



**STUDIO B.6.72 B/I
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCE LAGUNARI**

Contratto prot.n. 31572 si/gce/fbe

LINEE GUIDA MISURE SPEDITIVE

Area: Matrice acqua

22 dicembre 2006

**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

Supervisore macroattività	Supervisore macroattività	Responsabile d'Area	Approvazione
<u>Dott. Milosav Gacic</u>	<u>Prof. Luca Zaggia</u>	<u>Prof. Giampaolo Di Silvio</u>	<u>Ing. Pierpaolo Campostrini</u>

1. PREMESSE

Le attività di misura della torbidità durante il primo anno di monitoraggio degli effetti dei cantieri per le opere di salvaguardia, sono state eseguite in campagne settimanali con l'uso di strumenti ottici ed acustici. Entrambi questi strumenti hanno avuto sempre come base di calibrazione le analisi dei campioni d'acqua raccolti.

I dati raccolti durante le campagne settimanali: campioni d'acqua, profili con sensore ottico e transetti con strumento acustico, permettono la misura del contenuto di materiale sospeso in milligrammi per litro (mg/l) e lo studio dell'evoluzione della forma della nube del materiale liberato nella colonna d'acqua dalle imbarcazioni addette allo scavo.

Assieme alle campagne nei 12 mesi tra giugno 05 e maggio 06 sono stati raccolti dati in continuo da 8 stazioni fisse, equipaggiate con sonde multiparametriche dotate di sensori per la determinazione della torbidità.

Durante le 24 campagne settimanali e i 12 mesi di installazione degli strumenti fissi si sono potute verificare le caratteristiche degli strumenti impiegati, costruendo delle rette di calibrazione accurate. Per le 10 sonde utilizzate la relazione fra la torbidità, misurata dai sensori ottici, e la concentrazione del particolato sospeso determinata nei campioni d'acqua prelevati, segue una relazione lineare per la quale la pendenza della retta di regressione è prossima all'unità. Quindi le sonde finora impiegate, di cui si propone l'impiego per una misura speditiva, forniscono una misura di torbidità che può essere considerata in buona approssimazione come una stima della concentrazione del materiale solido nella colonna d'acqua.

2.1 Strumenti utilizzati

Gli strumenti utilizzati sono:

- Sonda multiparametrica CTD (Conductivity, Temperature, Density) con sensore ottico della torbidità OBS (Optical Backscatter Signal).
- Profilatore acustico ad effetto doppler ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler).
- Un carosello di bottiglie o "*campionatore a rosette*" per la raccolta di campioni d'acqua a profondità variabile, programmabile, e azionato dalla superficie mediante PC portatile.

2.2 Calibrazione degli strumenti

La determinazione della quantità di materiale sospeso in acqua è fatta tramite l'analisi gravimetrica dei campioni raccolti. Il campionatore a rosette può essere calato dalla superficie a profondità crescente e può raccogliere campioni di circa due litri d'acqua a quote diverse. I campioni vengono filtrati, essiccati e pesati fornendo una determinazione esatta della quantità di

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

materiale sospeso in mg/l alle diverse profondità. Sui dati ottenuti da questi campionamenti si basa la calibrazione degli altri strumenti.

La sonda multiparametrica, solidale al campionatore, viene calata dall'imbarcazione fino ad una profondità di pochi centimetri dal fondo, evitando il contatto con lo stesso e la risospensione accidentale del sedimento. Durante la discesa e la salita la sonda fornisce i profili verticali delle variabili:

- Pressione, profondità
- Temperatura
- Salinità
- Torbidità ottica, intensità del segnale di backscatter ottico

Il profilatore acustico ADCP viene utilizzato con l'imbarcazione in movimento lungo un percorso "a zig-zag" che attraversa più volte, a distanze crescenti dalla sorgente, la nube di materiale sospeso. Questo strumento è in grado di raccogliere dati in continuo durante il percorso fornendo una rappresentazione bidimensionale del campo di corrente (intensità e direzione) e dell'intensità del segnale di eco prodotto dalle particelle sospese in acqua per celle di profondità di 50 cm. Dal confronto con i dati dei campioni d'acqua e dei profili CTD-OBS, l'intensità del segnale di eco si può correlare al contenuto di materiale solido (in mg/l) presente nel volume d'acqua attraversato dall'imbarcazione durante l'intero percorso.

Durante il primo anno di monitoraggio sono state utilizzate anche 8 sonde multiparametriche dotate di sensore OBS in 8 stazioni fisse. L'attività di manutenzione e scarico dei dati di questi strumenti comprendeva la raccolta di due campioni per stazione per ogni settimana.

Dall'insieme delle attività sono stati quindi raccolti più di un migliaio di campioni ed effettuate una quantità corrispondente di determinazioni dirette della concentrazione di particolato in sospensione mediante il metodo gravimetrico. Le informazioni costituiscono un dataset robusto più che sufficiente per la determinazione della relazione funzionale fra la variabile misurata dal sensore ottico e i risultati dalla determinazione diretta per il sistema oggetto di interesse. Sulla validità della relazione costruita si fonda la metodologia proposta per la misura da parte del personale del cantiere.

2.3 Limiti stabiliti per la produzione di torbida

I dati raccolti in precedenti attività di rilevazione della torbidità dell'acqua e nelle prime campagne di misura delle attività di monitoraggio, sono stati utilizzati per definire delle soglie di sicurezza per la tutela dell'ambiente in cui si eseguono i lavori. Per la descrizione dei criteri applicati e i dettagli dei limiti definiti si rimanda al documento "Definizione dei valori di soglia per la torbidità nelle bocche di porto" (settembre 2005). Interessa qui richiamare alcuni aspetti dei limiti definiti e in particolare le aree a cui si applicano, che sono direttamente richiamate nella procedura per la misura speditiva.

Le attività di scavo alle bocche di porto sono eseguite con draghe di tipo diverso, su alcune di queste, per la tecnica che utilizzano e per la quantità di materiale che movimentano, sono state

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

maggiormente concentrate le misure; per le tipologie presenti nei cantieri, le caratteristiche e modalità operative si fa riferimento ai relativi rapporti di campagna.

Per stabilire delle soglie di attenzione per i valori in mg/l di materiale sospeso, si è proceduto alla definizione di una zona ad impatto totale, cioè una cella di dimensione variabile a seconda delle condizioni di marea, in cui non si misurano i valori di torbidità. I limiti stabiliti sono quindi da applicare a partire dal confine tra la zona ad impatto totale e il resto della bocca di porto. Lo studio effettuato ha identificato come valore di soglia sulla frontiera della zona ad impatto totale una concentrazione media su tutta la colonna d'acqua di 30 mg/l. Rispettando questo limite si ha ragionevole certezza che l'impatto sull'ambiente circostante, prossimo e a distanza, sia confrontabile per durata ed intensità con quello dovuto alla concentrazione raggiunta in alcuni eventi naturali (temporali e mareggiate), o per effetto della risospensione indotta dall'idrodinamica in particolari punti del sistema in esame, e permette quindi di classificare come minimo l'effetto sull'ecosistema.

2. MODALITÀ PROPOSTA PER IL CONTROLLO DEI VALORI DI TORBIDITÀ SULLA FRONTIERA DELL'AREA AD IMPATTO TOTALE

Una misura speditiva del TSM (Total Suspend Matter) deve garantire l'immediata disponibilità del risultato con precisione e accuratezza. Queste caratteristiche si possono ottenere con l'uso di sensori OBS opportunamente calibrati. Durante i 12 mesi di utilizzo infatti si è potuta verificare una ottima correlazione tra la lettura del valore in FTU ed il valore in mg/l ricavato dalle analisi gravimetriche, questo significa poter disporre di una stima affidabile e rapida della torbidità per lo specifico sistema per lo specifico tipo di sensore ottico impiegato nella sperimentazione.

2.1 Materiali

Dall'esperienza finora acquisita e dagli studi confrontati si è scelto un metodo che permette di rilevare la torbidità dell'acqua in modo istantaneo, si sono inoltre definiti i punti spaziali e gli intervalli temporali da seguire per il controllo. Per l'esecuzione di tali controlli è necessario che siano disponibili:

1. Una imbarcazione di adeguate dimensioni dove installare gli strumenti di navigazione, in particolare un ecoscandaglio, e gli strumenti per la rilevazione della torbidità.
2. Un GPS interfacciabile ad un personal computer dotato di cartografia aggiornata.
3. Una sonda CTD con sensore OBS.
4. Un apparato radio VHF per comunicare con i mezzi in attività o con le barche appoggio.
5. Almeno una bottiglia per raccogliere campioni d'acqua a profondità stabilite.

L'imbarcazione sarà condotta da personale qualificato e in grado di posizionare il mezzo su coordinate geografiche comunicate o calcolate in relazione alla posizione della draga. I percorsi eseguiti dall'imbarcazione devono poter essere salvati in un formato elettronico ad ampia diffusione. Il GPS verrà utilizzato sia per la conduzione dell'imbarcazione che per il corretto posizionamento dei punti da campionare.

La sonda CTD ed il sensore OBS devono essere collegati ad un PC che permette la lettura in tempo reale dei valori misurati ed il loro salvataggio. Almeno una volta per turno di lavoro assieme alla lettura effettuata con la sonda dovrà essere utilizzata la bottiglia per la raccolta dei campioni d'acqua; il campione raccolto sarà conservato adeguatamente per poi essere analizzato in laboratorio.

2.2 Modalità

Le sonde scelte per la misura vanno montate su di un supporto che permetta di calarle in acqua dall'imbarcazione e di variarne la profondità di immersione. Le sonde saranno assicurate all'imbarcazione con un cavo di collegamento portante attraverso il quale viene effettuata la lettura dei dati mediante PC o unità di acquisizione esterna. Una volta raggiunto il punto di misura l'imbarcazione sarà fermata e lo strumento calato in acqua lentamente; la lettura dell'ecoscandaglio fornisce la profondità dell'acqua, e quindi la quota di immersione della sonda da non superare per evitare di toccare il fondo con la testa della sonda nella quale sono alloggiati i sensori. Lo strumento sarà calato in modalità di acquisizione fino ad 1 metro dal fondo controllando costantemente la profondità sul display dell'unità di acquisizione o sul PC. All'operatore sarà chiesto di verificare che la sonda stia raccogliendo i dati, in particolare quelli relativi alla torbidità, durante la discesa e la risalita della sonda. Al termine di queste operazioni l'operatore leggerà e trascriverà la media dei valori di torbidità. L'insieme di queste operazioni viene indicato con "calata". I dati raccolti durante una calata costituiscono il profilo verticale. Il controllo speditivo della torbidità è eseguito con un insieme di calate e quindi con la raccolta di più profili che permettono di calcolare l'aumento della torbidità dovuto ai lavori di scavo. Il numero di profili e l'intervallo temporale in cui ripeterlo sono definiti dalla posizione della draga e dalle condizioni di marea.

2.2.1 Punti da campionare

I punti dove eseguire i profili con la sonda CTD sono tutti sulla frontiera della zona ad impatto totale, questa è definita dalla posizione della draga e dalle condizioni di marea. L'area di questa zona è fissata in 5 ha (50.000 m²) e le dimensioni lineari, larghezza e lunghezza, sono variabili con la velocità della corrente. Il pilota della barca incaricata della misura dovrà quindi verificare le condizioni di marea, la posizione della draga e quindi determinare i confini della zona ad impatto totale.

Uno studio effettuato dal CVN¹ ha ricavato una relazione tra la velocità dell'acqua nelle bocche di porto e la variazione di livello di marea. In mancanza di misure dirette si può quindi avere una stima della velocità dell'acqua a partire dai dati di livello. Dal calendario di previsione della marea astronomica, o da previsioni più dettagliate, si ricavano i valori di massimo e minimo dell'oscillazione e l'ora in cui si sono verificati; a partire da questi numeri si potrà stimare la velocità di corrente, usando i coefficienti riportati in tabella:

Tabella 1: Relazione tra velocità in bocca e velocità di escursione in laguna.

Stazione	Velocità in bocca (cm/s) in funzione della velocità di escursione (cm/hr)
Treporti	$v_{\max} = -6,8 \Delta z / \Delta t$
S. Nicolò	$v_{\max} = -7,1 \Delta z / \Delta t$
S. Erasmo	$v_{\max} = -4,6 \Delta z / \Delta t$

¹ Rapporto interno "Relazione tra velocità astronomiche del flusso di marea in bocca di porto e velocità di escursione di livello astronomico a Punta Salute", 27/09/2006

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

Malamocco	$v_{\max} = -8,6 \Delta z / \Delta t$
Chioggia	$v_{\max} = -6,8 \Delta z / \Delta t$

I valori di velocità così calcolati possono essere divisi in intervalli e per ogni intervallo fissare delle dimensioni per la zona ad impatto totale, in tabella si trovano le tre possibilità che si prevedono per le misure lineari della zona ad impatto totale:

Tabella 2: Relazione tra velocità in bocca e velocità di escursione in laguna.

Velocità cm/s	Dimensioni lunghezza x larghezza
0 - 10	~ 225 x 225
10- 50	~ 400 x 125
> 50	~ 700 x 75

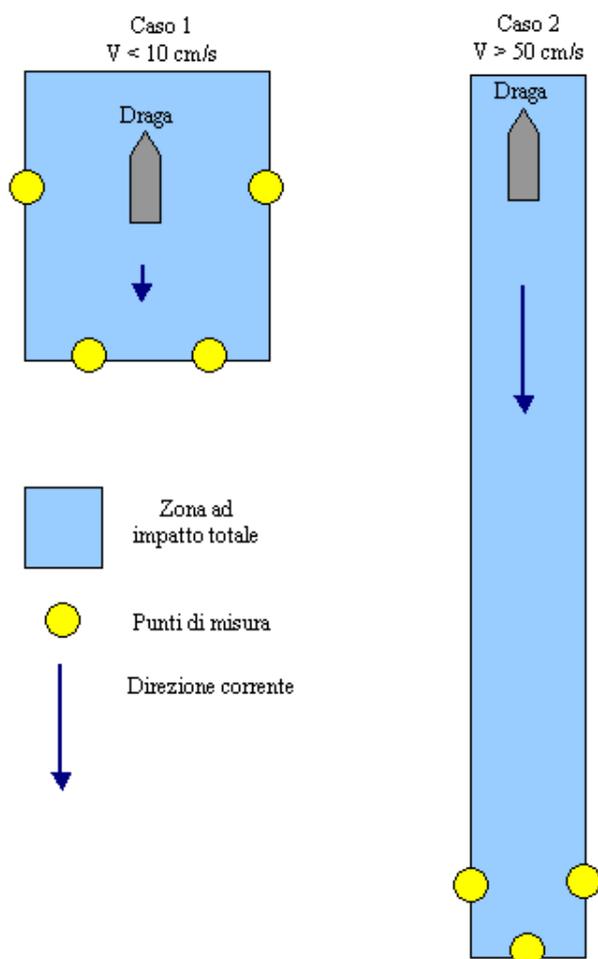
Nella tabella si intende per lunghezza la dimensione misurata lungo la direzione della corrente e quindi per larghezza la direzione perpendicolare.

Definite le misure della zona ad impatto totale sarà possibile ricavare la posizione dove eseguire le misure. Ogni due ore di scavo sarà necessario raccogliere almeno 3 profili di torbidità in posizioni utili per il controllo dei valori sulla frontiera della zona ad impatto totale.

Nel caso in cui la corrente sia vicina all'inversione, in morto di corrente, i 4 punti di misura saranno distribuiti in modo uniforme intorno alla draga, ad una distanza di circa 225 metri, Caso 1 della figura a fianco.

Ad esempio se la velocità della corrente è superiore ai 50 cm/s sarà necessario eseguire almeno tre calate a poppa della draga in asse con la corrente ad una distanza di circa 700 metri dal punto di scavo, Caso 2 della figura a fianco.

Oltre a queste calate sarà necessario eseguire almeno una misura dei valori di torbidità imperturbati, cioè in un punto che non sia influenzato dai lavori di scavo.



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

Durante l'esecuzione di ciascun profilo l'operatore leggerà i dati visualizzati e verificherà il rispetto dei limiti.

Fig. 1: Schema semplificato del campo di misura.

2.3 Scheda di campo

La valutazione della zona ad impatto totale e le procedure di misura vanno ripetute ogni due ore di attività di scavo; ad ogni calata sarà compilata una tabella riassuntiva come quella riportata qui sotto.

Data/ora	DRAGA	Punto di misura*	Coordinate UTM WGS84	Fondale (m)	Marea**
	ASTRA	S. Nicolò	0297740 E 5033614 N	m	
Media dei valori di torbidità FTU			Massimo FTU		
			Minimo FTU		
Campione raccolto	etichetta		Profondità m	m	
Note					

**Indicare se la marea è entrante o uscente e la valutazione sull'intensità.

Fig. 2: Esempio di scheda di campo.