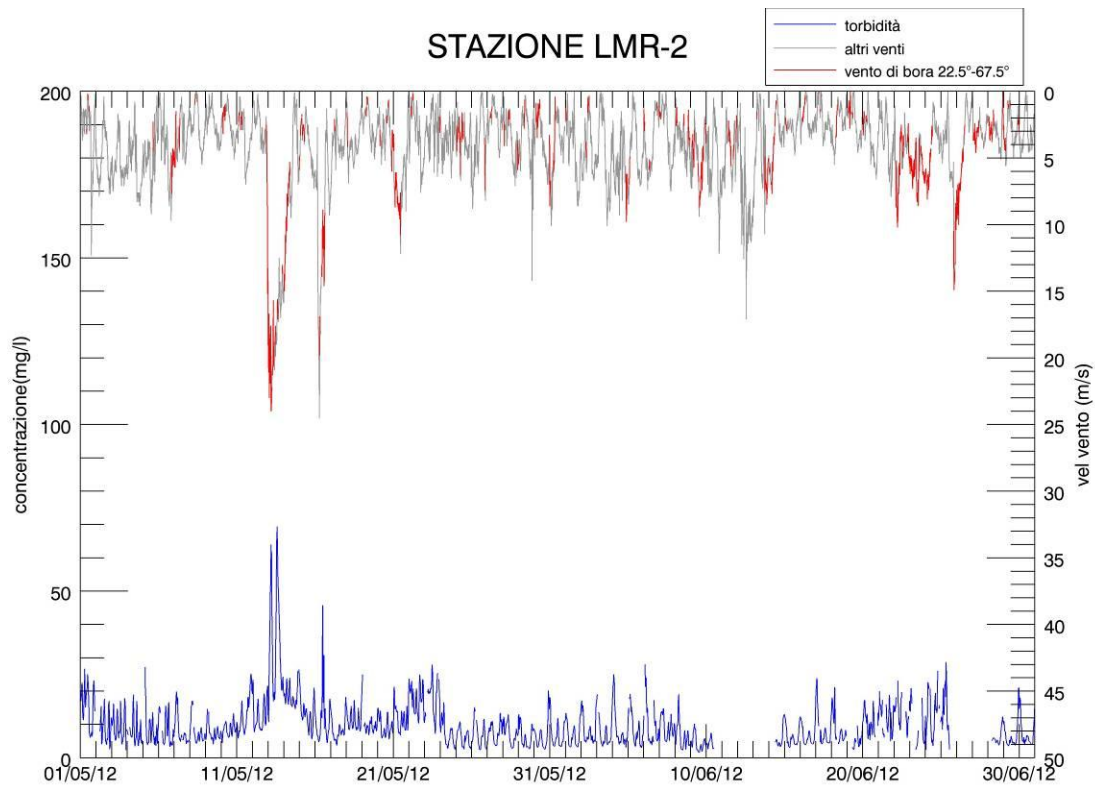
(b)

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

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



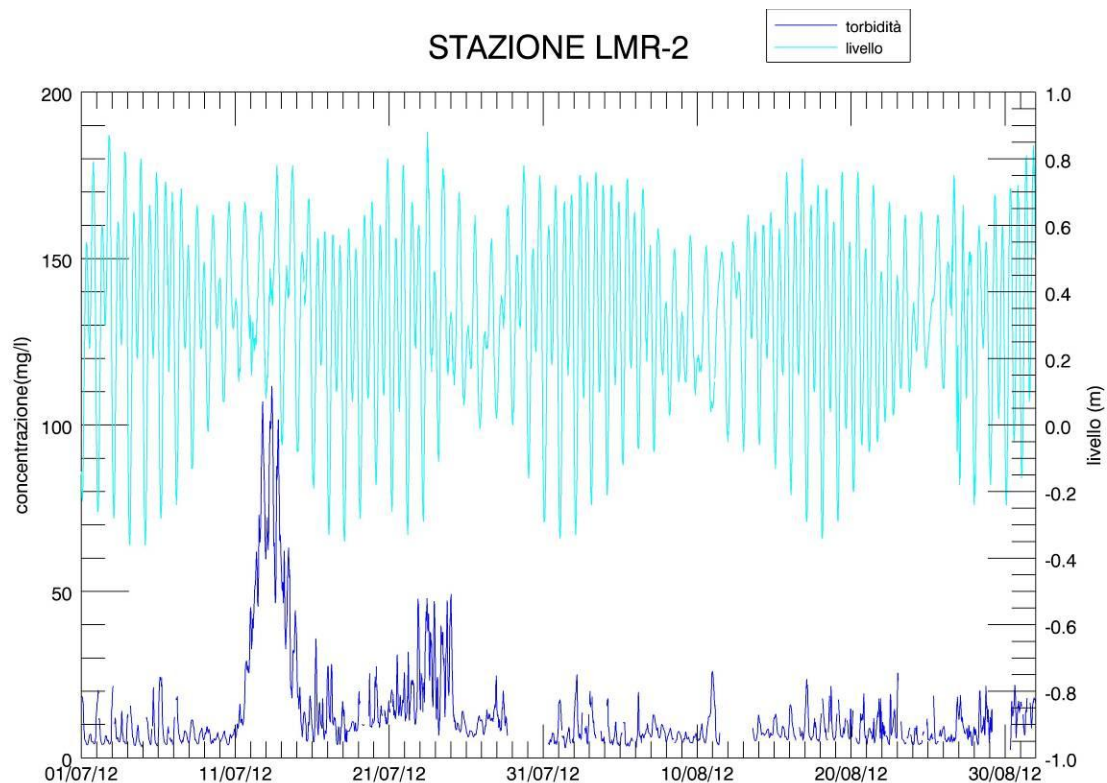
(a)



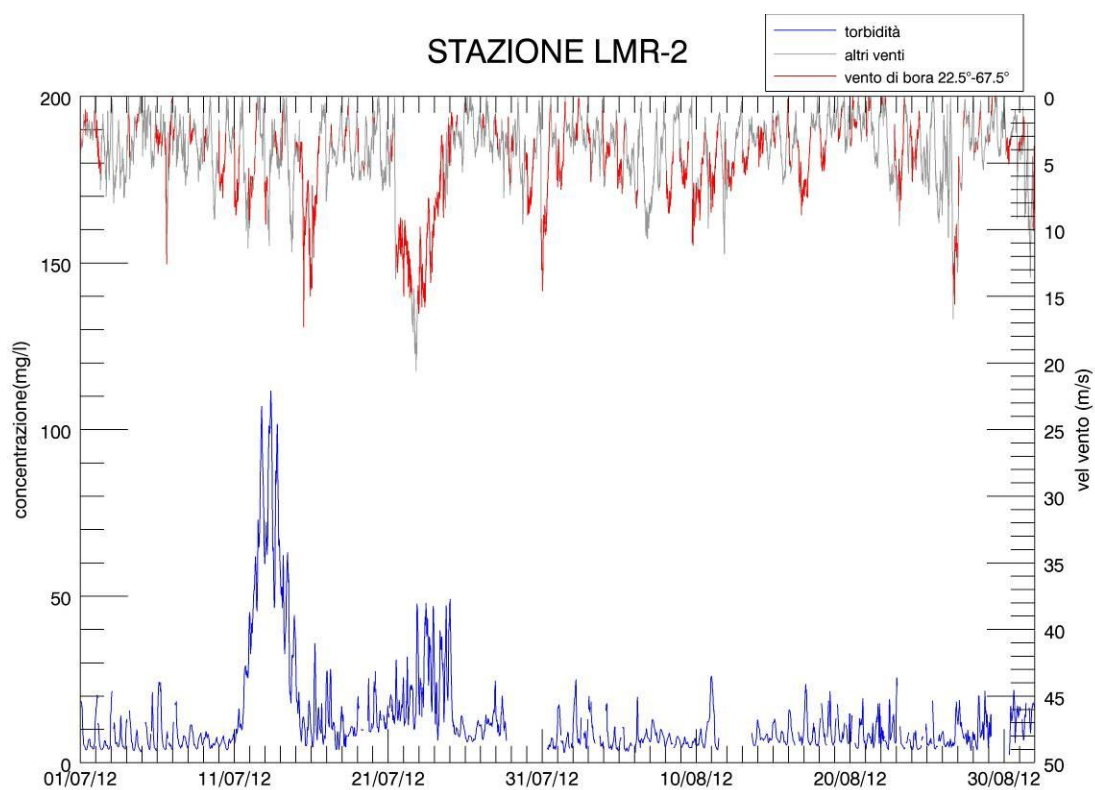
(b)

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

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



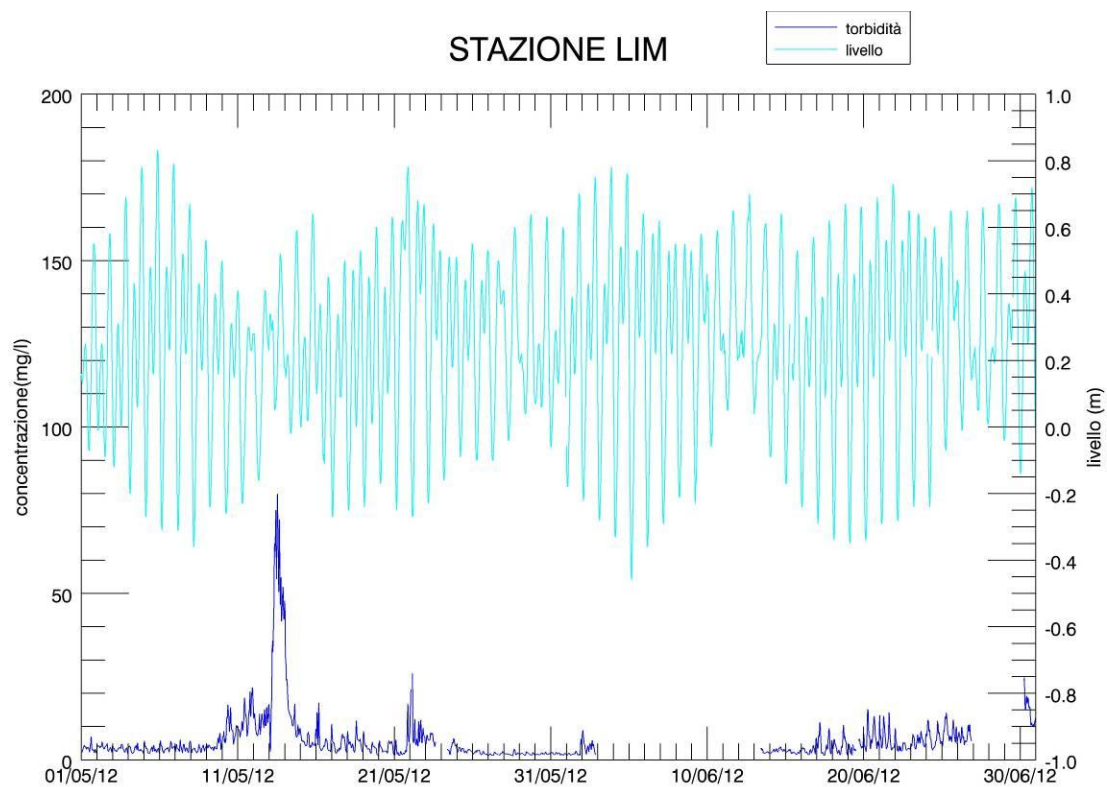
(a)



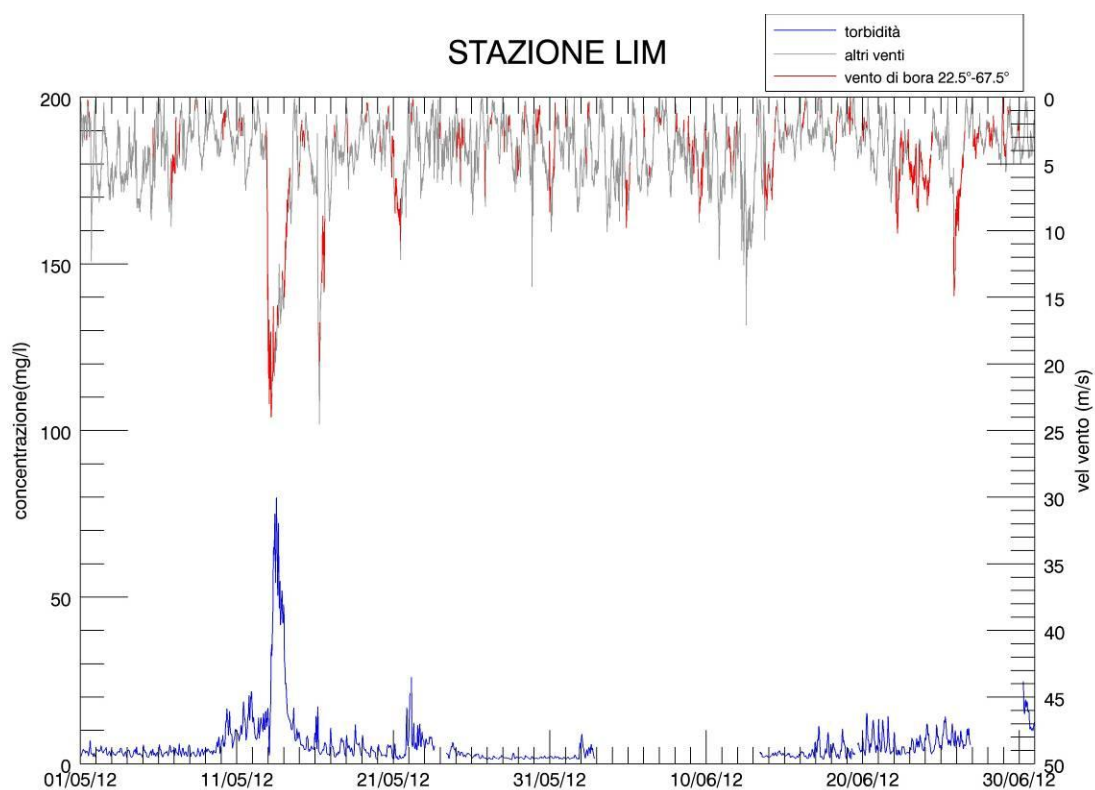
(b)

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

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



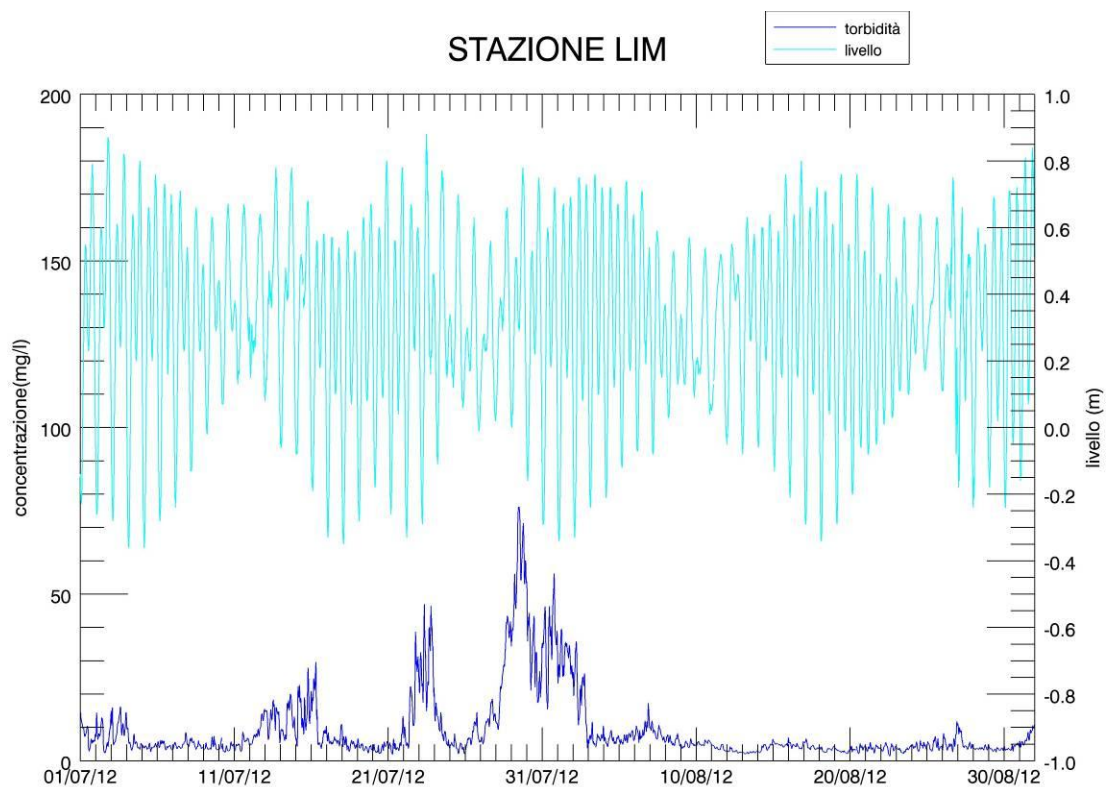
(a)



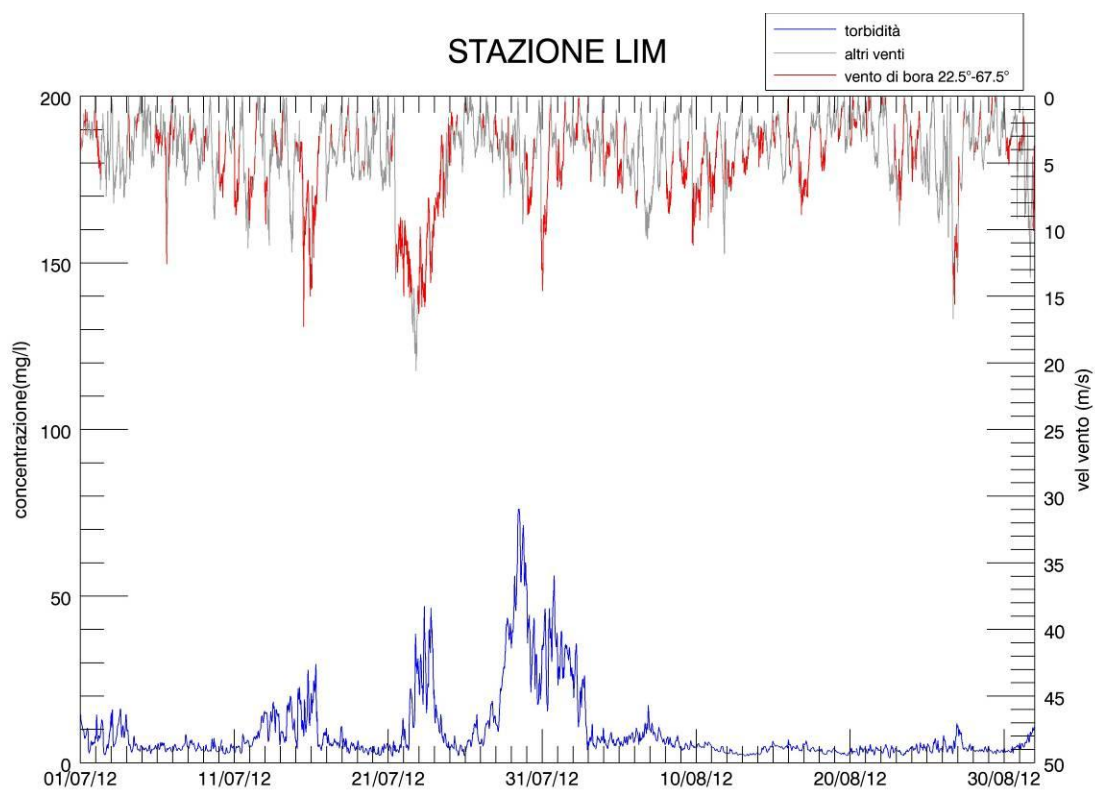
(b)

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

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



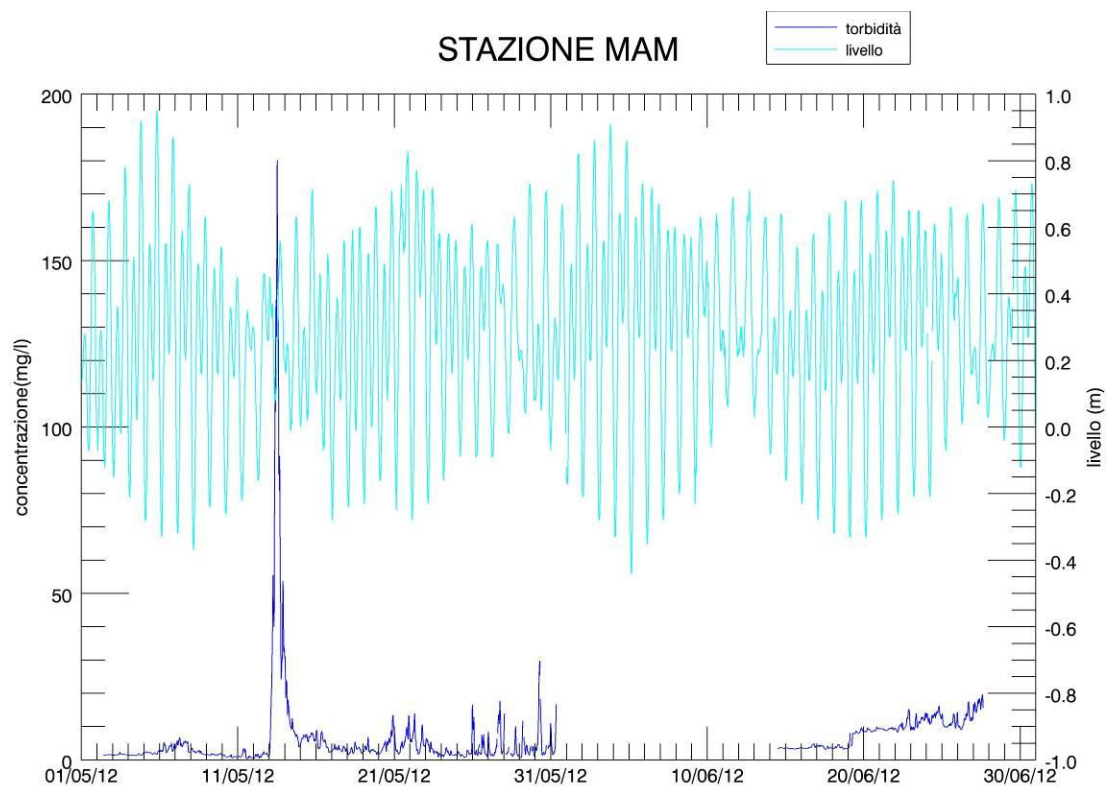
(a)



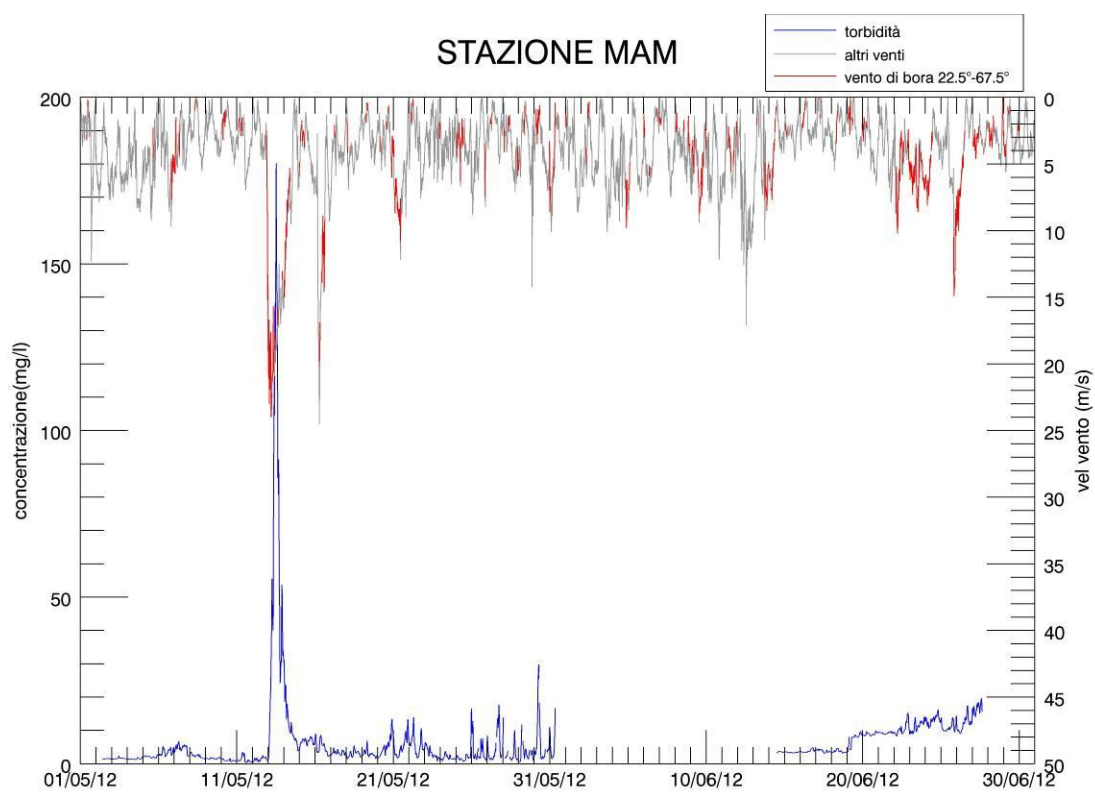
(b)

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

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



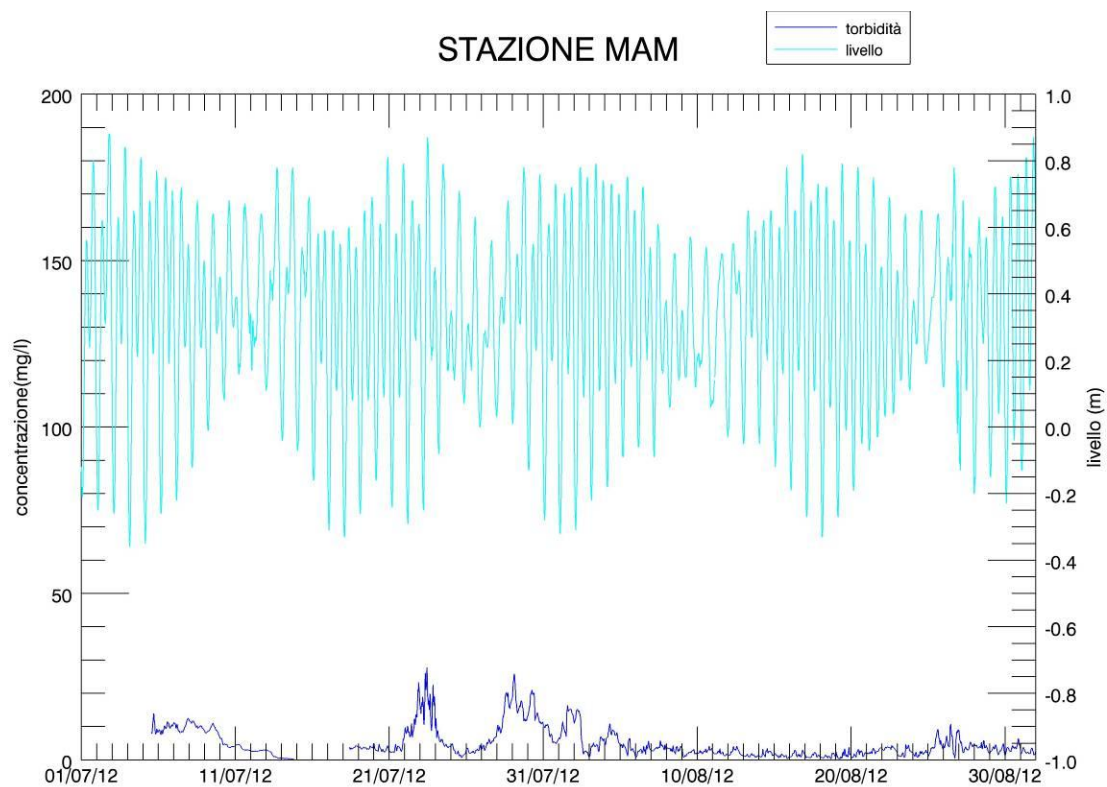
(a)



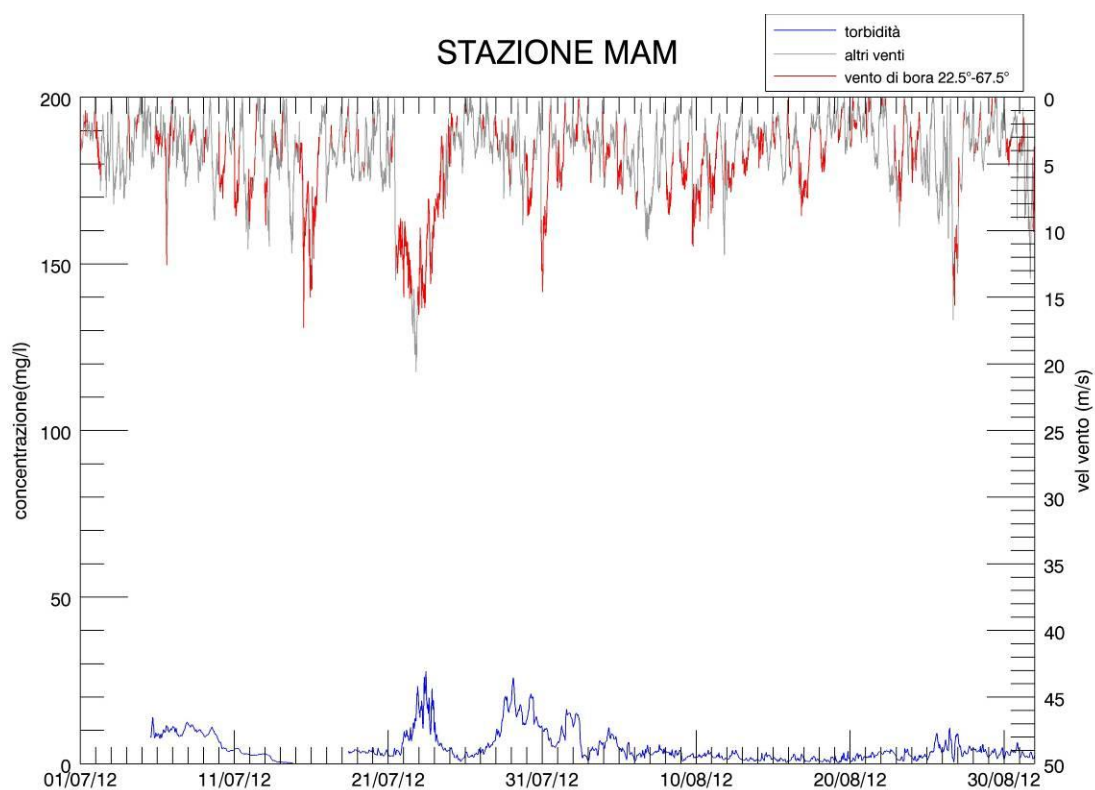
(b)

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

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



(a)



(b)

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

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

Sulle serie temporali convertite in 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 sui quali è stata fatta l'elaborazione. Le concentrazioni sono espresse in mg/l.

PARAMETRI	<i>Stazioni in laguna</i>			<i>Stazioni in bocca di porto</i>		<i>Stazioni a mare</i>	
	LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM
Ntot	10492	10087	10612	10744	9864	10377	9160
Media	14.6	7.3	7.4	6.9	11.5	7.7	5.6
Dev. Std.	8.6	5.1	5.5	9.6	11.5	9.6	8.8
Max.	128.5	56.7	84.5	194.3	111.7	79.9	180.2
Min.	2.3	0.9	1.6	0.8	1.6	1.2	0.2
25° percentile	9.4	4.1	4.4	2.2	5.6	3.3	2.0
50° percentile	12.9	5.8	5.9	4.1	8.2	4.6	3.5
75° percentile	17.7	8.9	8.6	8.7	13.0	7.5	7.5
95° percentile	26.3	17.6	16.2	20.4	27.6	27.8	14.9
Media interquartile	13.6	6.5	6.5	5.5	9.3	5.4	4.7

Media, massimo e minimo, deviazione standard, media interquartile

I valori minimi, che rappresentano le condizioni dell'acqua in assenza di perturbazioni sia biologiche sia meteomarine, sono variabili tra 0.2 mg/l (stazione a mare MAM) e 2.3 mg/l (stazione lagunare LTP).

Per quanto riguarda le medie, si hanno valori più bassi per le stazioni MAM (5.6 mg/l), LMR (6.9 mg/l), più elevati per LTP (14.6 mg/l) e LMR-2 (11.5 mg/l) intermedi e confrontabili tra loro per MAP (7.3 mg/l) e CHP (7.4 mg/l) e LIM (7.7 mg/l).

La deviazione standard per le stazioni in bocca e a mare assume valori pari o superiori alla media e il rapporto deviazione standard/media è maggiore dell'unità, il che implica una notevole dispersione dei dati. Risultano invece meno dispersi i dati delle stazioni in laguna.

È comunque 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 la stazioni a mare MAM (4.7 mg/l) e LIM (5.4 mg/l) e la stazione in bocca di porto LMR (5.5 mg/l), più elevati per LTP (13.6 mg/l) e intermedi per MAP e CHP (6.5 mg/l) e LMR-2 (9.3 mg/l).

I valori massimi di torbidità sono raggiunti nelle stazioni MAP (56.7 mg/l), LIM (79.9 mg/l), CHP (84.5 mg/l), MAM (180.2 mg/l) e LMR (194.3 mg/l) durante l'evento meteo intenso con forte vento di bora avvenuto nei giorni 12-14 Maggio 2012. Per la stazione LTP (128.5 mg/l) il massimo è stato

raggiunto durante l'evento meteo di bora del 21-23 Luglio 2012. Per la stazione LMR-2 si ha un massimo di 111.7 mg/l in assenza di eventi meteo.

Percentili

I valori del 25° percentile rappresentano convenzionalmente le condizioni ordinarie di assenza di perturbazioni, cioè assenza di rilevante moto ondoso e velocità della corrente di marea inferiore a qualche cm/s. Si nota come i valori più bassi si hanno per le stazioni a mare MAM (2.0 mg/l), e LIM (3.3 mg/l) e in bocca di porto LMR (2.2 mg/l); il valore maggiore si ha per la stazione LTP (9.4 mg/l) mentre valori intermedi si hanno per le altre stazioni (4.1 per MAP, 4.4 mg/l per CHP, 5.6 mg/l per LMR-2).

Il 50° percentile coincide con il valore mediano e quindi rappresenta le condizioni più probabili. In questo caso si nota come i valori più bassi si hanno per le stazioni a mare (3.5 mg/l a MAM, 4.6 mg/l a LIM) e in bocca LMR (4.1 mg/l); il valore maggiore si ha per la stazione LTP (12.9 mg/l) mentre valori intermedi si hanno per le altre stazioni (5.8 mg/l per MAP, 5.9 mg/l per CHP e 8.2 mg/l per LMR-2).

I valori del 75° percentile si possono considerare, invece, come indicatori di torbidità relativamente elevate dovute ad un'eccessiva presenza di carico organico, come nei mesi estivi, o a eventi meteo marini di moderata intensità. In questo caso i valori delle stazioni a mare sono più bassi (7.5 mg/l a MAM e LIM), sono più elevati per LMR-2 (13.0 mg/l) e LTP (17.7 mg/l) e tra loro simili per le restanti stazioni (8.6 mg/l per CHP, 8.7 mg/l per LMR, 8.9 mg/l per MAP).

Infine, la distribuzione del 95° percentile è rappresentativa dei valori estremi legati al verificarsi di eventi meteomarinari intensi, che possono provocare un apprezzabile innalzamento della concentrazione del materiale solido sospeso in laguna e in mare, nonché un aumento del trasporto di sedimenti lungo costa con aumenti del carico rilevabili anche nei giorni successivi all'evento. In questo caso si hanno i valori più bassi per le stazioni MAM (14.9 mg/l), CHP (16.2 mg/l), MAP (17.6 mg/l) e valori superiori e tra loro confrontabili per LMR (20.4 mg/l) e LTP (26.3 mg/l) LMR-2 (27.6 mg/l), LIM (27.8 mg/l).

Si nota come la stazione LTP in questo quadrimestre, come nel precedente, abbia i percentili 25° , 50° , 75° 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.

3.3 Analisi degli eventi meteo e dei picchi di torbidità

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

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

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

CORILA

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

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

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)					
				Stazioni in laguna			Stazioni in bocca di porto		Stazioni a mare
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM MAM
1 Maggio	16:45-17:15	10.5-12.3	220° libeccio				4.56	7.73	3.02
12-14 Maggio	23:15-4:45	9.4-24.0	65° bora	63.93	56.7	84.48	194.31	69.3	79.88 180.20
16 Maggio	4:00-10:00	11.0-24.5	10° tramontana	35.81	17.2	62.68	18.23	14.2	17.13 8.54
16 Maggio	10:15-14:30	24.0-64.0	42° bora	21.85	17.1	58.19	28.72	45.7	6.16 6.51
21 Maggio	11:00-11:30	10.8-12.2	86° levante		5.8	5.79	2.31	9.1	1.90 4.92
29 Maggio	20:45-21.00	12-14.2	338° tramontana	18.25	12.7	5.66	11.37	10.1	2.24 4.09
3 Giugno	16:00	10.1	156° scirocco	13.23	8.31	4.20	4.21	4.8	
10 Giugno	19:30-20:30	10.2-12.2	248° ponente	19.44	8.31	6.56	11.23		
12 Giugno	6:30	11.5	173° mezzogiorno	21.57	7.00	6.31	2.13		
12 Giugno	8:15	10.8	148° scirocco	22.15	6.09	9.02	2.78		
12 Giugno	9:00	10	163° mezzogiorno	20.76	6.39	6.78	2.76		
12 Giugno	9:30-10:00	10.6-12.6	213° libeccio	17.48	8.75	6.93	3.13		
12 Giugno	13:15-22:45	8.1-17.1	226° libeccio	20.48	20.50		14.69		
13 Giugno	17:30-17:45	10-10.7	339° tramontana	11.06	9.38		1.94		2.12
22 Giugno	5:30	10.2	28° bora	17.94	7.82	13.57	9.50		4.11
25 Giugno	19:30-23:15	8.4-14.9	59° bora		11.51	4.91	6.50		9.94 13.92
26 Giugno	3:00	10	58° bora		7.55	3.77	3.81		7.28 13.12
6 Luglio	14:30-14:45	11.1-12.6	59° bora	6.54	6.39	5.68	3.05	8.2	4.14 11.30
6 Luglio	15:00-15:15	10.2-10.5	78° levante	7.45	7.17	6.64	2.75	8.6	4.23 11.05
11 Luglio	18:45	10.1	174° mezzogiorno	4.79	7.88	7.51	1.47	26.3	6.07 2.96
11 Luglio	21:30	11.4	280° ponente	6.82	8.34	5.99	3.17	26.5	6.35 2.85
13 Luglio	5:00	10	116° scirocco	7.38	4.81	12.43	1.60	84.7	6.38 2.57
13 Luglio	6:00-6:45	10.2-11.2	119° scirocco	8.24	4.72	10.15	1.56	101.2	8.95 2.45
14 Luglio	17:00-18:30	10.1-11.7	161° mezzogiorno	12.46	4.04	8.17	1.47	32.4	17.99 0.22
14 Luglio	19:30	10.7	164° mezzogiorno	10.68	3.90	7.15	1.21	31.6	10.02 0.17
15 Luglio	11:30-13:30	10.1-17.3	45° bora	7.94	6.24	7.63	4.71	13.8	18.94

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
15 Luglio	14:45	10.4	52° bora	9.90	5.33	6.91	2.76	6.2	10.62	
15-16 Luglio	20:15-1:30	9.9-15	34° bora	11.47	4.11	9.46	12.67	18.6	20.83	
16 Luglio	2:15-3:30	8.2-12.1	49° bora	13.02	3.55	8.11	11.56	7.1	21.36	
16 Luglio	4:30	10.4	5° tramontana	12.61	2.88	8.46	9.25	18.1	23.03	
21 Luglio	11:00-12:30	11.8-13.7	8° tramontana	41.44	2.54	5.56	3.27	30.9	4.90	3.40
21-23 Luglio	12:45:13:45	9.1-20.6	56° bora	128.46	9.77	22.94	124.26	47.9	46.93	27.67
23 Luglio	16:30-23:00	9.6-14.0	55° bora	31.83	4.91	8.15	69.54	47.0	46.40	22.48
30 -31 Luglio	22:15-1:30	9.2-14.6	37° bora	32.96	5.99	6.21	12.16		35.21	11.32
31 Luglio	2:45-3:00	10.2	37° bora	30.80	5.45	9.45	10.26			9.74
31 Luglio	5:30-6:15	9.8-10.4	34° bora	32.52	5.82	7.28	6.19		40.27	10.61
6 Agosto	17:15	10.1	145° scirocco	11.85	4.99	4.57	3.25	8.73	10.26	3.80
6 Agosto	17:45-18:30	9.2-10.5	160° scirocco	12.19	5.45	4.90	3.39	10.29	9.41	3.53
6 Agosto	20:00-20:15	10.6-10.7	213° libeccio	9.13	6.44	5.32	2.02	7.84	10.36	5.59
9 Agosto	18:00	11.0	36° bora	10.13	5.57	4.65	1.90	5.90	4.95	2.90
9 Agosto	19:00-19:15	10.4-11.2	40° bora	11.57	6.08	4.70	4.42	6.31	5.16	3.01
11 Agosto	19:45-20:15	11.1-11.8	93° levante	11.07	5.45	5.06	2.09		3.10	1.31
26 Agosto	9:00-9:15	10.5-10.6	191° mezzogiorno	4.96	9.30	8.99	1.92	6.1	4.19	4.09
26 Agosto	15:45-16:30	11.7-13.4	132° scirocco	4.02	13.41	9.18	1.39	6.2	3.73	1.89
26-27 Agosto	16:45-00:30	12	53° bora	8.54	16.56	13.00	12.52	18.3	11.77	8.99
31 Agosto	15:15-17:45	9.3-13.6	153° scirocco	14.15	5.93	5.73	8.30	16.5	9.21	3.57
31 Agosto	21:30	10.1	45° bora	11.93	3.84	4.05	7.60	17.9	9.96	1.52

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

Dalla Tabella 3.4 si nota che il prolungato e intenso evento meteo di bora che ha interessato i giorni 12-14 Maggio 2012 ha causato una notevole risospensione di sedimenti ed il superamento del valore di soglia in tutte le stazioni della rete.

L'evento del 16 Maggio inizialmente con vento di tramontana ha avuto effetto solo nelle stazioni LTP e CHP e in seguito, con il cambio di direzione e il passaggio a bora, ha causato una diminuzione di concentrazione di solidi sospesi a LTP e un aumento a LMR-2.

L'evento di scirocco e mezzogiorno del 13-14 Luglio 2012 ha avuto effetto solo alla stazione LMR-2 mentre l'evento intenso e prolungato dei giorni 21-23 luglio ha avuto effetto in tutte le stazioni della bocca di Lido.

L'evento del giorno 31 Luglio 2012, invece, ha creato risospensione solo nelle stazioni di LIM e LTP (i dati di LMR-2 sono stati tolti dalla serie temporale a causa della formazione di fouling).

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

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

- eventi di risospensione riconducibili al vento locale, soprattutto bora, tanto in mare quanto specialmente all'interno della laguna;
- aumento della risospensione e del trasporto litoraneo, e quindi del carico, rilevabile anche nei giorni successivi all'evento scatenante di vento sostenuto, o addirittura in assenza di vento (moto ondoso creato a distanza);
- eventi di breve o brevissima durata (nell'arco di 1 ora circa) rilevati nelle stazioni all'interno delle bocche di porto ed in laguna possono essere dovuti al passaggio di imbarcazioni di grandi dimensioni (porta-container o navi cisterna nella bocca di Malamocco) che sono caratterizzate da un pescaggio elevato (superiore ai 9 m);
- attività di dragaggio dei canali alle bocche di porto.

Nella Tabella 3.5 si riporta per ogni stazione il numero totale di superamenti della soglia di 30 mg/l rilevati nel periodo Maggio-Agosto 2012, mentre nella Tabella 3.7 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 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 2012

	<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	
Dati totali	10492	100.00%	10087	100.00%	10612	100.00%	10744	100.00%	9864	100.00%	10377	100.00%	9157	100.00%
condizioni eccezionali con C>30 mg/l	294	2.80%	45	0.45%	86	0.81%	191	1.78%	450	4.57%	470	4.53%	74	0.81%

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 2012.

	<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	
Eventi eccezionali con C>30 mg/l	294	100.00%	45	100.00%	86	100.00%	191	100.00%	450	100.00%	470	100.00%	74	100.00%
superamenti CERTAMENTE dovuti a risospensione da vento (v >10 m/s)	199	67.69%	21	46.67%	86	100.00%	191	100.00%	195	43.33%	167	35.53%	74	100.00%
superamenti la cui causa NON È CERTAMENTE legata alla risospensione da vento (v<10 m/s)	95	32.31%	24	53.33%	0	0.00%	0	0.00%	255	56.67%	303	64.47%	0	0.00%

Dalla Tabella 3.5 appare evidente che nel periodo Maggio 2011-Aprile 2012 la percentuale dei superamenti della soglia di concentrazione pari a 30 mg/l rispetto al numero totale dei dati validati per ogni stazione è molto bassa.

Dalla Tabella 3.6 si nota che, fatta eccezione per le stazioni MAP, LMR-2, LIM, i superamenti sono principalmente dovuti alla risospensione determinata da vento-moto ondosio. Dall'analisi dettagliata dei dati risulta:

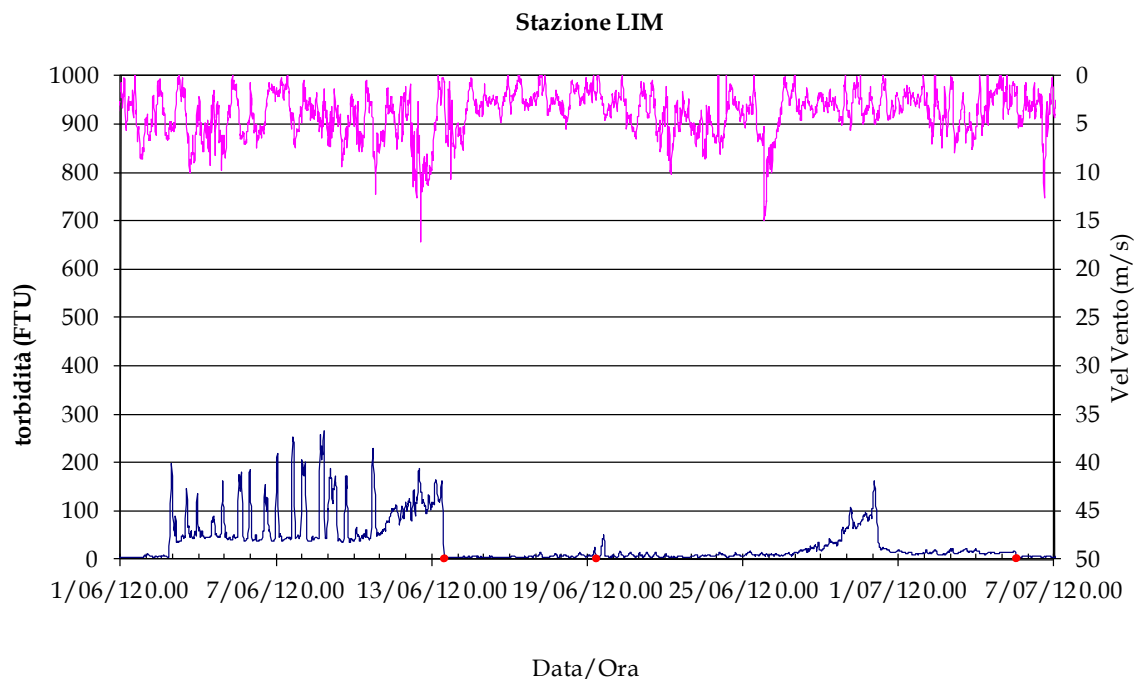
- LTP: superamenti durante gli eventi meteo dei giorni 13-16 Maggio 2012, 21-23 Luglio 2012, 31 Luglio 2012
- MAP: superamenti durante l'evento meteo dei giorni 13-16 Maggio 2012,
- CHP: superamenti durante l'evento meteo dei giorni 13-16 Maggio 2012.
- LMR: superamenti durante gli eventi meteo dei giorni 13-16 Maggio 2012 e 21-23 Luglio 2012
- LMR-2: superamenti durante gli eventi meteo dei giorni 13-16 Maggio 2012, 14 Luglio, 16 Luglio e 21-23 Luglio 2012
- LIM: superamenti durante gli eventi meteo dei giorni 13-16 Maggio 2012, 21-23 Luglio 2012, 30 e 31 Luglio 2012
- MAM: : superamenti durante l'evento meteo dei giorni 13-14 Maggio 2012

In alcune stazioni, come anche evidenziato in Tabella 3.6, sono presenti superamenti non associabili alla contemporanea presenza di vento superiore a 10 m/s:

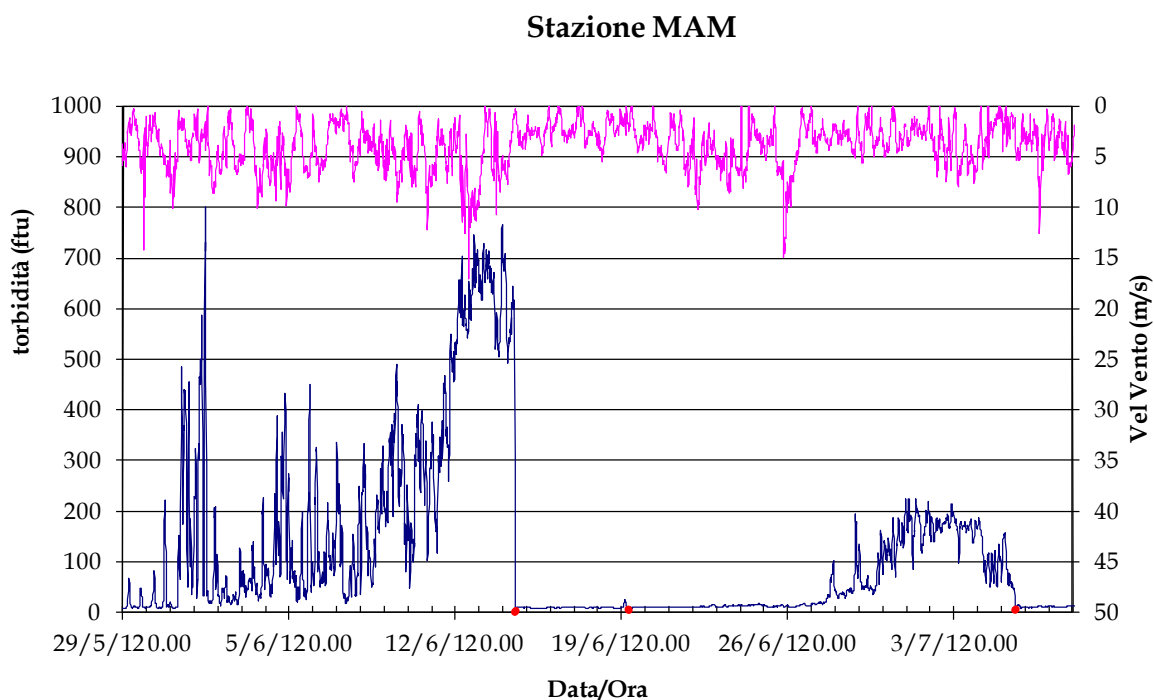
- nella stazione LTP: 18 Maggio 2012 dalle 17:30 alle 18:30 (massima 33.356 mg/l), 20 Maggio dalle ore 13:00 alle ore 15:45 (massima 33.13 mg/l), 7 Luglio 2012 dalle 16:00 alle 17:30 (massima 35.29 mg/l). Si tratta comunque di eventi brevi e di concentrazioni molto ridotte; secondo le informazioni sulle attività di scavo forniteci dalla Direzione Lavori non risultano lavorazioni in questi giorni.
- nella stazione MAP: 21 Giugno 2012 dalle 12:00 alle 17:45 (massima 45.24 mg/l). Il giorno 21 Giugno 2012, secondo le informazioni forniteci dalla Direzione Lavori, erano in corso delle attività di dragaggio (OP/355-2A) presso la porta lato mare; al momento dell'inizio dell'aumento della concentrazione però la marea era uscente, pertanto la causa dell'aumento non può essere il dragaggio in corso.
- nella stazione LMR-2: dalle 22:15 dell'11 Luglio 2012 alle 13:45 del 14 Luglio la concentrazione è superiore a 30 mg/l (valore massimo 111.7 mg/l). Come si può vedere dalla Tabella 3.4 in questi giorni si sono verificati alcuni eventi meteo ma di breve durata e debole intensità, pertanto non si è attribuita al vento la causa dei superamenti di concentrazione che sono comunque iniziati prima dell'aumento della velocità del vento. Secondo le informazioni sulle attività di scavo forniteci dalla Direzione Lavori non risultano lavorazioni in questi giorni. Visto che i dati rientrano a valori normali senza interventi di pulizia, si deve escludere un effetto dovuto al fouling sul sensore. Potrebbe quindi trattarsi, in questo caso, di anomalie legate a fenomeni di tipo biologico nella colonna d'acqua quali proliferazioni di microrganismi o fioriture algali.
- nella stazione LIM: la concentrazione è superiore a 30 mg/l dal 28 Luglio alle 13:30 alle 15:30 del 30 Luglio (valore massimo 76.1 mg/l), dal 31 Luglio alle 10:00 alle 23:45 (valore massimo 56.1 mg/l) e dal 1 Agosto alle 4:15 al 2 Agosto alle 6:00 (valore massimo 39.4 mg/l). Visto che i dati rientrano a valori normali senza interventi di pulizia, anche in questo caso potrebbe trattarsi di anomalie legate a fenomeni di tipo biologico nella colonna d'acqua quali proliferazioni di microrganismi o fioriture algali.

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

Come si nota dalle Figura 3.13, Figura 3.15, Figura 3.16, sia nella stazione LIM sia nella stazione MAM sono stati cancellati i dati relativi all'inizio di giugno, alla fine del mese di giugno e all'inizio di luglio; in entrambe le stazioni infatti sono state rilevate contemporaneamente concentrazioni di solidi sospesi molto elevate e con andamento oscillante, come si nota nella Figura 3.17 dove sono riportati i dati prima del procedimento di correzione.



(a)



(b)

Figura 3.17. Serie temporale della torbidità (FTU) e della velocità del vento alla stazione LIM (a) e alla stazione MAM (b) nel periodo Giugno-Luglio 2012. Si evidenziano i due fenomeni di risospensione contemporanei in entrambe le stazioni.

Il fatto che tale comportamento fosse contemporaneo in entrambe le stazioni potrebbe essere giustificato dalla presenza di qualche evento ancora di tipo biologico che ha interessato quanto meno l'intero tratto di mare prospiciente la laguna di Venezia.

Per quanto riguarda la prima quindicina di giorni del mese di Giugno 2012 si può supporre che l'alterazione delle misure della torbidità sia dovuta, per esempio, alla proliferazione di *Noctiluca Lucens*. Questo fenomeno ha interessato in quel periodo, infatti, tutto l'Adriatico sia meridionale che settentrionale, a partire dalla prima metà del mese di maggio al largo e dalla fine di maggio fino ai primi giorni di giugno in prossimità della costa. Tale specie, della classe Dinoficee, ha reso per molti giorni l'acqua carica di flocculi lattiginosi (Figura 3.18) costituiti da aggregati di microorganismi (Figura 3.19) i quali costituiscono un ostacolo alla propagazione della luce e interferiscono quindi con la corretta rilevazione delle torbidità.



Figura 3.18. Superficie dell'acqua durante la fase iniziale della proliferazione. Immagine ripresa dalla Nave Oceanografica Urania del CNR nel Golfo di Manfredonia il giorno 8 Maggio 2012.



Figura 3.19. Immagine al microscopio dei microorganismi che costituiscono gli aggregati. Immagine acquisita nello stesso periodo con la strumentazione a bordo della N/O Urania.

Per entrambi gli strumenti delle stazioni LIM e MAM poi si sarebbe sovrapposta la crescita progressiva di fouling nel periodo dal 10 giugno fino allo scaricamento. Dopo lo scaricamento dei dati avvenuto nei giorni 13 e 14 Giugno 2012 rispettivamente a LIM e MAM, infatti, i valori tornano alla normalità, segno che, qualora presente, la noctiluca si è esaurita prima o durante l'accumulo di fouling.

Anche il fenomeno successivo (fine Giugno - inizio Luglio) potrebbe essere spiegato con una proliferazione di qualche microorganismo.

Si stanno tuttavia ancora esaminando le possibili cause delle difformità che tali dati manifestano, distinguendo fra fattori accidentali e fattori teoricamente prevedibili. Fra i fattori accidentali rientrano errori sistematici (fouling) o casuali (animali o piante occasionalmente e provvisoriamente depositate sui sensori) mentre fra le cause teoricamente prevedibili si considera la presenza di una ulteriore sorgente di torbidità, quale ad esempio la portata di piena nei corsi d'acqua maggiori, che si ripercuoterebbe con ritardi anche notevoli sulle stazioni torbidimetriche LIM e MAM. Si riportano in Figura 3.20 e in Figura 3.21 le serie temporali della torbidità (FTU) delle stazioni a mare per il periodo Maggio-Giugno 2012 e le serie delle portate giornaliere (Fonte ARPAV) dei fiumi Adige (stazione di misura Boara Pisani), Piave (Ponte di Piave), Livenza (Meduna di Livenza), Brenta (Barzizza) a cui sono state aggiunte le portate dei suoi affluenti Bacchiglione (Montegalda) e Gorzone (Stanghella). Dalle figure si vede che il picco di piena dei corsi d'acqua è registrato circa 15 giorni prima dell'evento anomalo registrato dai torbidimetri.

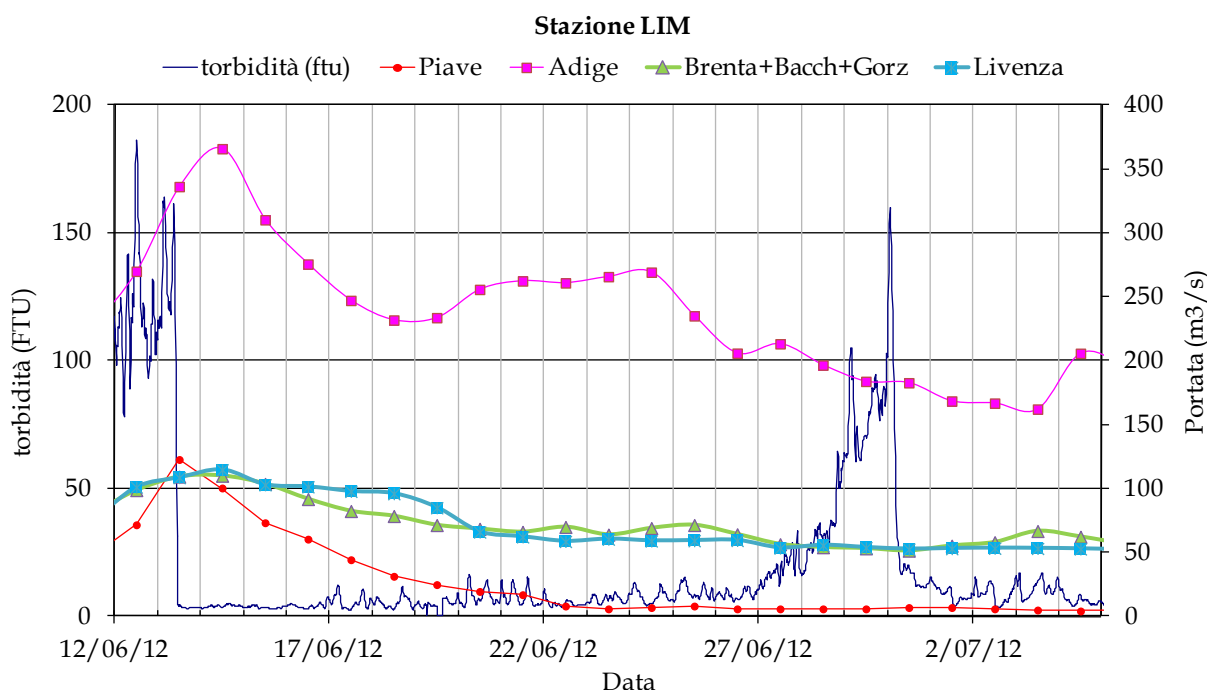


Figura 3.20. Serie temporale della torbidità (FTU) alla stazione LIM nel periodo Giugno-Luglio 2012 e portate giornaliere dei fiumi Adige, Livenza, Piave e Brenta (al quale sono state aggiunte le portate dei suoi affluenti Bacchiglione e Gorzone) (Fonte ARPAV).

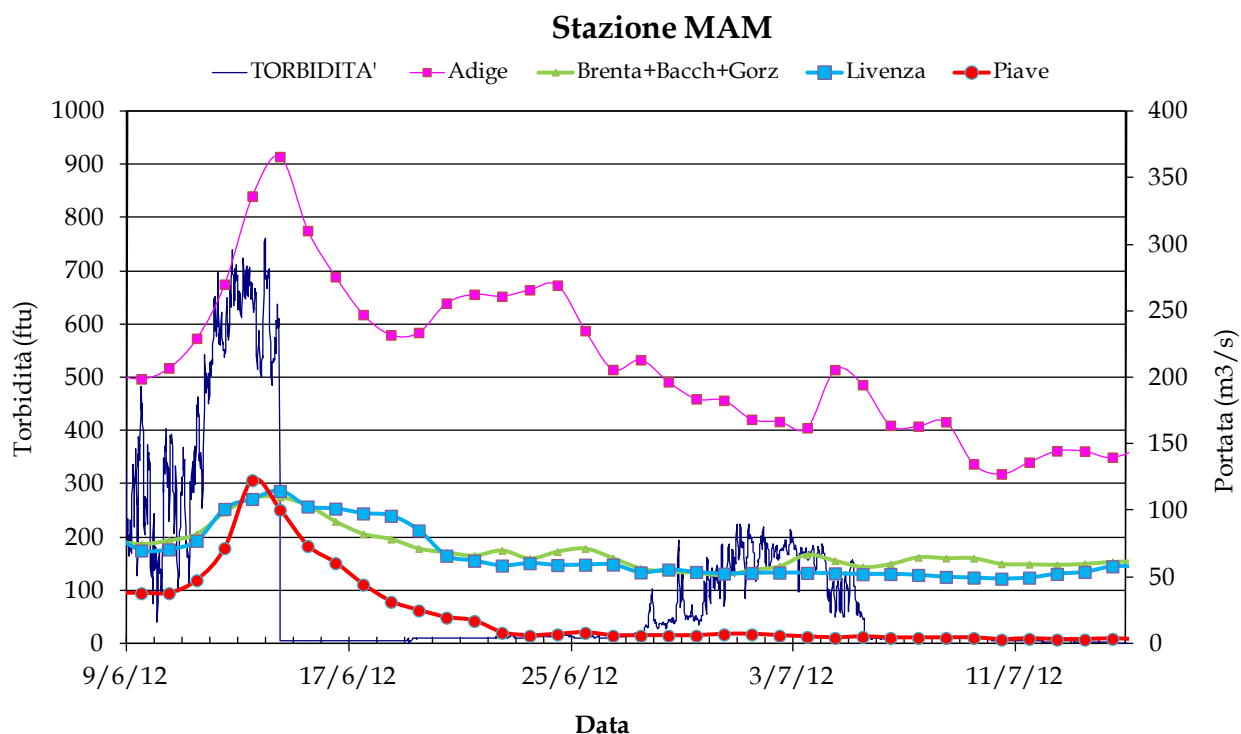


Figura 3.21. Serie temporale della torbidità (FTU) alla stazione MAM nel periodo Giugno-Luglio 2012 e portate giornaliere dei fiumi Adige, Livenza, Piave e Brenta (al quale sono state aggiunte le portate dei suoi affluenti Bacchiglione e Gorzone) (Fonte ARPAV).

Si ricorda che le correlazioni fra torbidità ed eventi meteo-marini (vento, correnti di marea, correnti litoranee, correnti fluviali...) che vengono invocate per spiegare la successione cronologica dei rilievi, non hanno valore locale ed istantaneo. Il fenomeno di risollevarsi dei sedimenti, infatti, è solo uno dei meccanismi che determina la torbidità nel luogo e nel momento assegnati; essa dipende altresì dal trasporto orizzontale dei sedimenti e dunque dagli sfasamenti del risollevarsi nello spazio e nel tempo. Pur assumendo (sia pure molto approssimativamente) che tali sfasamenti si medino nel lungo periodo, è evidente che le correlazioni fra idrodinamica e torbidità sono tanto più plausibili quanto più lungo è il periodo sul quale viene fatta la media in condizioni paragonabili. 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. Il pennacchio (*plume*) di materiale risospeso dai mezzi di scavo operanti nelle aree di cantiere nel periodo di misura non presenta un'estensione tale da interessare significativamente le stazioni fisse per la registrazione della torbidità. Pertanto, il *plume* generato dalle draghe è stato monitorato mediante la strumentazione montata su imbarcazione e segnalato nei rapporti di campagna.

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

Per quanto riguarda il periodo di tempo analizzato in questo Rapporto, come descritto nel paragrafo 3.3, non è stato riscontrato nessun superamento della soglia di torbidità dovuto ad attività di scavo.

Per il periodo corrispondente all'intervallo Maggio -Agosto 2012 sono state rese disponibili dalla Direzione Lavori alcune informazioni relative alle attività di dragaggio, che vengono riportate nella Tabella 3.7 quali periodo dell'attività, effettivi giorni di scavo e i volumi scavati.

Tabella 3.7. 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/429-4	dal 9/05/2012 al 21/5/2012	6	6000
	OP/360-4	dal 2/05/2012 al 1/08/2012	9	7206
BOCCA DI MALAMOCCO	OP/355-2A	Dal 28/05/2012 al 31/08/2012	51	80250

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).

4. BIBLIOGRAFIA

- ANPA. "Le principali metodiche di campionamento e analisi del particolato in sospensione in ambienti acquatici. Rassegna bibliografica", Serie Documenti 9/1999, Settembre 1999.
- Casamitjana, X., Serra, T., Soler, M. and Colomer, J. 2002. A study of the evolution of the particle boundary layer in a reservoir, using laser particle sizing, *Water Research*, 36, 4293-4300.
- Fugate, D.C. and Friedrichs, C.T. 2002. Determining concentration and fall velocity of estuarine particle populations using ADV, OBS and LISST, *Continental Shelf Research*, 22, 1867-1886.
- Gartner, J.W., Cheng, R.T., Wang, P. and Richter, K. 2001. Laboratory and field evaluations of the LISST-100 instrument for suspended particle size determinations, *Marine Geology*, 175, 199-219.
- Hecht, E. 1987. Optics, 2nd edition. Addison Wesley.
- Hydrolab." Series 4a | Water Quality Instruments".
- Idronaut Srl. "OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL", Brugherio (Milan), February 2005.
- Idronaut Srl. "Seapoint Turbidity Meter USER MANUAL", Brugherio (Milan), March 2005.
- InterOcean Systems Inc. "S4 CURRENT METER USER MANUAL (Rev B)", June 1995.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto, Settembre 2005. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto di Pianificazione Operativa, Novembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto di Variabilità Attesa, Novembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Linee guida misure speditive, Dicembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Dicembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/2 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2007. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/3 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2008. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/4 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2009. Consorzio Venezia Nuova.

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

- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/5 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2010. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/6 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2011. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/7 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2011. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia. “Studio B.6.78/I – Attività di monitoraggio alle bocche di porto: controllo delle comunità biologiche lagunari e marine”, Disciplinare Tecnico CVN/Technital, Venezia, Giugno 2003.
- Magistrato Alle Acque, 2006. Nuovi Interventi per la salvaguardia di Venezia (Convenzione rep. 7191 del 04/10/1991, a.a. rep. 8100 del 19/12/2005, Legge 29.11.1984 n. 798). Studio B.6.72 B/2, Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari, 2^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. “Sistema di posizionamento della strumentazione utilizzato nelle stazioni a mare della rete di stazioni fisse per il rilievo della torbidità in continuo”, Nota Tecnica T.N. n. 204, CNR-ISMAR Venezia, Aprile 2006
- Traykovski, P., Latter, R.J. and Irish, J.D. 1999. A laboratory evaluation of the laser in situ scattering and transmissometry instrument using natural sediments, *Marine Geology*, 159, 355-367.
- Visher, G. S. 1969. Grain size distributions and depositional processes, *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, 1074-1106.
- Voulgaris, G. and Meyers, S. 2004. Temporal variability of hydrodynamics, sediment concentration and sediment settling velocity in a tidal creek, *Continental Shelf Research*, 24, 1659-1683.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments, *Journal of Geology*, 30, 377-392.