



**Consorzio per il coordinamento delle ricerche
inerenti al sistema lagunare di Venezia**

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/11**

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

Contratto CVN-CORILA n. 12198 spo/va/cer

Documento **MATRICE: ACQUA**
RAPPORTO FINALE

Versione **1.0**

Emissione **1 Luglio 2016**

Redazione

Verifica

Approvazione

Dott. Luca Zaggia
(ISMAR-CNR)

Prof. Giampaolo Di Silvio Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

1. INTRODUZIONE.....	3
2. CAMPAGNE DI MISURA.....	4
2.1 Introduzione sulle campagne di misura.....	4
2.2 Sommario delle campagne di misura effettuate.....	4
3. IDRODINAMICA. MISURE CORRENTOMETRICHE ADCP VESSEL MOUNTED	10
4. VARIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI SOLIDI SOSPESI	18
4.1 Distribuzione granulometrica dei sedimenti	18
4.2 Classificazione granulometrica del particolato solido in sospensione.....	20
4.3 Concentrazione del particolato solido in sospensione	21
4.4 Studio della propagazione della torbidità.....	22
5. CONCLUSIONI	25
BIBIOGRAFIA	26

Al presente documento e alle attività di monitoraggio/ elaborazione dati hanno collaborato:

L. Dametto (ISMAR – CNR, Venezia)
G. Lorenzetti (ISMAR – CNR, Venezia)
G. Manfè (ISMAR – CNR, Venezia)
L. Zaggia (ISMAR – CNR, Venezia)

1. INTRODUZIONE

Il Disciplinare Tecnico dello Studio B.6.72 B/11, come i precedenti, ha previsto specifiche attività per il monitoraggio dei parametri diretti, cioè di quei parametri per i quali esiste una relazione sufficientemente immediata di causa-effetto tra disturbo generato dalle attività di cantiere e impatto prodotto e che possono evidenziare rapidamente una situazione di stress.

Tra i parametri diretti è stata considerata la torbidità generata dalle operazioni di dragaggio. Le attività alle 3 bocche di porto vengono intese come monitoraggio della torbidità prodotta direttamente dalle attività di cantiere (monitoraggio alla sorgente, in periodi prestabiliti al fine di caratterizzare le diverse condizioni operative del cantiere e analisi granulometriche del particolato).

Le attività di monitoraggio oggetto del presente studio sono sostanzialmente una prosecuzione per il periodo Maggio 2015 – Aprile 2016 delle attività di monitoraggio degli studi B.6.72 B/1 - B/10.

Per molti parametri ambientali considerati nel Monitoraggio è apparso necessario continuare le rilevazioni in maniera del tutto analoga a quella effettuata nei 12 mesi precedenti. Sono state tuttavia previste, come per la matrice ambientale qui considerata, alcune variazioni/aggiornamenti rispetto al piano precedente per ottimizzare il monitoraggio con le attività previste nei cantieri: il numero delle campagne per il monitoraggio della produzione della torbidità è stato pari a 10 ed è rimasto invariato rispetto allo studio B.6.72 B/10 (descrizione dei risultati nei Capitoli 2, 3 e 4); tuttavia è stata dismessa la rete fissa di monitoraggio della torbidità che ha fornito per 10 anni, attraverso l'impiego di sonde multiparametriche (Idronaut OceanSeven 304 CTD-T), l'andamento della torbidità in continuo alle 3 bocche di porto.

2. CAMPAGNE DI MISURA

2.1 Introduzione sulle campagne di misura

Alle tre bocche di porto della laguna di Venezia sono state effettuate durante l'anno di monitoraggio (Maggio 2015 – Aprile 2016) 10 giorni di attività di campo suddivisi in 5 campagne volte allo studio delle condizioni idrodinamiche ed alla caratterizzazione del particolato solido sospeso durante differenti condizioni mareali e meteo-marine.

Sono stati effettuati 10 giorni del tipo “Monitoraggio della produzione della torbidità nelle aree prossime ai cantieri e del trasporto solido e dell'idrodinamica in sezioni caratteristiche delle bocche di porto” e 10 giorni del tipo “Misure granulometriche del particolato sospeso, LISST”, così come previsto dal Disciplinare Tecnico (Studio B.6.72_B11 disciplinare tecnico, 2015). Le 5 campagne sono identificate con una sigla specifica (Tabella 2.1):

- L1B11 (28, 29 Settembre e 1 Ottobre 2015), alla bocca di porto di Lido.
- M1B11 (26, 27 e 28 Ottobre 2015) alla bocca di porto di Malamocco,
- C1B11 (24 e 25 Novembre 2011) alla bocca di porto di Chioggia,
- C2B11 (8 Marzo 2016) alla bocca di porto di Chioggia,
- M2B11 (27 Aprile 2016) alla bocca di porto di Malamocco

Le attività sperimentali si sono svolte coprendo l'intero spazio marittimo della bocca di porto con misurazioni correntometriche lungo più sezioni caratteristiche ed effettuando le calate di prelievo dei campioni di acqua sui punti notevoli individuati nelle stesse sezioni. Di volta in volta si è inoltre puntato l'interesse sulle differenti problematiche e situazioni particolari che si sono manifestate durante la campagna.

Le campagne sono state svolte utilizzando la strumentazione ADCP *vessel-mounted* per la registrazione delle caratteristiche idrodinamiche delle correnti (magnitudo e direzione) e per la rilevazione del *backscatter*. La misurazione dei parametri fondamentali per la caratterizzazione chimico-fisica del mezzo investigato (temperatura, salinità, conducibilità e torbidità) è avvenuta mediante sonda multiparametrica Idronaut® CTD OS 316 *Plus* fissata solidalmente al campionatore Rosette per mezzo del quale sono stati raccolti i campioni alle differenti profondità utili per la calibrazione del segnale di *backscatter*.

Le attività di laboratorio, necessarie per caratterizzare i campioni dal punto di vista della concentrazione del particolato sospeso e delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti, sono state effettuate utilizzando rispettivamente la metodica IRSA (Quaderno 100/2050/94) che prevede la perdita di peso dopo essiccazione a 105 °C e lo strumento LISST-100X (*Laser In-Situ Scattering and Transmissometry*).

2.2 Sommario delle campagne di misura effettuate

Di seguito (Tabella 2.1) vengono riportati il numero di transetti effettuati, i profili eseguiti mediante sonda multiparametrica ed il numero di campioni d'acqua prelevati durante tutte le attività eseguite nelle tre bocche di porto relativamente allo studio B.6.72 B/11.

Le attività di campagna effettuate sono particolarmente importanti e rispecchiano un notevole impegno sia in termini di lavoro e operatività in campo, sia in termini di quantità di informazioni raccolte: 138 transetti ADCP, 46 profili CTD e 123 campioni d'acqua per le analisi granulometriche e per la stima dei solidi sospesi.

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

Il numero delle rilevazioni ed i molteplici scenari indagati hanno permesso di ricostruire almeno in parte le condizioni che di volta in volta si manifestano all'interno delle bocche di porto in relazione alle importanti trasformazioni legate alla realizzazione delle opere per la difesa dalle acque alte.

CORILA

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

Tabella 2.1. Attività svolte durante le campagne di monitoraggio presso le bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia.

GIORNO	ORARIO (UT)	MAREA	DRAGA	TRANSETTI ADCP	N. PROFILI CTD	N. CAMPIONI
Campagna L1B11						
28/09/2015	09.00 - 12.00	Crescente-Calante		10	6	11
30/09/2015	09.00 - 15.00	Crescente-Calante		21	8	14
01/10/2015	08.30 - 11.30	Crescente		10	5	10
Campagna M1B11						
26/10/2015	09.00 - 15.00	Calante		17	7	14
27/10/2015	10.00 - 13.00	Calante	ZEMELLO II	10	4	10
28/10/2015	10.00 - 13.00	Calante	ZEMELLO II e GUGLIELMO I	9	3	6
Campagna C1B11						
24/11/2015	08.00 - 15.00	Calante	S. GIUSTO	16	0	14
25/11/2015	08.00 - 15.30	Invariato-Calante	S. GIUSTO	20	0	15
Campagna C2B11						
08/03/2016	09.00 - 16.00	Calante	S. GIUSTO	15	9	20
Campagna M2B11						
27/04/2016	08.00 - 12.00	Crescente	PALMIRO Z.	10	4	9

Nelle Figure 2.1-2.5 si riportano le mappe rispettivamente per le campagne di monitoraggio produzione torbida di Lido, Malamocco e Chioggia. Ogni mappa riporta i punti notevoli oggetto di indagine durante le operazioni di misura; inoltre sono tracciate le rotte dei transetti per le misure correntometriche. Si osservi che, nel caso di Malamocco e Chioggia, è stata effettuata un'indagine specifica, per ricavare informazioni sull'idrodinamica, anche nell'area antistante la bocca di porto.

Nel corso di ciascuna campagna sono state monitorate specifiche lavorazioni che si svolgevano presso i cantieri: durante la campagna di misura dei giorni 26-28 Ottobre 2015 alla bocca di porto di Malamocco (M1B11) è stata monitorata l'attività di scarico pietrame a monte del recesso di barriera, in prossimità del molo Sud. Durante la campagna di misura dei giorni 24 e 25 Novembre 2015 alla bocca di porto di Chioggia (C1B11) è stata monitorata l'attività di rilascio pietrame nei pressi del recesso di barriera lato Sud. Durante la campagna di misura del giorno 8 Marzo 2016 alla bocca di porto di Chioggia (C2B11) è stata monitorata l'attività di rilascio pietrame condotta dall'imbarcazione San Giusto munita da benna a grappo nell'area prossima al recesso di barriera, verso la spalla Sud lato laguna. Durante la campagna di misura del giorno 27 Aprile 2016 alla bocca di porto di Malamocco (M2B11) è stata monitorata l'attività di rilascio di materiale lapideo per la protezione dei fondali in prossimità del recesso di barriera-spalla Nord.

Nei capitoli successivi verranno trattati sinteticamente alcuni degli aspetti salienti riscontrati durante le operazioni di monitoraggio presso le tre bocche.

Per la trattazione specifica di ogni aspetto si rimanda ai rapporti prodotti durante le attività di monitoraggio dello studio B.6.72 B/11 (PROVV.OO.PP. - CORILA, 2015a; 2015b; 2015c; 2016a; 2016b).



Figura 2.1. Posizione dei punti notevoli, sezioni d'interesse e transetti della campagna di monitoraggio L1B11 effettuata alla bocca di porto di Lido nei giorni 28, 30 Settembre e 1 Ottobre 2015.

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



Figura 2.2. Posizione dei punti notevoli, sezioni d'interesse e transetti della campagna di monitoraggio M1B11 effettuata alla bocca di porto di Malamocco nei giorni 26-28 Ottobre 2015.



Figura 2.3. Posizione dei punti notevoli, sezioni d'interesse e transetti della campagna di monitoraggio M2B11 effettuata alla bocca di porto di Malamocco il giorno 27 Aprile 2016.

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

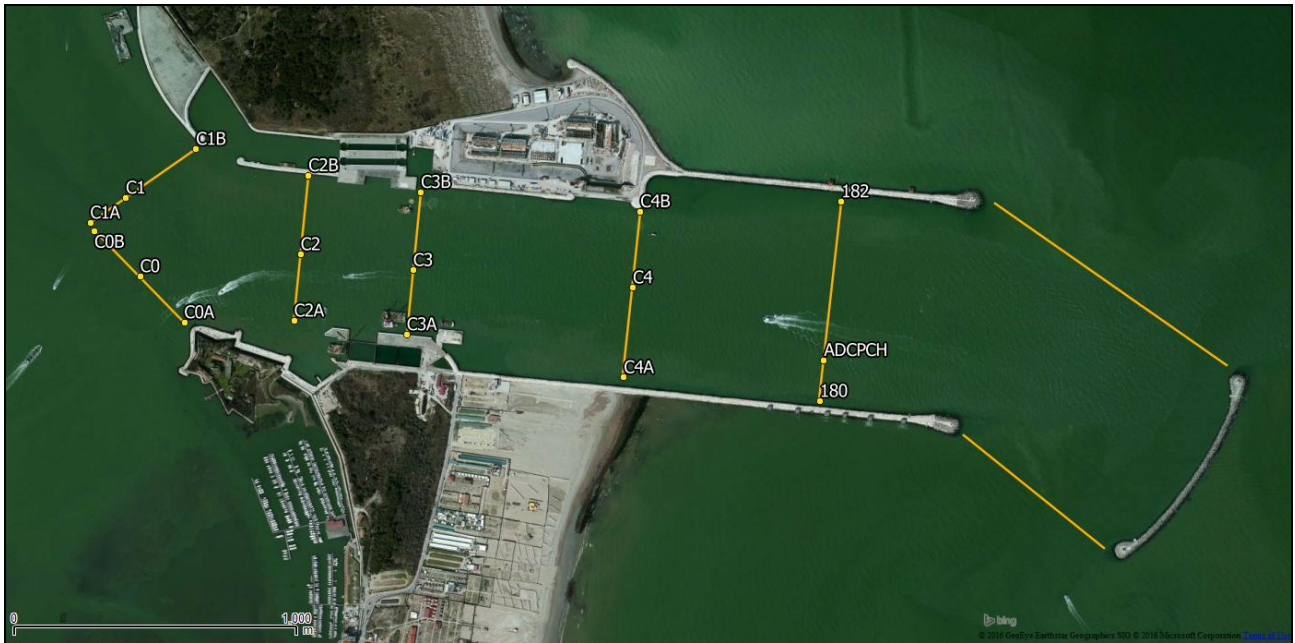


Figura 2.4. Posizione dei punti notevoli e transetti della campagna di monitoraggio C1B11 effettuata in bocca di porto di Chioggia nei giorni 24-25 Novembre 2015.



Figura 2.5. Posizione dei punti notevoli e transetti della campagna di monitoraggio C2B11 effettuata in bocca di porto di Chioggia il giorno 8 Marzo 2016.

3. IDRODINAMICA.

MISURE CORRENTOMETRICHE ADCP VESSEL MOUNTED

In Tabella 3.1 sono riportati i dati riassuntivi riguardanti le indagini sull'idrodinamica ottenuti lungo le sezioni caratteristiche durante le attività di monitoraggio dello Studio B.6.72 B/11. In particolare sono riportati: sigla del transetto acquisito mediante strumentazione ADCP, data e ora di acquisizione, sezione investigata, portata liquida, area della sezione e velocità media.

Tabella 3.1. Area delle sezioni, valori di velocità di corrente media e delle portate relativi ai transetti effettuati durante lo Studio B.6.72 B/11 (2015-2016).

Transetto	Data	Ora Inizio	Ora Fine	Sezione	Total Q	Area Sezione	Velocità media
					m³/s	m²	m/s
Campagna L1B11 Settembre-Ottobre 2015							
L1B11_000.PD0	28/09/2015	09:43:13	09:52:47	80-82	-4713	8077	0.61
L1B11_001.PD0		09:52:57	09:59:43	82-80	-4229	7903	0.55
L1B11_004.PD0		10:26:47	10:30:49	T3A-T3B	-823	2826	0.31
L1B11_005.PD0		10:31:16	10:34:24	T3B-T3A	-730	2889	0.26
L1B11_006.PD0		10:39:26	10:42:51	T2A-T2B	-632	2094	0.35
L1B11_007.PD0		10:43:08	10:46:38	T2B-T2A	-634	2219	0.31
L1B11_010.PD0		11:02:06	11:05:15	LI2B-LI2A	959	4664	0.21
L1B11_011.PD0		11:05:34	11:09:07	LI2A-LI2B	1408	4765	0.28
L1B11_012.PD0		11:15:12	11:19:29	LI1B-LI1A	1984	5196	0.41
L1B11_013.PD0		11:19:38	11:24:00	LI1A-LI1B	2127	5154	0.44
L1B11_021.PD0	30/09/2015	09:08:34	09:14:21	82-80	-6746	7881	0.95
L1B11_022.PD0		09:14:31	09:23:01	80-82	-6878	8037	0.92
L1B11_024.PD0		09:35:16	09:39:43	T3A-T3B	-1872	3018	0.66
L1B11_025.PD0		09:39:52	09:43:54	T3B-T3A	-1941	3039	0.67
L1B11_026.PD0		09:48:38	09:53:17	T2A-T2B	-1911	2310	0.85
L1B11_027.PD0		09:53:26	09:58:06	T2B-T2A	-1907	2362	0.85
L1B11_030.PD0		10:18:18	10:22:39	LI2B-LI2A	-3232	4912	0.67
L1B11_031.PD0		10:22:54	10:28:29	LI2A-LI2B	-3282	5349	0.64
L1B11_033.PD0		10:39:48	10:44:37	LI1A-LI1B	-2437	5333	0.50
L1B11_034.PD0		10:44:50	10:52:17	LI1B-LI1A	-2303	5936	0.44
L1B11_036.PD0		12:08:18	12:11:40	T2B-T2A	-280	2170	0.15
L1B11_037.PD0		12:38:31	12:42:33	T2B-T2A	382	2355	0.20
L1B11_038.PD0		12:42:58	12:48:31	T2A-T2B	568	2458	0.27
L1B11_039.PD0		12:52:00	12:57:48	T3B-T3A	1017	2839	0.34
L1B11_040.PD0		12:58:07	13:05:33	T3A-T3B	1184	3087	0.39
L1B11_043.PD0		13:27:50	13:33:15	LI1B-LI1A	3859	5241	0.74
L1B11_044.PD0		13:33:28	13:40:08	LI1A-LI1B	4000	5446	0.76
L1B11_045.PD0		13:51:14	13:56:26	LI2B-LI2A	4051	5056	0.83
L1B11_046.PD0		13:56:42	14:02:46	LI2A-LI2B	4391	5093	0.90
L1B11_047.PD0		14:11:23	14:18:04	82-80	6278	7093	0.92
L1B11_048.PD0	14:18:18	14:27:17	80-82	6777	7425	0.96	

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

Transetto	Data	Ora Inizio	Ora Fine	Sezione	Total Q	Area Sezione	Velocità media
					m³/s	m²	m/s
L1B11_050.PD0	01/10/2015	08:57:08	09:02:52	LI1B-LI1A	-4485	6222	0.75
L1B11_051.PD0		09:03:18	09:10:21	LI1A-LI1B	-4188	5405	0.86
L1B11_052.PD0		09:17:30	09:22:40	LI2B-LI2A	-4195	4936	0.90
L1B11_053.PD0		09:23:10	09:29:36	LI2A-LI2B	-4212	5127	0.88
L1B11_056.PD0		09:55:46	10:01:47	T2A-T2B	-1979	2323	0.88
L1B11_057.PD0		10:02:03	10:07:40	T2B-T2A	-1992	2346	0.90
L1B11_058.PD0		10:13:50	10:18:13	T3A-T3B	-1771	3098	0.61
L1B11_059.PD0		10:18:28	10:23:05	T3B-T3A	-1753	3118	0.60
L1B11_062.PD0		10:43:14	10:50:22	7517-80	-4609	8011	0.63
L1B11_063.PD0		10:50:41	10:58:09	80-7517	-4483	8388	0.61
Campagna M1B11 Ottobre 2015							
M1B11_000.PD0	26/10/2015	09:39:33	09:44:19	96 - 100	2492	8301	0.32
M1B11_001.PD0		09:51:02	09:59:53	100 - 96	3612	8247	0.47
M1B11_005.PD0		10:30:40	10:38:35	DN - DS	5785	5895	1.04
M1B11_006.PD0		10:38:47	10:49:18	DS - DN	6123	6348	1.04
M1B11_008.PD0		10:59:10	11:04:56	DF - FS	38	4748	0.07
M1B11_009.PD0		11:05:05	11:10:27	FS - DF	26	4751	0.09
M1B11_011.PD0		11:22:30	11:30:52	Sezione Foranea	6697	7148	1.04
M1B11_012.PD0		11:31:04	11:35:53	Sezione Foranea	7032	7614	0.95
M1B11_013.PD0		12:59:56	13:05:17	96 - 100	6709	7223	0.95
M1B11_014.PD0		13:05:31	13:10:35	100 - 96	6669	7775	0.87
M1B11_016.PD0		13:23:07	13:28:12	DS - DN	6515	6558	1.02
M1B11_017.PD0		13:28:23	13:33:00	DN - DS	6306	5949	1.09
M1B11_019.PD0		13:42:01	13:46:59	DF - FS	35	4445	0.01
M1B11_020.PD0		13:47:13	13:51:11	DF - FS	-20	4464	0.03
M1B11_022.PD0		13:59:53	14:06:46	Sezione Foranea	5420	7013	0.83
M1B11_023.PD0		14:06:58	14:11:05	Sezione Foranea	5147	7054	0.85
M1B11_024.PD0	27/10/2015	10:08:01	10:11:54	96 - 100	2225	8596	0.28
M1B11_025.PD0		10:12:05	10:16:25	100 - 96	2644	8255	0.33
M1B11_030.PD0		10:58:08	11:05:19	DS - DN	5945	7035	0.91
M1B11_031.PD0		11:05:30	11:12:02	DN - DS	6279	6555	0.98
M1B11_033.PD0		11:23:35	11:28:16	DF - FS	41	4853	0.03
M1B11_034.PD0		11:28:28	11:33:00	FS - DF	14	4719	0.03
M1B11_036.PD0		11:42:01	11:51:46	Sezione Foranea	6828	7324	1.04
M1B11_037.PD0		11:51:57	11:56:31	Sezione Foranea	7005	7529	1.05

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

Transetto	Data	Ora Inizio	Ora Fine	Sezione	Total Q	Area Sezione	Velocità media
					m³/s	m²	m/s
M1B11_041.PD0	28/10/2015	10:23:17	10:29:36	100 – 96	934	7711	0.15
M1B11_042.PD0		10:29:47	10:35:25	96 – 100	1433	8421	0.18
M1B11_044.PD0		10:58:40	11:09:32	DS – DN	4121	7027	0.63
M1B11_045.PD0		11:09:47	11:14:47	DN – DS	4505	6654	0.70
M1B11_047.PD0		11:29:17	11:34:51	DF – FS	1	4952	0.05
M1B11_048.PD0		11:35:07	11:40:54	FS – DF	47	4933	0.05
M1B11_050.PD0		11:49:33	11:58:57	Sezione Foranea	6061	7530	0.92
M1B11_051.PD0		11:59:13	12:03:43	Sezione Foranea	6230	7788	0.95
Campagna C1B11 Novembre 2015							
C1B11_000.PD0	24/11/2015	09:01:15	09:03:56	C0A – C0B	863	2665	0.32
C1B11_001.PD0		09:04:28	09:07:33	C0B - C0A	899	2710	0.33
C1B11_002.PD0		09:11:48	09:16:31	C1A – C1B	785	1792	0.44
C1B11_003.PD0		09:16:43	09:21:15	C1B – C1A	893	1811	0.49
C1B11_006.PD0		09:46:50	09:51:36	C2B – C2A	3818	4617	0.83
C1B11_007.PD0		09:51:49	09:59:46	C2A – C2B	3702	4589	0.81
C1B11_008.PD0		09:59:55	10:04:00	C2B – C2A	4061	4514	0.90
C1B11_010.PD0		10:20:36	10:24:35	C4B – C4A	4187	4378	0.96
C1B11_011.PD0		10:24:45	10:29:21	C4A – C4B	4297	4450	0.97
C1B11_013.PD0		12:18:36	12:22:26	C0A – C0B	1558	3725	0.42
C1B11_014.PD0		12:22:46	12:24:19	C0B - C0A	1758	2820	0.62
C1B11_017.PD0		12:51:15	12:56:02	C1B – C1A	1472	1486	0.99
C1B11_018.PD0		12:56:18	13:00:48	C1A – C1B	1493	1785	0.84
C1B11_020.PD0		13:08:04	13:12:20	C2B – C2A	3684	3995	0.92
C1B11_021.PD0		13:12:38	13:18:02	C2A – C2B	3712	4250	0.87
C1B11_024.PD0		13:41:08	13:45:52	C4A – C4B	3290	4376	0.75
C1B11_025.PD0		13:46:07	13:51:14	C4B – C4A	3233	4592	0.70

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

Transetto	Data	Ora Inizio	Ora Fine	Sezione	Total Q	Area Sezione	Velocità media
					m³/s	m²	m/s
C1B11_030.PD0	25/11/2015	09:36:45	09:40:12	C0A - C0B	475	2718	0.18
C1B11_031.PD0		09:40:33	09:44:19	C0B - C0A	645	2772	0.23
C1B11_032.PD0		09:48:14	09:53:02	C1A - C1B	679	1746	0.39
C1B11_033.PD0		09:53:15	10:00:03	C1B - C1A	844	1794	0.47
C1B11_035.PD0		10:12:15	10:18:10	C2B - C2A	3349	4803	0.70
C1B11_036.PD0		10:18:30	10:24:37	C2A - C2B	3593	4744	0.76
C1B11_038.PD0		10:39:40	10:46:50	182 - 180	4008	4500	0.89
C1B11_039.PD0		10:47:04	10:53:59	180 - 182	4197	4552	0.92
C1B11_041.PD0		11:02:23	11:07:14	7548 - 7549	623	3951	0.16
C1B11_042.PD0		11:11:39	11:22:59	7550 - 7551	3717	8495	0.44
C1B11_043.PD0		12:52:54	12:55:55	C0A - C0B	1427	2440	0.59
C1B11_044.PD0		12:56:14	12:57:37	C0B - C0A	1406	2341	0.60
C1B11_045.PD0		13:01:04	13:04:17	C1A - C1B	1508	1478	1.02
C1B11_046.PD0		13:04:31	13:07:50	C1B - C1A	1490	1478	1.01
C1B11_048.PD0		13:16:43	13:21:37	C4B - C4A	4037	4354	0.93
C1B11_049.PD0		13:22:04	13:27:25	C4A - C4B	3988	4569	0.87
C1B11_052.PD0		13:36:47	13:47:16	180 - 182	3734	4199	0.89
C1B11_053.PD0		13:47:33	13:55:22	182 - 180	3606	4259	0.85
C1B11_055.PD0		14:01:56	14:06:22	7548 - 7549	491	3478	0.14
C1B11_056.PD0		14:10:34	14:24:56	7550 - 7551	2734	8159	0.34
Campagna C2B11 Marzo 2016							
C2B11_000.PD0	08/03/2016	09:48:58	09:51:19	C0A - C0B	537	2917	0.22
C2B11_001.PD0		09:51:27	09:54:23	C0B - C0A	541	2922	0.21
C2B11_003.PD0		10:08:22	10:12:42	C1A - C1B	640	1685	0.39
C2B11_004.PD0		10:13:01	10:17:15	C1B - C1A	701	1730	0.43
C2B11_006.PD0		10:30:49	10:35:25	C2B - C2A	2515	4277	0.61
C2B11_007.PD0		10:35:44	10:40:31	C2A - C2B	2571	4287	0.63
C2B11_009.PD0		10:55:07	11:01:10	C3A - C3B	2608	4037	0.73
C2B11_010.PD0		11:01:19	11:03:38	C3B - C3A	2655	3871	0.78
C2B11_018.PD0		14:26:49	14:29:29	C0A - C0B	800	2794	0.36
C2B11_019.PD0		14:29:40	14:31:26	C0B - C0A	711	2523	0.39
C2B11_021.PD0		14:41:25	14:46:17	C1A - C1B	595	1534	0.39
C2B11_022.PD0		14:46:26	14:49:43	C1B - C1A	577	1578	0.38

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

Transetto	Data	Ora Inizio	Ora Fine	Sezione	Total Q	Area Sezione	Velocità media
					m³/s	m²	m/s
Campagna M2B11 Aprile 2016							
M2B11_000.PD0	27/04/2016	08:31:51	09:51:19	Transetto Lunata	-3768	7485	0.50
M2B11_001.PD0		08:36:20	09:54:23	Transetto Lunata	-3787	7971	0.50
M2B11_002.PD0		08:45:03	10:12:42	FS - DF	-454	4821	0.11
M2B11_003.PD0		08:50:30	10:17:15	DF - FS	-489	4646	0.12
M2B11_005.PD0		09:35:21	10:35:25	DS - DN	-3908	6312	0.67
M2B11_006.PD0		09:42:37	10:40:31	DN - DS	-3944	6357	0.64
M2B11_010.PD0		10:26:41	11:01:10	96 - 100	-3969	8249	0.53
M2B11_011.PD0		10:32:08	11:03:38	100 - 96	-3813	7986	0.51

La serie di dati riportati in Tabella 3.1 evidenzia il particolare impegno dedicato all'attività di campo e all'elaborazione dei dati sperimentali, nel corso dello Studio B.6.72 B/11, al fine di caratterizzare le sezioni di indagine dal punto di vista idrodinamico. Le acquisizioni sono avvenute in differenti fasi mareali e condizioni meteo marine consentendo di integrare efficacemente il quadro conoscitivo fornito dalle precedenti indagini (Studi B.6.72 B/1-B/10).

In particolare, come si osserva dai dati riportati in Tabella 3.1, la campagna effettuata alla bocca di porto di Lido è risultata caratterizzata da valori di velocità in generale elevati, superiori a 0.50 m/s in relazione al corrispondente gradiente (velocità di salita) della marea. Le misurazioni sono state infatti effettuate durante condizioni di marea di sizigie.

Le campagne effettuate presso la bocca di porto di Malamocco presentano valori di velocità di corrente variabili durante le attività di misura ed in generale elevati (>0.50 m/s), ad eccezione dei dati raccolti all'interno del bacino di evoluzione della conca di navigazione. È evidente che l'area del bacino di evoluzione della conca di navigazione è sede di una circolazione molto ridotta indotta dalla corrente principale nel canale di porto. Durante le medesime campagne di misura sono stati effettuati anche alcuni transetti per caratterizzare il campo di corrente nella zona di mare antistante la bocca di porto (Figura 3.1 e Figura 3.2). La corrente nel canale principale (Figura 3.1) risulta ben definito con punte di velocità medie massime di quasi 1.50 m/s al centro della bocca di porto. Le concentrazioni di particellato solido sospeso risultano relativamente modeste soprattutto nella parte più profonda del canale. La concentrazione è determinata dallo sforzo tangenziale indotto dalle correnti di marea solo in assenza di rilevante moto ondoso. In presenza di onde (come in questo caso), il risollevarimento dei sedimenti è più elevato nelle zone a basso fondale del litorale talché la concentrazione tende ad essere maggiore alle estremità delle bocche. Anche il getto entrante dal canale principale (Figura 3.2) risulta ben definito con punte massime della velocità, mediata sulla verticale, superiori a 0.50 m/s al centro della bocca. Si osserva peraltro che il campo di moto entrante e quello uscente non sono simmetrici, essendo determinati nei due casi da condizioni al contorno diverse. Le concentrazioni di particellato solido sospeso risultano relativamente modeste al centro del transetto antistante la bocca di porto, mentre in prossimità del faro Sud (S) e del faro Nord (N) le concentrazioni possono superare i 20 mg/l come precedentemente osservato.

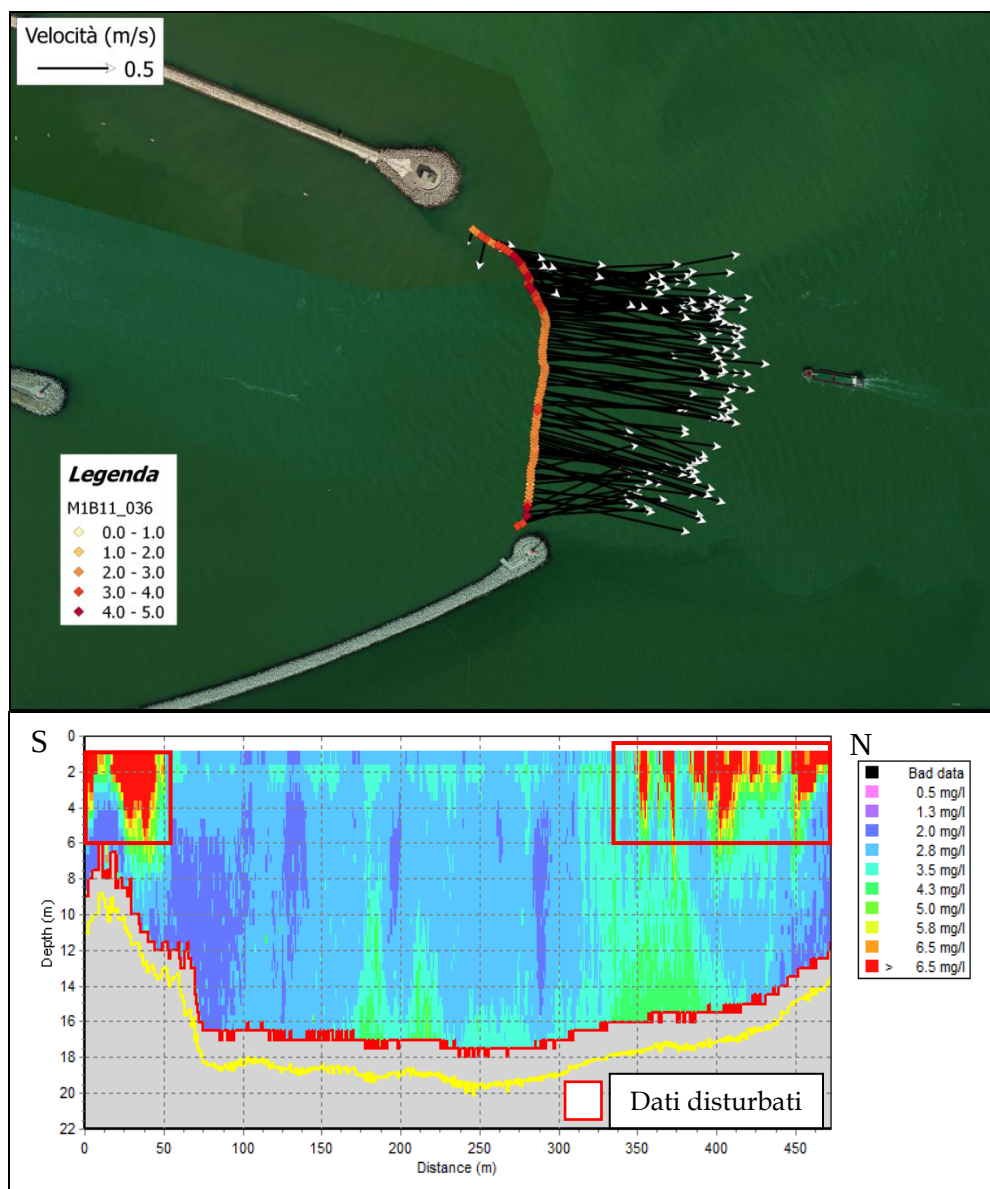


Figura 3.1. Campo di corrente in fase di marea calante alla bocca di porto di Malamocco e andamento della concentrazione lungo il transetto prospiciente la bocca di porto (Transetto M1B11_036.PD0 del 27 Ottobre 2015 ore 11.42) eseguito in direzione Sud-Nord.

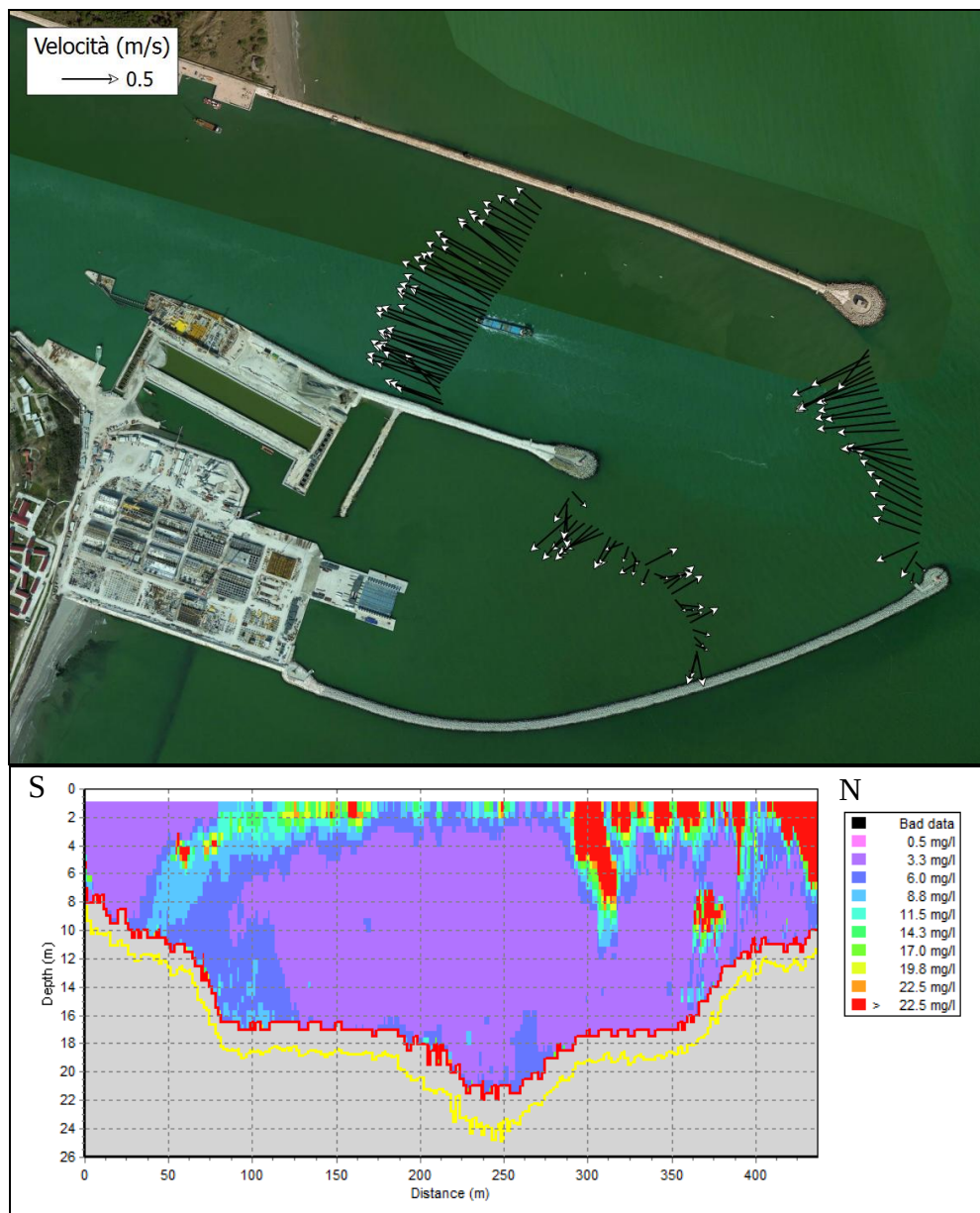


Figura 3.2. Campo di corrente in fase di marea crescente alla bocca di porto di Malamocco e andamento della concentrazione lungo il transetto prospiciente la bocca di porto (transetto M2B11_000.PD0 del 27 Aprile 2016 ore 08.32) eseguito in direzione Sud-Nord.

Anche durante le campagne di monitoraggio effettuate presso la bocca di porto di Chioggia i valori di velocità della corrente in generale risultano elevati (>0.50 m/s); le misurazioni sono state infatti condotte in condizioni di marea di sizigie. Inoltre, durante la campagna di Novembre 2015 (C1B11) sono stati effettuati alcuni transetti per caratterizzare il campo di corrente nella zona di mare antistante la bocca di porto (Figura 3.3): il flusso di corrente nel “getto Sud” si concentra in una piccola parte di sezione a ridosso della lunata mentre, per quanto riguarda il “getto Nord”, le velocità sono più uniformemente distribuite. Si osserva che la batimetria lungo la sezione è caratterizzata da un trogolo erosivo formatosi a seguito della costruzione della lunata; la profondità della sezione infatti passa da circa 6 m ad oltre 12 m. Per quanto riguarda le portate misurate si può affermare che esiste un rapporto 1:6 tra la portata defluente lungo la sezione A-B e quella lungo C-D (si veda anche Di Silvio *et al.*, 2016).

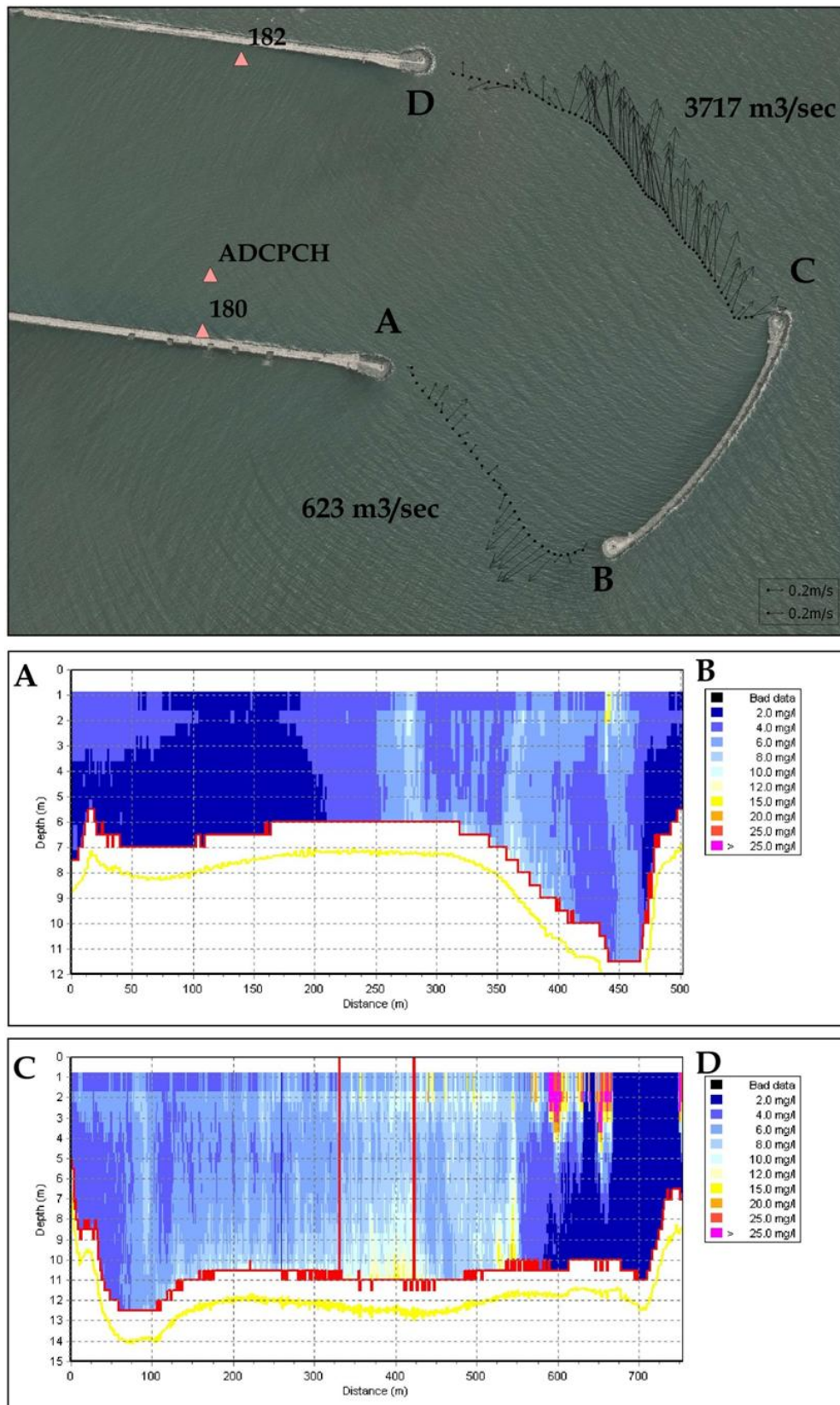


Figura 3.3. Campo di corrente in fase di marea calante alla bocca di porto di Chioggia e andamento della concentrazione lungo il transetto prospiciente la bocca di porto (Transetti C1B11_041.PD0 e C1B11_042.PD0 del 24 Novembre).

4. VARIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI SOLIDI SOSPESI

Di seguito si pongono a confronto i grafici relativi alle caratteristiche granulometriche ed alle concentrazioni di solidi sospesi relativi alle tre bocche di porto. I dati ottenuti mediante le analisi di laboratorio sui campioni prelevati durante le campagne saranno descritti al fine di evidenziare le eventuali differenze tra le tre bocche di porto.

4.1 Distribuzione granulometrica dei sedimenti

Negli istogrammi di Figura 4.1 è presentata la distribuzione dei valori del d50 dei campioni di sedimento prelevati durante le campagne effettuate alle bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia nel 2015-2016. Si osserva innanzitutto che, per quanto riguarda le distribuzioni di frequenza dei dati di Lido e Chioggia, le due serie hanno una distribuzione molto simile, con un valore medio quasi uguale (rispettivamente 19.8 μm e 21.8 μm). La distribuzione di frequenza dei valori di d50 presso la bocca di porto di Malamocco, invece, risulta più eterogenea, essendo caratterizzata da valori più elevati, con un valore medio di 33.2 μm ; questo è legato al fatto che durante la campagna di monitoraggio di Aprile 2016 (M2B11) è stata indagata solo la fase di marea crescente, in cui i sedimenti provenienti dalle correnti litoranee e transitanti all'interno della bocca di porto sono risultati caratterizzati da diametri più grossolani, essendo compresi tra 44 e 76 μm .

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

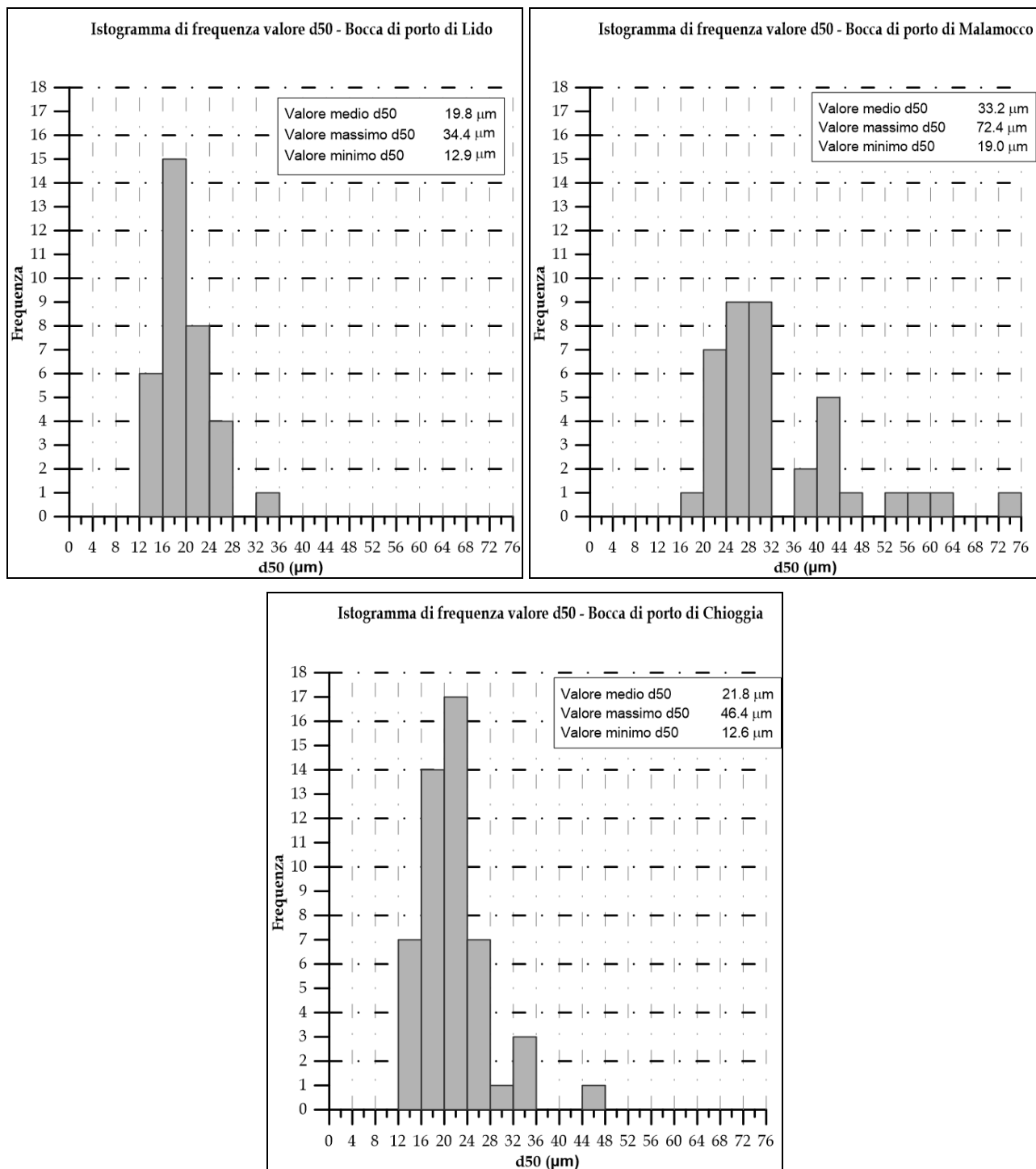


Figura 4.1. Distribuzione dei valori del d50 dei campioni di particolato solido sospeso alle tre bocche di porto durante le campagne B/11. Frequenza espressa come numero campioni.

4.2 Classificazione granulometrica del particolato solido in sospensione

I materiali campionati sono stati caratterizzati in base alla loro appartenenza alle tre classi granulometriche in cui è suddiviso lo spettro dimensionale dei sedimenti (Wentworth). Il diagramma ternario di Shepard (Figura 4.2) ci permette di avere immediata rappresentazione delle differenze, o analogie, nelle caratteristiche granulometriche del particolato in sospensione dei campioni analizzati. Si osserva che le argille risultano assenti in tutti i campioni per quanto esse possano essere presenti in forma di aggregati. Ciò che varia nella distribuzione è quindi il contenuto relativo delle frazioni limosa e sabbiosa. Alla bocca di porto di Lido si osserva una sostanziale omogeneità dei campioni che si raggruppano tutti al di sopra dell'80% di contenuto limoso. A Malamocco si riscontra la maggior variabilità con campioni che si distribuiscono tra il 40% e il 90% di contenuto limoso; la maggior variabilità è dovuta ai campioni prelevati in fase di marea crescente durante la campagna di Aprile 2016, i quali sono stati classificati come limo sabbioso e sabbia limosa. I campioni prelevati invece alla bocca di porto di Chioggia risultano molto simili a quelli prelevati alla bocca di porto di Lido: si raggruppano quasi tutti al di sopra del 75% di contenuto limoso, fatta eccezione per un unico campione che è risultato classificato come limo sabbioso.

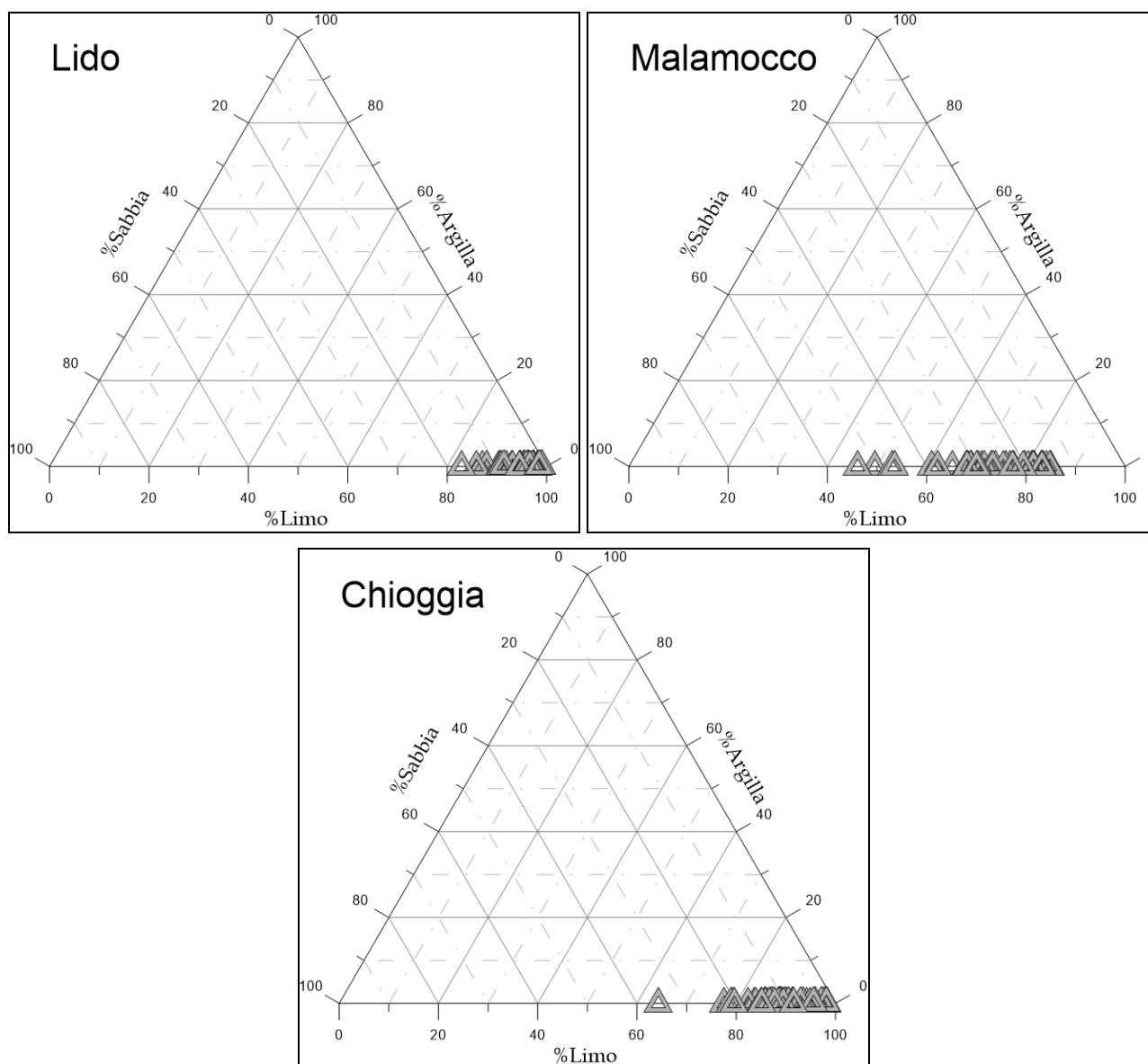


Figura 4.2. Diagramma di Shepard relativo alle differenti classi granulometriche presenti nei campioni raccolti nei pressi delle bocche di porto durante le campagne B/11.

4.3 Concentrazione del particellato solido in sospensione

Per quanto concerne le concentrazioni misurate sui campioni d'acqua prelevati, si possono effettuare diverse considerazioni. Le concentrazioni maggiori del particellato solido in sospensione sono state misurate alla bocca di porto di Lido: i valori spaziano in un intervallo ampio (5.0 -125.0 mg/l) in relazione alle diverse condizioni mareali e meteo-marine; durante le attività di misura infatti il vento è risultato di discreta intensità, attestandosi al di sopra ai 10 m/s per tutto il periodo di misura. La bocca di porto di Malamocco si distingue invece per i modesti valori di concentrazione, i quali risultano per lo più compresi tra 0 e 6.3 mg/l, in accordo con la tendenza già riscontrata nelle altre fasi del monitoraggio e in altri Studi (Zaggia *et al.*, 2012; Arena *et al.*, 2009, Defendi *et al.*, 2010). Chioggia rappresenta invece un caso intermedio, con concentrazioni moderatamente variabili tra 0 e 50 mg/l; c'è da dire però che in questo caso le concentrazioni maggiori sono legate alla presenza di attività di rilascio di materiale lapideo per la protezione dei fondali in prossimità del recesso di barriera.

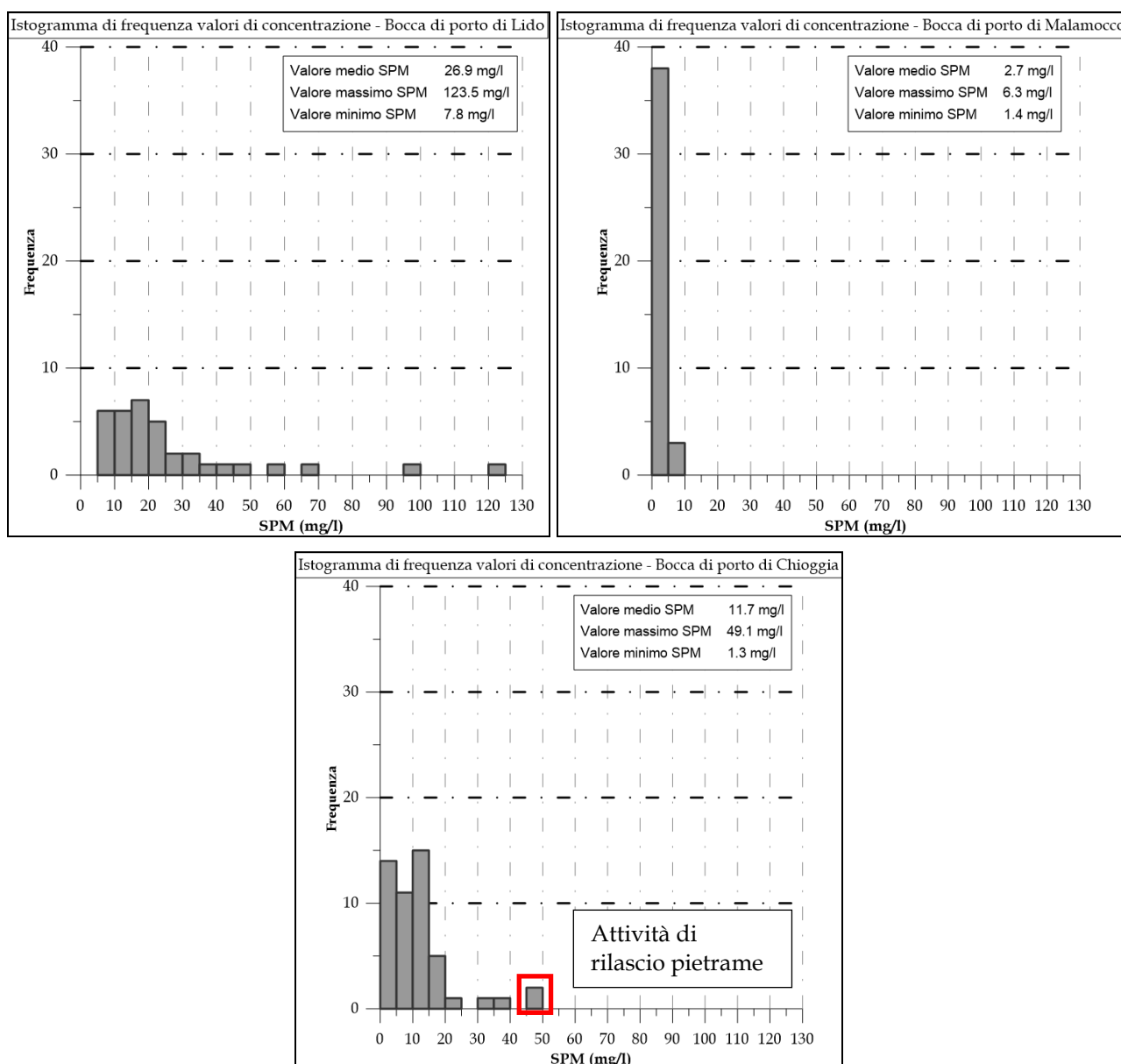


Figura 4.2. Istogramma di frequenza dei valori di concentrazione nei campioni raccolti nei pressi delle bocche di porto durante le campagne B/11. In rosso è evidenziata l'attività di rilascio pietrame.

4.4 Studio della propagazione della torbidità

Durante le attività di misura alle bocche di porto di Malamocco (M1B11 e M2B11) e di Chioggia (C1B11e C2B11) sono state monitorate le attività di rilascio di materiale lapideo in prossimità dei recessi di barriera per la protezione dei fondali. Il pennacchio di torbida prodotto da tali attività è risultato evidente e ben definito, ma caratterizzato da concentrazioni di particellato solido sospeso di entità contenuta fuori della A.I.T. (Area di Impatto Totale, MAG.ACQUE-CORILA, 2005)). Il materiale si disperde rapidamente e in parte risedimenta, per cui, generalmente a distanze superiori a 500 m dall'area di lavoro, le concentrazioni tornano ad essere quelle caratteristiche di condizioni non perturbate.

Tuttavia, durante le attività di monitoraggio svolte il giorno 8 Marzo a Chioggia, si è verificato un superamento del valore soglia della torbidità rilevata durante le operazioni per la posa in opera di materiale lapideo a protezione dei fondali nell'area prossima al recesso di barriera, verso la spalla sud lato laguna, ad opera della draga San Giusto, munita di benna a grappo (Figura 4.4).



Figura 4.4. Imbarcazione San Giusto, munita di benna a grappo, mentre scarica pietrame il giorno 8 Marzo 2016, bocca di porto di Chioggia.

I primi risultati ottenuti mediante calibrazione dei dati di backscatter hanno dato esito positivo per quanto riguarda il superamento del valore soglia in alcuni punti esterni alla A.I.T. Per questo motivo il giorno 23 Marzo 2016 è stato inviato un Rapporto di Anomalia, in seguito al quale è stata avviata la procedura di feedback tra DL monitoraggi, CLODIA, ATI-Lotti Thetis, CVN e DL Opere alle Bocche.

Il superamento è avvenuto in un'area limitata, a ridosso delle strutture di spalla sud, per valori di poco superiori ai 30 mg/l, ottenuti come media verticale delle concentrazioni calcolate lungo la colonna d'acqua (Figura 4.5).

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

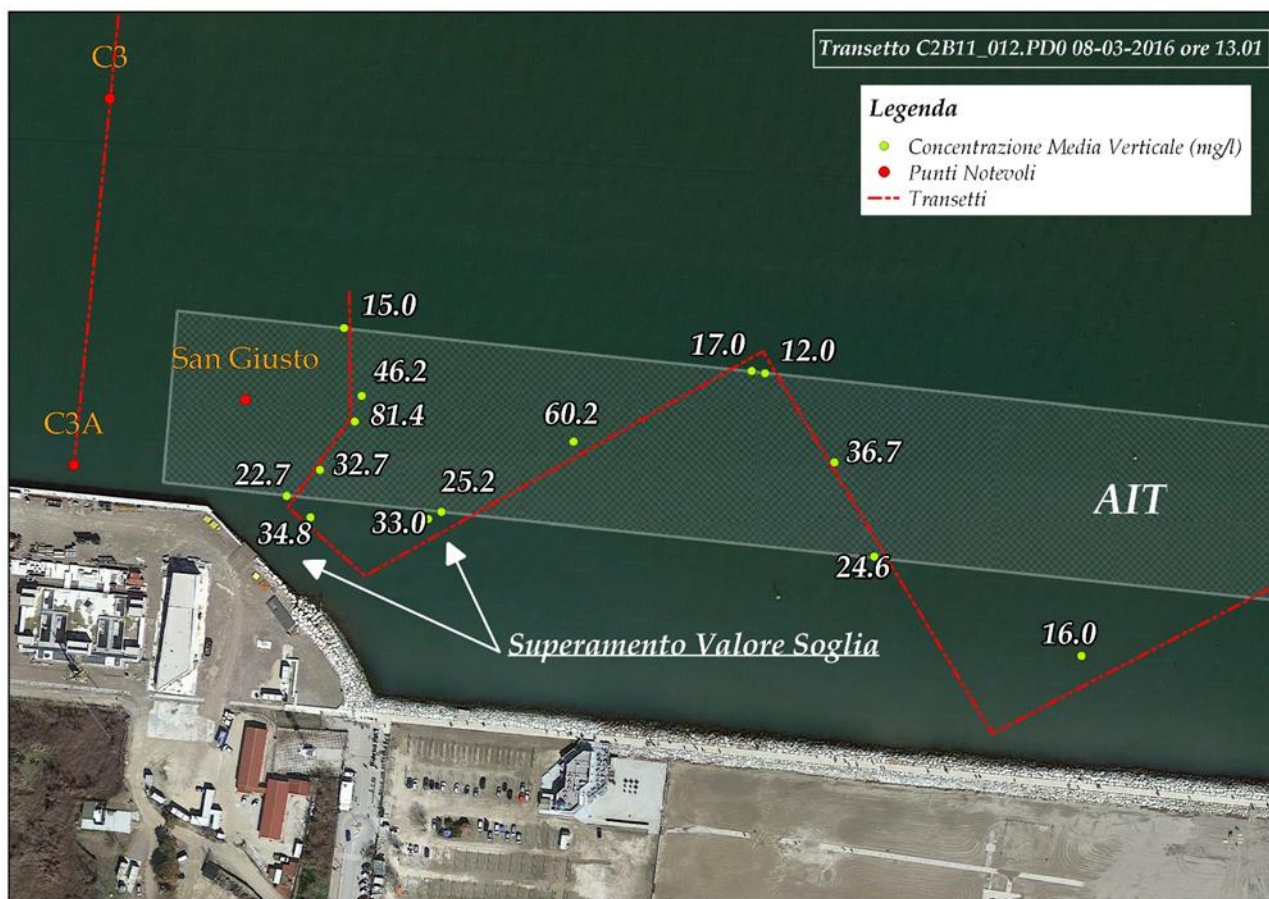


Figura 4.5. Monitoraggio torbida. Transetto C2B11_012.PD0 del 08/03/2016 ore 13.01. Condizioni di marea calante. Elaborazioni in ambiente GIS: AIT, transetto ADCP e concentrazione media sulla colonna d'acqua dei solidi sospesi.

Al momento delle misure, la colonna d'acqua era già interessata da fenomeni risospensivi importanti dovuti al moto ondoso generato dai sostenuti venti da NE e dalle correnti di marea uscente (Tabella 4.1); la torbidità indotta dalle operazioni di scavo si è così sommata alla torbidità naturale già di per sé relativamente più alta rispetto alle condizioni imperturbate.

Tabella 4.1. Dati di marea e meteo. Dati centralina installata presso la diga sud di Chioggia (Rete Tele Mareografica di Venezia). Con le sigle VV e DV si indicano rispettivamente la velocità e la direzione del vento.

GIORNO	Ora solare	Liv (m)	VV (m/s)	VVmax (m/s)	DV (GN)
08/03/2016	07:00	0.54	4.8	5.9	13
08/03/2016	08:00	0.70	4.2	5.0	19
08/03/2016	09:00	0.76	5.5	6.6	9
08/03/2016	10:00	0.77	7.0	8.2	22
08/03/2016	11:00	0.70	8.3	10.0	46
08/03/2016	12:00	0.58	9.6	11.5	30
08/03/2016	13:00	0.42	9.4	12.0	28
08/03/2016	14:00	0.30	9.4	10.9	30
08/03/2016	15:00	0.23	11.4	12.4	29
08/03/2016	16:00	0.22	10.4	12.0	54

Per una valutazione più definita dell'anomalia ottenuta durante le indagini è quindi utile caratterizzare la situazione in condizioni indisturbate della concentrazione del solido sospeso nella colonna d'acqua. Si riporta, a titolo di esempio, in Figura l'andamento della concentrazione del particellato in sospensione lungo la colonna d'acqua ottenuta nei pressi del Punto C0 (Figura 2.3) durante le misure della mattina e del pomeriggio del giorno 8 Marzo: il valore di fondo della concentrazione del particellato solido sospeso in queste condizioni è pari a 10-15 mg/l durante la mattina e in aumento a 17-25 mg/l nel pomeriggio.

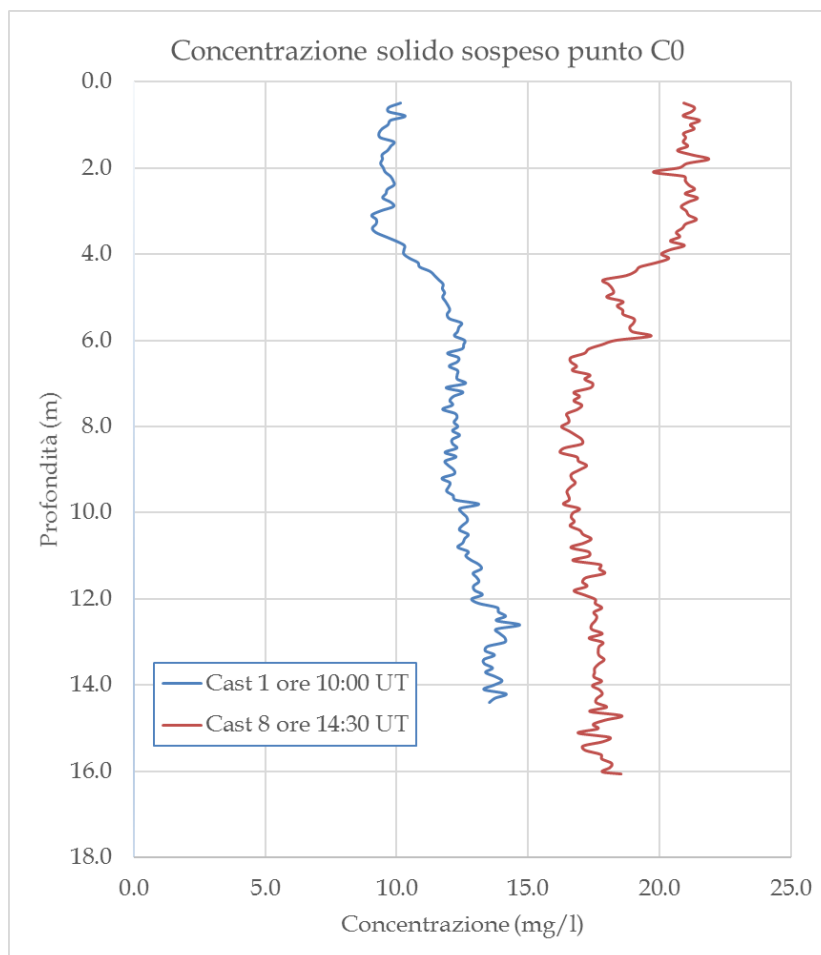


Figura 4.6. Profili di concentrazione ottenuti nei pressi del punto C0 (Figura 2.5) durante le indagini.

Si può affermare che la situazione meteorologica ha sicuramente influito sui risultati portando ad avere, soprattutto nel primo pomeriggio, mediamente dei valori di torbidità più elevati nelle zone interessate dallo scavo durante le misure, contribuendo ad innalzare il valore della concentrazione del particellato in sospensione misurato in prossimità dell'area di scavo.

Per le motivazioni sopra descritte ed in considerazione del fatto che l'impresa CLODIA ha assicurato che continuerà ad assumere maggiori cautele nello sversamento al fine di non incidere ulteriormente sui valori di solido sospeso naturali già mediamente più elevati (Prot. N° 2355 del 23-07-2015), è stata considerata chiusa la segnalazione di anomalia con l'invio di un Rapporto di Chiusura Anomalia il giorno 14 giugno 2016 (PROVV.OO.PP. - CORILA 2016c).

5. CONCLUSIONI

Durante lo Studio B.6.72 B/11 sono state condotte nelle tre bocche di porto, nei pressi dei cantieri per la realizzazione delle opere mobili del MoSE, alcune campagne di misura per la valutazione degli impatti derivanti dalle attività in corso e per caratterizzare il sistema dal punto di vista dell'idrodinamica e del trasporto di sedimenti.

Sono stati raccolti numerosi campioni d'acqua sui quali sono state effettuate indagini di laboratorio per ricavare lo spettro granulometrico dei sedimenti trasportati dalle correnti e per quantificare la concentrazione.

Sono state effettuate indagini in concomitanza ad eventi meteomarini di particolare intensità (Lido, Settembre-Ottobre 2015 e Chioggia 8 Marzo 2016) ottenendo così informazioni sulla matrice acqua anche in condizioni intense sia per quanto riguarda l'idrodinamica, con elevati gradienti di marea e quindi anche elevati valori del deflusso idrico, sia per quanto riguarda il trasporto di sedimenti con elevate concentrazioni del particolato in sospensione determinate sia dalle correnti di marea sia dal moto ondoso nelle aree prossime alle bocche di porto.

Sono state altresì monitorate le attività dei cantieri durante le campagne di misura effettuate alle bocche di porto di Malamocco (M1B11 ed M2B11) e di Chioggia (C1B11 e C2B11) (Tabella 2.1). In particolare presso la bocca di porto di Chioggia il giorno 8 Marzo 2016, nell'area prossima al recesso di barriera, verso la spalla sud lato laguna, sono state condotte attività per il monitoraggio dell'imbarcazione San Giusto impegnata nel rilascio di materiale lapideo per la protezione dei fondali. Le indagini effettuate hanno evidenziato un'anomalia nelle concentrazioni dei solidi sospesi; le concentrazioni in alcuni punti all'esterno della A.I.T. risultavano di poco superiori al valore soglia imposto di 30 mg/l. Tuttavia la particolare situazione è parzialmente determinata dalle condizioni meteo marine, caratterizzate da vento sostenuto, per cui si è ritenuto di poter chiudere l'anomalia ribadendo il suggerimento di ridurre/sospendere le attività di sversamento pietrame in condizioni meteo marine simili a quelle presenti durante l'indagine.

In conclusione, l'attività di versamento pietrame in condizioni di mareggiate o eventi meteo intensi è in grado di indurre aumenti delle concentrazioni di solido sospeso nella colonna d'acqua tali da determinare un aumento della probabilità di superamento del valore soglia, come è avvenuto il giorno 8 marzo 2016. Sebbene tale aumento possa essere prevalentemente attribuito a cause naturali, è comunque opportuno, in queste condizioni, prevedere di adottare pratiche di contenimento dell'impatto come ad esempio l'apertura della benna a grappo in profondità, il più possibile vicino alla profondità di posa del materiale, qualora ciò sia tecnicamente fattibile, o valutare altri provvedimenti come una riduzione dell'intensità della lavorazione o una temporanea interruzione.

BIBLIOGRAFIA

Arena F., Costa F., Defendi V., De Pascalis F., Ferrarin C., M. Gacic, V. Kovacevic, I. Mancero-Mosquera, A. Mazzoldi, F. Simionato, G. Umgiesser, L. Zaggia (2009). La Misura del Trasporto Solido Laguna-Mare. Relazione finale. CORILA, Venezia, p. 175.

Defendi V., Kovacevic V., Arena F., Zaggia L. (2010). Estimating sediment transport from acoustic measurements in the Venice Lagoon inlets. *Continental Shelf Research*, 30, 883-893.

Di Silvio G., Zaggia L., Dall'Angelo C., Lorenzetti G., Manfè G. (2016) Monitoraggio della torbidità e dell'idrodinamica nelle aree interessate dai cantieri alle bocche di porto. In *"Il controllo ambientale della costruzione del MOSE. 10 anni di monitoraggi tra mare e laguna di Venezia"*, P. Campostrini, C. Dabalà, P. Del Negro, L. Tosi (editors), CORILA.

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - 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 (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - CORILA, 2006-2013. Studio B.6.72 B/1-B/8. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporti Finali. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque di Venezia) - CORILA (2014-2015) Studio B.6.72 B/9-B/10. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporti Finali. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia - CORILA (2015a) Studio B.6.72 B/11 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Macroattività: Monitoraggio della produzione della torbidità nelle aree prossime ai cantieri e del trasporto solido. Rapporto di campagna: Bocca di Lido 28, 30 Settembre e 1 Ottobre 2015 Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia - CORILA (2015b) Studio B.6.72 B/11 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Macroattività: Monitoraggio della produzione della torbidità nelle aree prossime ai cantieri e del trasporto solido. Rapporto di campagna: Bocca di Malamocco 26-28 Ottobre 2015 Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia - CORILA (2015c) Studio B.6.72 B/11 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Macroattività: Monitoraggio della produzione della torbidità nelle aree prossime ai cantieri e del trasporto solido. Rapporto di campagna: Bocca di Chioggia 24-25 Novembre 2015 Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia - CORILA (2016a) Studio B.6.72 B/11 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Macroattività: Monitoraggio della produzione della torbidità nelle aree prossime ai cantieri e del trasporto solido.

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

Rapporto di campagna: Bocca di Chioggia 8 Marzo 2016 Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia - CORILA (2016b) Studio B.6.72 B/11 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Macroattività: Monitoraggio della produzione della torbidità nelle aree prossime ai cantieri e del trasporto solido. Rapporto di campagna: Bocca di Malamocco 27 Aprile 2016 Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia - CORILA (2016c) Studio B.6.72 B/11 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Macroattività: Monitoraggio della produzione della torbidità nelle aree prossime ai cantieri e del trasporto solido. Rapporto di chiusura anomalia: Bocca di Chioggia 8 Marzo 2016 Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Zaggia L., Defendi V., Ferrarin C., Lorenzetti G., Manfè G., Arena F., Gacic M. (2012). Il trasporto solido dalla laguna al mare in differenti scenari di livelli marini e di uso dei mezzi di regolazione delle maree. In La Laguna di Venezia nel Quadro dei Cambiamenti Climatici, delle Misure di Mitigazione e Adattamento e dell'Evoluzione degli Usi del Territorio. CORILA.



Consorzio per il coordinamento delle ricerche
inerenti al sistema lagunare di Venezia

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/11**

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

Contratto CVN-CORILA n. 12198 spo/va/cer

Documento **MATRICE: ACQUA**

**MACROATTIVITA': MONITORAGGIO DELLA
PRODUZIONE DELLA TORBIDITÀ NELLE AREE
PROSSIME AI CANTIERI E DEL TRASPORTO
SOLIDO**

**RAPPORTO DI ANOMALIA: 8 MARZO 2016
BOCCA DI CHIOGGIA**

Versione **1.0**

Emissione **23 Marzo 2016**

Redazione

Dott. Luca Zaggia
(ISMAR-CNR)

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

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

Il presente rapporto ha lo scopo di segnalare il superamento del valore soglia della torbidità rilevata a valle della draga San Giusto, impegnata nel versamento di pietrame, alla bocca di Chioggia il pomeriggio del giorno 8 Marzo 2016.

La campagna effettuata il giorno 8 Marzo 2016 ha avuto l'obiettivo di indagare il flusso idrodinamico che caratterizza la bocca di porto di Chioggia e di monitorare gli effetti indotti dalle opere relative al sistema MoSE che nel corso degli anni di lavoro hanno modificato sensibilmente l'assetto precedente della bocca di porto. In Figura 1 vengono indicati i punti notevoli nei pressi dei quali sono stati effettuati i profili ed i campionamenti e i transetti lungo i quali sono state effettuate le misure con strumentazione ADCP *vessel mounted*.



Figura 1. Transetti e punti notevoli della campagna studio Monitoraggio Torbida dell'8 Marzo 2016.

Durante le indagini sono stati condotti studi specifici per monitorare l'attività di rilascio pietrame condotta dall'imbarcazione San Giusto munita da benna a grappo (Figura 2). Erano in corso operazioni per la posa in opera di materiale lapideo a protezione dei fondali nell'area prossima al recesso di barriera, verso la spalla sud lato laguna.



Figura 2. Imbarcazione San Giusto, munita da benna a grappo, mentre scarica pietrame.

Per la valutazione dell'impatto generato dalle lavorazioni in atto sono stati eseguiti una serie di transetti ADCP vessel mounted per l'acquisizione del backscatter acustico. Una serie di profili CTD e prelievi di campioni d'acqua mediante sistema Rosette-CTD ha permesso di calibrare il segnale dello strumento acustico e di ottenere così la distribuzione spaziale della perturbazione generata dalla macchina operatrice in termini di materiale solido sospeso nella colonna d'acqua.

I primi risultati ottenuti mediante calibrazione dati hanno dato esito positivo per quanto riguarda il **superamento del valore soglia** in alcuni punti esterni l'Area di Impatto Totale, così come definita nel documento "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." (MAG.ACQUE-CORILA, 2005).

Il superamento è avvenuto in un'area limitata a ridosso delle strutture di spalla sud per valori **di poco superiori ai 30 mg/l**, ottenuti come media verticale delle concentrazioni stimate lungo la colonna d'acqua (Figura 3).

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

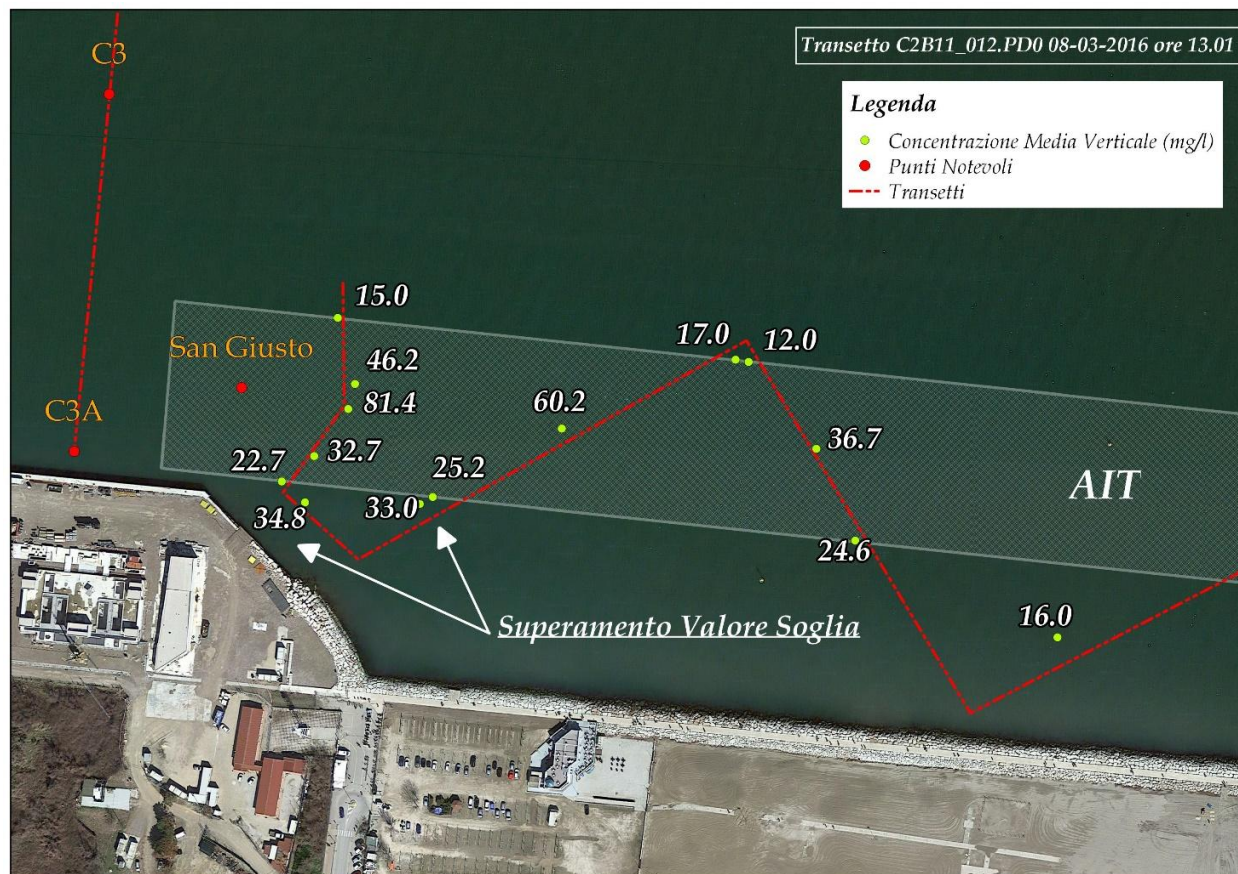


Figura 3. Monitoraggio torbida. Transetto C2B11_012.PD0 del 08/03/2016 ore 13.01. Condizioni di marea calante. Elaborazioni in ambiente GIS: AIT, transetto ADCP e concentrazione media sulla colonna d'acqua del solido sospeso.

Per una corretta lettura del dato di superamento va considerato che, al momento delle misure, la colonna d'acqua era già interessata da fenomeni risospensivi importanti dovuti al moto ondoso generato dai forti venti da NE e dalle correnti di marea uscente (Tabella 1).

Tabella 1. Dati di marea e meteo. Dati centralina installata presso la diga sud di Chioggia (Rete Tele Mareografica di Venezia).

Giorno	Ora solare	Livello (m)	Velocità Vento (m/s)	Velocità Vento max (m/s)	Direzione Vento (GN)
08/03/2016	07:00	0.54	4.8	5.9	13
08/03/2016	08:00	0.70	4.2	5	19
08/03/2016	09:00	0.76	5.5	6.6	9
08/03/2016	10:00	0.77	7	8.2	22
08/03/2016	11:00	0.70	8.3	10	46
08/03/2016	12:00	0.58	9.6	11.5	30
08/03/2016	13:00	0.42	9.4	12	28
08/03/2016	14:00	0.30	9.4	10.9	30
08/03/2016	15:00	0.23	11.4	12.4	29
08/03/2016	16:00	0.22	10.4	12	54

Un ulteriore elemento necessario per una corretta valutazione dell'anomalia ottenuta durante le indagini è la caratterizzazione della situazione di fondo della concentrazione del solido sospeso

nella colonna d'acqua. Si riporta in Figura 4 l'andamento della concentrazione lungo la colonna d'acqua ottenuta nei pressi del Punto C0 (Figura 1) durante le misure della mattina e del pomeriggio (dati ottenuti dalla calibrazione della torbidità registrata dalla sonda multi parametrica). Si osserva una situazione in cui background dei valori di solido sospeso è pari a 10-15 mg/l la mattina in aumento a 17 - 25 mg/l nel pomeriggio.

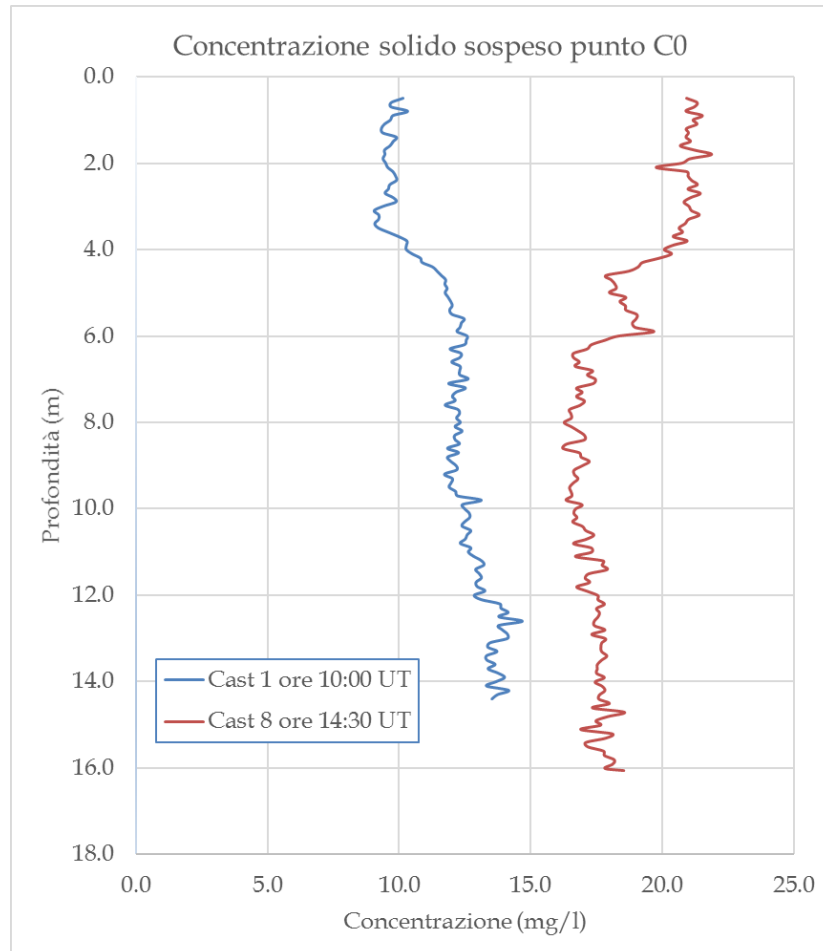


Figura 4. Profili di concentrazione ottenuti nei pressi del punto C0 durante le indagini.

Quindi si può affermare che la situazione meteorologica ha sicuramente influito portando ad avere, soprattutto nel primo pomeriggio nelle zone interessate dallo scavo durante le misure, dei valori di solido sospeso mediamente più elevati che al mattino, influenzando anche sulle elaborazioni per la stima dell'impatto sulla matrice acqua.

Ciò nondimeno poiché i materiali messi in sospensione durante la fase di rilascio di pietrame sono in generale molto fini, è possibile che questa tipologia di lavoro possa indurre, come riscontrato, una prolungata permanenza del materiale in sospensione e la conseguente propagazione dell'impatto al di fuori dell'area di AIT. Ciò è stato verificato, nel corso dei Monitoraggio, soprattutto in particolari condizioni di forti correnti di marea, moto ondoso sostenuto o correnti di deriva.

In conclusione, l'attività di versamento pietrame in condizioni di mareggiate o eventi meteo intensi è in grado di indurre aumenti delle concentrazioni di solido sospeso nella colonna d'acqua tali da determinare un aumento della probabilità di superamento del valore soglia, come è avvenuto il giorno 8 marzo 2016. È quindi opportuno, in queste condizioni, prevedere di adottare pratiche di contenimento dell'impatto come ad esempio l'apertura della benna a grappolo in profondità, il più

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

possibile vicino alla profondità di posa del materiale, qualora ciò sia tecnicamente fattibile, o valutare altri provvedimenti come una riduzione dell'intensità della lavorazione o una temporanea interruzione.



clodia

Società Consortile a Responsabilità Limitata

Prot. nr. 821

Chioggia, li 10.05.2016

Egr. Dott. Ing.
Maurizio Moroni
Direttore dei Lavori
c/o A.T.I. Lotti-Thetis
Castello, 2737/f
30122 - VENEZIA

e p.c. :
Egr. Dott. Ing.
Andrea Bondi
Direttore dei Lavori
c/o A.T.I. Lotti-Thetis
Castello, 2737/f
30122 - VENEZIA

Spett. le
Consorzio Venezia Nuova
Castello, 2737/f
30122 - VENEZIA

SERVIZIO DIREZIONE LAVORI	
DOCUMENTO AZIONE IN INGRESSO	
PROT. N.	751 ABO
DATA	18/05/2016
ALLEGATI	SI ☐ NO ☒
COD. ANOMALIA	8.672.9/11.3
X	
DL	TOPOGRAFIA

Oggetto : Interventi alle Bocche Lagunari per la regolazione dei flussi di marea – Bocca di Chioggia.
Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere.
Trasmissione Rapporti di Anomalia.

Riscontriamo le note prot. nr. 1613 e nr.1614 entrambe del 9 maggio u.s. inviate dalla DL in indirizzo in ordine ai Rapporti di Anomalia emessi dal Corila rispettivamente per le macroattività di monitoraggio della Torbidità e del Rumore, per rappresentare quanto segue.

Per quanto riguarda l'anomalia di Torbidità (nota prot. nr 1613), si vuole evidenziare che la campagna è stata svolta in una giornata caratterizzata da forte vento da NE e come riportato nel Rapporto stesso "...va considerato che, al momento delle misure, la colonna d'acqua era già interessata da fenomeni sospensivi importanti dovuti al moto ondoso...".

Ciò detto, in simili condizioni meteomarine durante le fasi di posa in opera di materiale lapideo, sarà comunque cura della Scrivente assumere maggiori cautele nello sversamento al fine di non incidere ulteriormente sui valori di solido sospeso naturali già mediamente più elevati.

In riferimento alle anomalie del Rumore (nota prot. nr 1614) si conferma, come peraltro già più volte evidenziato nel trascorso passato operativo alla Bocca di Porto di Chioggia, l'assoluta temporaneità dell'evento registrato correlatamente alla sola ed esclusiva accensione/allontanamento dei natanti operativi dal sito di ormeggio.

Ciò posto, si conferma altresì che qualunque altra anomalia di rumore registrata non è imputabile - sulla base delle verifiche effettuate - ad attività di cantiere svolta dalla Scrivente.

Distinti saluti.

CLODIA s.c.a r.l.

Via San Felice, 50c

Zona Faro Diga Sud - Bocca di Chioggia

30015 SOTTOMARINA - VE



Consorzio per il coordinamento delle ricerche
inerenti al sistema lagunare di Venezia

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/11**

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

Contratto CVN-CORILA n. 12198 spo/va/cer

Documento **MATRICE: ACQUA**

**MACROATTIVITA': MONITORAGGIO DELLA
PRODUZIONE DELLA TORBIDITÀ NELLE AREE
PROSSIME AI CANTIERI E DEL TRASPORTO
SOLIDO**

**RAPPORTO DI CHIUSURA ANOMALIA: 8
MARZO 2016**

BOCCA DI CHIOGGIA

Versione **1.0**

Emissione **14 Giugno 2015**

Redazione

Dott. Luca Zaggia
(ISMAR-CNR)

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

SINTESI SEGNALAZIONE ANOMALIA

In data 23/03/2016 (Prot. 91/16/CO61) è stato inviato un Rapporto di Anomalia con lo scopo di segnalare, presso la bocca di porto di Chioggia, un andamento anomalo della torbidità a valle della draga San Giusto, impegnata nel versamento di pietrame, il pomeriggio del giorno 8 Marzo 2016.

Per la valutazione dell'impatto generato dalle lavorazioni in atto sono stati eseguiti una serie di transetti ADCP vessel mounted per l'acquisizione del backscatter acustico.

I primi risultati ottenuti mediante la calibrazione dei dati hanno dato esito positivo per quanto riguarda il **superamento del valore soglia** in alcuni punti esterni l'Area di Impatto Totale, così come definita nel documento "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." (MAG.ACQUE-CORILA, 2005).

Il superamento è avvenuto in un'area limitata a ridosso delle strutture di spalla sud per valori **di poco superiori ai 30 mg/l**, ottenuti come media verticale delle concentrazioni stimate lungo la colonna d'acqua

In seguito all'invio, da parte del CORILA, del Rapporto di Anomalia è stata avviata la procedura di feedback tra DL Monitoraggi, Clodia, ATI Lotti-Thetis, CVN, DL Opere alle Bocche. I contenuti principali di tali comunicazioni sono riportati nella tabella seguente, estratta dalla nota riepilogativa del 23-07-2015 (Prot. N° 2355).

Oggetto: Interventi alle Bocche Lagunari per la regolazione dei flussi di marea - Bocca di Chioggia. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere. Trasmissione rapporti di anomalia.

Riscontriamo le note prot. nr. 1613 e nr. 1614 entrambe del 9 maggio u.s. inviate dalla DL in indirizzo in ordine ai Rapporti di Anomalia emessi dal Corila rispettivamente per le macroattività di monitoraggio della Torbidità e del Rumore, per rappresentare quanto segue.

Per quanto riguarda l'anomalia di Torbidità (nota prot. Nr 1613), si vuole evidenziare che la campagna è stata svolta in una giornata caratterizzata da forte vento da NE e come riportato nel Rapporto stesso "...va considerato che, al momento delle misure, la colonna d'acqua era già interessata da fenomeni sospensivi importanti dovuti al moto ondoso..."

Ciò detto, in simili condizioni meteomarine durante le fasi di posa in opera di materiale lapideo, sarà comunque cura della Scrivente assumere maggiori cautele nello sversamento al fine di non incidere ulteriormente sui valori di solido sospeso naturali già mediamente più elevati.

...

Distinti saluti.

CLODIA s.c.a r. l.

CHIUSURA ANOMALIA

Come indicato dall'Impresa Clodia, al momento delle misure, la colonna d'acqua era già interessata da fenomeni risospensivi importanti dovuti al moto ondoso generato dai forti venti da NE e dalle correnti di marea uscente.

Quindi si può affermare che la situazione meteorologica ha sicuramente influito portando ad avere, soprattutto nel primo pomeriggio nelle zone interessate dallo scavo durante le misure, dei

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

valori di solido sospeso mediamente più elevati che al mattino, influenzando anche sulle elaborazioni per la stima dell'impatto sulla matrice acqua.

Ciò nondimeno, poiché i materiali messi in sospensione durante la fase di rilascio di pietrame sono in generale molto fini, è possibile che questa tipologia di lavoro possa indurre, come riscontrato, una prolungata permanenza del materiale in sospensione e la conseguente propagazione dell'impatto al di fuori dell'area di AIT.

In considerazione del fatto che l'Impresa CLODIA, come sopra scritto, ha assicurato che continuerà ad assumere maggiori cautele nello sversamento, al fine di non incidere ulteriormente sui valori di solido sospeso naturali già mediamente più elevati, si propone di considerare chiusa la segnalazione di Anomalia.