



# A.P.C.

**AUTORITÀ PORTUALE DI CAGLIARI**

RELAZIONE TECNICA -

"PIANO DI CONTROLLO DELLE ATTIVITÀ DI DRAGAGGIO E CONFERIMENTO  
IN STRUTTURE DI CONTENIMENTO DEI SEDIMENTI DEL MOLO ICHNUSA"

## *MONITORAGGIO ACQUE: FASE POST OPERAM*

FEBBRAIO 2016

FILE RIF. APC\_RELAZIONE MONITORAGGIO\_MOLO ICHNUSA\_2016\_PO.DOCX



Ingegneria ambientale e laboratori

ambiente sc – Firenze, via di Soffiano, 15 - tel. 055-7399056 – Carrara, via Frassina 21 – Tel. 0585-855624

# INDICE

1. <i>AMBITO DEL MONITORAGGIO</i> .....	3
2. <i>STAZIONI DI CAMPIONAMENTO</i> .....	3
3. <i>CAMPIONAMENTO E METODI ANALITICI DI RIFERIMENTO</i> .....	5
4. <i>RISULTATI E DISCUSSIONE</i> .....	11
5. <i>CONCLUSIONI</i> .....	22

## 1. AMBITO DEL MONITORAGGIO

La presente relazione tecnica comprende gli esiti del monitoraggio relativo alla qualità delle acque e dei sedimenti effettuato all'interno e nelle immediate afferenze del Porto Canale di Cagliari (CA) successivamente alle lavorazioni previste dal progetto in esame (fase *post-operam*, Febbraio 2016). Nel presente studio è stata valutata la qualità delle acque e dei sedimenti in alcune stazioni di monitoraggio potenzialmente interferite dalle citate lavorazioni, al fine di caratterizzare lo stato di qualità delle stesse dal punto di vista biologico e fisico-chimico; ciò in modo tale da valutare, nelle fasi di corso d'opera, di esercizio e di effetto, eventuali scostamenti dai valori dei parametri analizzati imputabili alle lavorazioni in corso od avvenute.

Per tale monitoraggio sono stati applicati i protocolli "*Mussel Watch*" (es. Cicero *et al.*, 2001, finalizzato a determinare la biodisponibilità di contaminanti chimici nell'ambiente prima, durante e dopo i lavori in progetto). È stata scelta come specie da impiegare come indicatore il mitilo mediterraneo (*Mytilus galloprovincialis* L.), specie ampiamente utilizzata in Mediterraneo per analisi di questo tipo. Conformemente a quanto previsto dalla citata normativa, sono stati inoltre analizzati i set parametrici chimici e fisico-chimici nella colonna d'acqua e nel sedimento.

Relativamente alle metodiche analitiche applicate, il protocollo "*Mussel Watch*" prevede l'impiego di un indicatore biologico (nel presente studio, il mitilo, *Mytilus galloprovincialis*), già utilizzato in programmi di monitoraggio regionali e nazionali per evidenziare la presenza dei principali contaminanti biodisponibili ed i loro eventuali effetti biologici. Tale metodo rappresenta il più longevo programma di monitoraggio dei contaminanti ambientali, essendo stato già applicato in passato per il controllo della qualità delle acque costiere americane e dei Grandi Laghi sino dal 1986. I parametri chimici e biologici monitorabili attraverso tale metodo comprendono oltre 100 contaminanti organici e inorganici, nonché alcuni microrganismi patogeni (es. *Clostridium perfringens*). Il metodo è particolarmente indicato per l'individuazione e la quantificazione di inquinanti organici a lunga persistenza quali PAH, PCB, DDT e metaboliti, TBT e metaboliti, pesticidi clorurati e elementi tossici in tracce.

Nel presente lavoro, i mitili utilizzati sono stati prelevati dagli allevamenti "Cooperativa Mtilicoltori Spezzini" Gli impianti selezionati sono certificati per fornire mitili depurati ed a bassa carica microbiologica.

Relativamente alle analisi dei parametri chimici e chimico-fisici, queste sono state effettuate mediante le metodiche analitiche riportate al relativo capitolo: gli *standard* analitici impiegati, sviluppati a livello internazionale ed ampiamente applicati per analisi di questo tipo, garantiscono la robustezza e l'interconfrontabilità del dato analitico ottenuto.

## 2. STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Nel presente studio è stata valutata la qualità biologica e fisico-chimica delle acque e dei sedimenti del Porto Canale di Cagliari e delle immediate afferenze dello stesso, nella fase successiva alle lavorazioni effettuate.

In dettaglio, il presente monitoraggio prevede l'analisi di cinque stazioni, per le quali è ipotizzabile, durante la fase di corso d'opera, un impatto elevato (Molo Ponente), di media entità (Molo Ichnusa), o potenzialmente trascurabile (Molo Maestrale, Molo di Levante, Interno Porto Canale). Si rappresenta come

la stazione posta all'interno del Porto Canale non risulti fisicamente esposta alle lavorazioni in oggetto, in quanto sviluppate prevalentemente all'interno del bacino delimitato dal Molo di Ponente. In tale sede è tuttavia previsto il rilascio di acque di efflusso provenienti dalle lavorazioni, pertanto la stazione è stata inclusa nel piano di monitoraggio: l'impatto previsto è stato stimato come di media entità, ma non essendo stata rilevata presenza di acque di efflusso, l'impatto risulta anche presso tale punto di monitoraggio di scarsa entità.

### **Monitoraggio della matrice Biota**

Relativamente all'analisi biologica, è stata effettuata una sessione di trapianto di mitili e successivo campionamento. Durante la presente sessione (*post-operam*) sono state indagate due diverse stazioni, poste in siti significativi per la valutazione dell'impatto ipotizzato (cfr. tab. 1). Specificare perché sono state analizzate solo due stazioni e perché non sono state fatte le repliche

Relativamente all'analisi biologica, è stata effettuata una sessione di trapianto di mitili presso le 5 stazioni di monitoraggio di cui sopra, così come previsto dal Piano della Provincia. Tuttavia al momento del campionamento sono stati ritrovati i mitili trapiantati esclusivamente presso 2 delle postazioni di monitoraggio, nella fattispecie presso il Molo di Ponente e Molo Ichnusa (cfr. tab. 1), pertanto non è stato possibile procedere al campionamento presso le restanti stazioni di monitoraggio (Interno Porto Canale, Molo Maestrale e Molo di Levante). Tale situazione non compromette, comunque, la validità del monitoraggio, dal momento che nella fase di monitoraggio di *post operam* nessuna delle stazioni è evidentemente interessata da livelli di impatto maggiori rispetto alle altre stazioni e il campionamento risulta rappresentativo dell'intera area. Si evidenzia, inoltre, che le stazioni che è stato possibile campionare sono comunque quelle maggiormente esposte ad impatti nella fase di corso d'opera.

È stato inoltre prelevato un campione di "bianco di controllo", contenente un'aliquota di mitili prelevati al tempo 0, ossia prima dell'inizio della fase di traslocazione.

<b>Stazione</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Impatto previsto</b>
MOLO PONENTE	39°12'08"N-9°6'38"E	Elevato
MOLO ICHNUSA	39°12'23"N-9°6'50"E	Medio Elevato

**Tabella 1.** Localizzazione delle stazioni monitorate mediante Mussel Watch.

### **Monitoraggio della matrice Acque**

Relativamente all'analisi delle acque, durante la presente sessione (*post-operam*) sono state indagate cinque diverse stazioni previste dal Piano della Provincia di Cagliari.

<b>Stazione</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Impatto previsto</b>
INTERNO PORTO CANALE	39°11'57"N-9°4'38"E	Medio
MOLO MAESTRALE	39°11'32"N-9°5'28"E	Scarso o nullo
MOLO DI LEVANTE	39°11'43"N-9°6'37"E	Scarso o nullo
MOLO PONENTE	39°12'08"N-9°6'38"E	Elevato
MOLO ICHNUSA	39°12'23"N-9°6'50"E	Medio-elevato

**Tabella 2.** Localizzazione delle stazioni monitorate per l'analisi della matrice acque.

### **Monitoraggio della matrice Sedimenti**

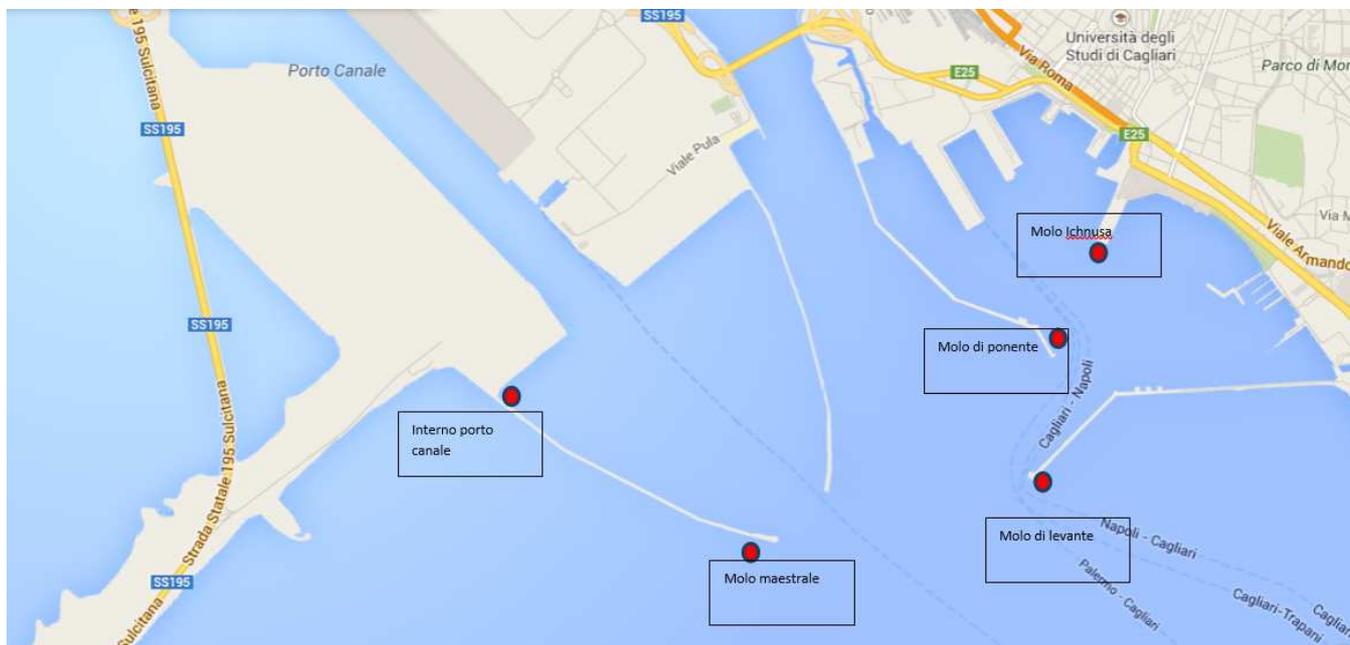
Relativamente all'analisi delle acque, durante la presente sessione (*post-operam*) sono state indagate tre diverse stazioni, secondo quanto previsto dal Piano della Provincia poste in siti significativi per la valutazione dell'impatto ipotizzato (cfr. tab. 3). Concordemente a quanto effettuato in fase di corso d'opera i siti di campionamento non sono coincidenti con le postazioni monitorate in ante operam, in quanto durante tale fase non era possibile determinare quali fossero effettivamente le postazioni maggiormente significative rispetto alle lavorazioni da effettuare.

Pertanto, nella presente fase di monitoraggio, sono state campionate 3 postazioni, coincidenti con le postazioni monitorate in fase di corso d'opera e rappresentative dei 3 livelli di impatto (medio, elevato e scarso).

<b>Stazione</b>	<b>Localizzazione</b>	<b>Impatto previsto</b>
INTERNO PORTO CANALE	39°11'57"N-9°4'38"E	Medio
MOLO PONENTE	39°12'08"N-9°6'38"E	Elevato
MOLO DI LEVANTE	39°11'43"N-9°6'37"E	Scarso o nullo

**Tabella 3.** Localizzazione delle stazioni monitorate per l'analisi della matrice sedimenti.

La seguente ortofoto (fig. 1) riporta la geolocalizzazione delle stazioni monitorate all'interno del Porto Canale di Cagliari.



**Figura 1.** Mappa delle stazioni monitorate nel presente studio

### **3. CAMPIONAMENTO E METODI ANALITICI DI RIFERIMENTO**

Durante la presente campagne di monitoraggio, per ciascuna delle stazioni in esame sono stati trapiantanti mitili vivi, provenienti dagli allevamenti certificati (cfr. sez. 1), prelevati nell'arco delle 24 ore precedenti e mantenuti in condizioni ottimali sino al momento dell'impiego. I mitili sono stati collocati su

supporti plastici, posizionati a circa 1,5 m di profondità; per tutte le stazioni, la distanza dal fondo superava i cinque metri.

Trascorse quattro settimane dal trapianto, è stato possibile recuperare i mitili trapiantati esclusivamente presso 2 postazioni ed in quantità non sufficienti per essere suddivisi in 3 aliquote (repliche), probabilmente causa mareggiate o sottrazione indebita delle stesse. I mitili ritrovati sono stati, tuttavia, recuperati (3 Marzo 2016) e opportunamente trattati e stabilizzati per l'analisi dei set parametrici richiesti per ciascuna di essi.

I campioni di mitili componenti ciascuna replica sono stati inviati ai laboratori di ambiente sc nelle 12 ore successive al prelievo; all'arrivo, ciascun campione è stato processato secondo quanto descritto in Cicero e Pellegrini, 2001 (Bioaccumulo in Bivalvi – Scheda 2 – Raccolta e preparazione dei molluschi – in A.M Cicero e Di Girolamo (eds.), Metodologie analitiche di riferimento per il monitoraggio dell'ambiente marino costiero, triennio 2001-2003; Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM, Roma 2001) e nelle linee-guida indicate da UNEP/RAMOG (1999) e Unichim (2007). Sui campioni di mitili è stato poi effettuato il test NRRT, al fine di determinarne la stabilità della membrana lisosomiale e quindi di indagare la possibile presenza di fattori di stress sui campioni di *M.galloprovincialis*.

Precedentemente è stato effettuato anche il prelievo di sedimento, avvenuto tramite benna meccanica, e delle acque superficiali, per le stazioni ove tale analisi era richiesta; i campioni sono stati processati come previsto dalle metodiche analitiche di riferimento, riportati alla corrispondente sezione (cfr. tabella seguente). Si evidenzia, tuttavia, che le condizioni meteorologiche non hanno permesso un campionamento agevole, e per questioni di sicurezza i quantitativi di acqua prelevati non sono risultati sufficienti per garantire l'esecuzione del set parametrico completo. In particolare per le acque superficiali è stato possibile effettuare le prove di tossicità esclusivamente per una delle 3 repliche per ciascuna delle stazioni di monitoraggio.

La seguente tabella (tab. 4) riporta la lista dei parametri indagati e le metodologie analitiche applicate per la determinazione dei parametri indagati.

**Matrice: BIOTA**

<b>Parametro</b>	<b>Metodologia analitica</b>	<b>U.M.</b>
DESCRIZIONE	METODO	UM
Cadmio	ICRAM- Scheda 6_BIV	mg/kg
Mercurio	ICRAM- Scheda 6_BIV	mg/kg
Piombo	ICRAM- Scheda 6_BIV	mg/kg
Rame	ICRAM- Scheda 6_BIV	mg/kg
Zinco	ICRAM- Scheda 6_BIV	mg/kg
IPA tot	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Benzo(a)antracene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Benzo(a)pirene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Benzo(b)fluorantene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg

<b>Parametro</b>	<b>Metodologia analitica</b>	<b>U.M.</b>
DESCRIZIONE	METODO	UM
Benzo(e)pirene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Benzo(g,h,i)perilene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Benzo(j)fluorantene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Benzo(k)fluorantene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Crisene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Dibenzo(a,l)pirene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Dibenzo(a,h)antracene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Dibenzo(a,i)pirene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Dibenzo(a,e)pirene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Dibenzo(a,h)pirene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Indeno(1,2,3 - cd)perilene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Pirene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Acenaftene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Acenaftilene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Antracene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Fenantrene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Fluorantene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Fluorene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Naftalene	ICRAM- Scheda 5_BIV	mg/kg
Tributilstagno	ICRAM- Scheda 4_BIV	mg/kg

**Matrice: ACQUE**

<b>Parametro</b>	<b>Metodologia analitica</b>	<b>U.M.</b>
DESCRIZIONE	METODO	UM
Torbidità	APAT2110	NTU
Solidi sospesi totali	APAT2090 B	mg/l
Idrocarburi policiclici aromatici	EPA3510 3620 8270	µg/l
Benzo (a) antracene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Benzo (a) pirene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Benzo (b) fluorantene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Benzo (e) pirene	EPA3510 3620 8270	µg/l

<b>Parametro</b>	<b>Metodologia analitica</b>	<b>U.M.</b>
DESCRIZIONE	METODO	UM
Benzo (k) fluorantene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Benzo (j) fluorantene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Benzo (g,h,i) perilene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Crisene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Dibenzo (a,e) pirene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Dibenzo (a,l) pirene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Dibenzo (a,h) pirene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Dibenzo (a,i) pirene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Dibenzo (a,h) antracene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Pirene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Acenaftene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Acenaftilene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Antracene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Fenantrene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Fluorantene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Fluorene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Naftalene	EPA3510 3620 8270	µg/l
Tossicità acuta con Batteri bioluminescenti ( <i>Vibrio fischeri</i> )	APAT 8030	EC50% - 30 min
Valutazione della tossicità acuta con <i>Brachionus plicatilis</i>	ASTM 1440	EC50% - 24 h
Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con <i>Phaeodactylum tricornutum</i>	ISO 10253	EC50% - 72 h

**Matrice: SEDIMENTI**

<b>Parametro</b>	<b>Metodologia analitica</b>	<b>U.M.</b>
DESCRIZIONE	METODO	UM
Residuo secco 105°C	DM 13/09/1999 Met II.2	(%p/p)
Fraz. gran. ruditica > 2 mm	ICRAM- Scheda 3	(%p/p)
Fraz. gran. sabbia 2 mm > x > 0,063 mm	ICRAM- Scheda 3	(%p/p)
Fraz. gran. pelitica < 0,063 mm	ICRAM- Scheda 3	(%p/p)

<b>Parametro</b>	<b>Metodologia analitica</b>	<b>U.M.</b>
DESCRIZIONE	METODO	UM
Fraz. gran. pelitica - silt 0,063 mm > x > 0,004 mm	ICRAM- Scheda 3	(%p/p)
Fraz. gran. pelitica - argilla < 0,004 mm	ICRAM- Scheda 3	(%p/p)
Cadmio	EPA3051 6020	mg/kg
Mercurio	EPA3051 6020	mg/kg
Piombo	EPA3051 6020	mg/kg
Rame	EPA3051 6020	mg/kg
Zinco	EPA3051 6020	mg/kg
Acenaftene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Acenaftilene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Antracene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Benzo (a) antracene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Benzo (a) pirene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Benzo (b) fluorantene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Benzo (e) pirene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Benzo (g,h,i) perilene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Benzo (k) fluorantene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Benzo (j) fluorantene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Crisene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Dibenzo (a,e) pirene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Dibenzo (a,l) pirene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Dibenzo (a,h) pirene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Dibenzo (a,i) pirene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Dibenzo (a,h) antracene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Fenantrene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Fluorantene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Fluorene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Naftalene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Pirene	EPA3545 3640 8270	mg/kg
Idrocarburi policiclici aromatici	EPA3545 3620 8270	mg/kg
Carbonio organico totale (TOC)	DM 13/09/1999 Met VII.3	mg/kg

<b>Parametro</b>	<b>Metodologia analitica</b>	<b>U.M.</b>
DESCRIZIONE	METODO	UM
Tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida	ICRAMApp 2	S.T.I.
Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con <i>Phaeodactylum tricorutum</i>	ISO 10253	EC20% - 72h EC50% - 72h
Valutazione della tossicità acuta con <i>Brachionus plicatilis</i>	ASTM1440	EC20% - 24h EC50% - 24h
Fraz. gran. < 2 mm	DM 13/09/1999 Met. II.1	%p/p
Fraz. gran. > 2 mm e < 2 cm	DM 13/09/1999 Met. II.1	%p/p

**Tabella 4.** Lista dei parametri indagati nel corso del presente studio, delle metodiche analitiche applicate e delle unità di misura dell'espressione dei risultati.

## 4. RISULTATI E DISCUSSIONE

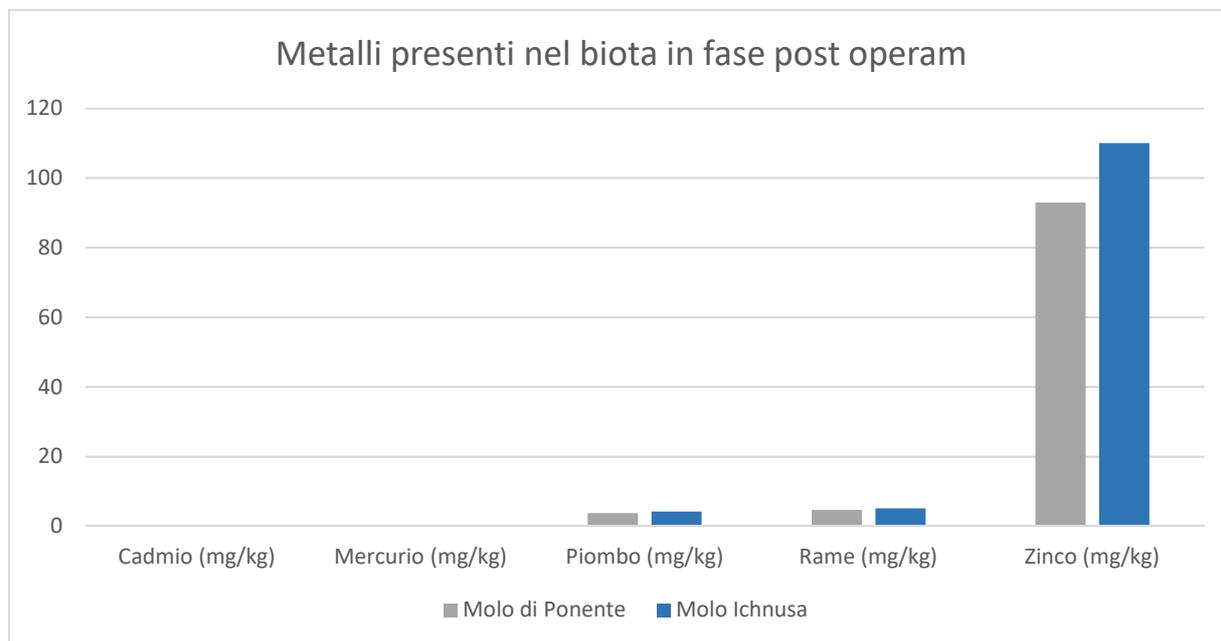
Nelle seguenti tabelle si riportano i dati analitici ottenuti dalla campagna di monitoraggio nella fase del *post-operam*, suddivisi nelle varie matrici indagate.

### Monitoraggio della matrice Biota

RdP	Descrizione campione	Data prelievo	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	IPA tot (mg/kg)	Benzo(a)antracene (mg/kg)	Benzo(a)pirene (mg/kg)	Benzo(b)fluorantene (mg/kg)	Benzo(e)pirene (mg/kg)	Benzo(g,h,i)perilene (mg/kg)	Benzo(j)fluorantene (mg/kg)	Benzo(k)fluorantene (mg/kg)	Crisene (mg/kg)
16LA04039	Molo di Ponente	03/03/2016	0,31	0,075	3,7	4,6	93	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
16LA04040	Molo Ichnusa	03/03/2016	0,35	0,085	4,2	5,1	110	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

RdP	Descrizione campione	Data prelievo	Dibenzo(a,l)pirene (mg/kg)	Dibenzo(a,h)antracene (mg/kg)	Dibenzo(a,i)pirene (mg/kg)	Dibenzo(a,e)pirene (mg/kg)	Dibenzo(a,h)pirene (mg/kg)	Indeno(1,2,3-cd)perilene (mg/kg)	Pirene (mg/kg)	Acenaftene (mg/kg)	Acenaftilene (mg/kg)	Antracene (mg/kg)	Fenantrene (mg/kg)	Fluorantene (mg/kg)	Fluorene (mg/kg)	Naftalene (mg/kg)	Tributilstagno (mg/kg)
16LA04039	Molo di Ponente	03/03/2016	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 5
16LA04040	Molo Ichnusa	03/03/2016	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 5

**Metalli:** la seguente sottosezione riporta i grafici relativi ai valori analitici misurati per i parametri relativi ai metalli in ciascuna delle due stazioni campionate nella presente fase di *post-operam* per la matrice biota (tessuti molli dei mitili trapiantati).



**Figura 2.** Grafico relativo ai valori dei metalli, espressi in mg/Kg, misurati durante la fase di corso d'opera nella matrice biota (tessuti molli di mitilo). Non è stata riportata la deviazione standard ( $\pm$  SD) dei valori misurati in quanto non è stato possibile ottenere 3 repliche dal quantitativo di campione disponibile, come precedentemente esposto. Il valore di 0 indicato nel grafico è da intendersi minore della soglia di detezione (riportata tra parentesi) per i seguenti parametri: cadmio (0,1 mg/Kg); mercurio (0,05 mg/Kg); piombo (0,1 mg/Kg), rame (1 mg/Kg), zinco (1 mg/Kg).

I risultati mostrano un livello di biodisponibilità degli elementi indagati maggiore rispetto ai valori riscontrati nelle fasi precedenti di *ante-operam* e corso d'opera per quanto riguarda la stazione di Molo Ponente. Relativamente alla stazione di Molo Ichnusa, invece, le concentrazioni di mercurio e rame presentano valori inferiori rispetto alla fase di corso d'opera, mentre si conferma un livello di biodisponibilità maggiore nella fase di post operam per cadmio, piombo e zinco.

**Inquinanti organici:** la seguente sottosezione riporta i risultati relativi ai composti organici passibili di bioaccumulo rilevati nelle due stazioni campionate per in fase di *post-operam* per la matrice biota (tessuti molli dei mitili trapiantati).

I risultati mostrano un livello di biodisponibilità degli elementi indagati inferiori a quello riscontrato in precedenza durante il campionamento della fase in corso d'opera in entrambe le stazioni analizzate. Questi risultati, rispecchiano i valori riscontrati nella fase di *ante-operam* in cui tutti i parametri risultano al di sotto della soglia di detezione, riscontrando quindi valori inferiori rispetto a quelli rilevati nella fase di corso d'opera.

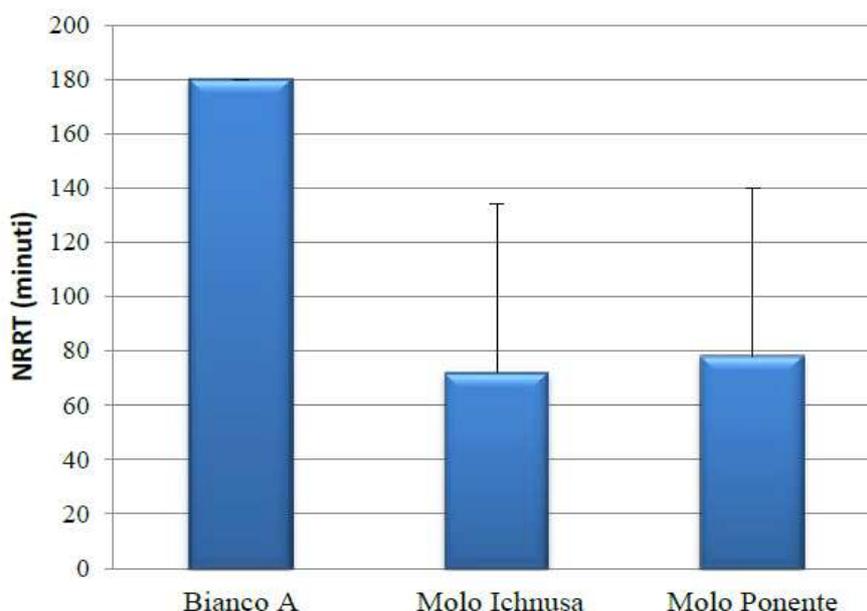
**NRRT:** Dal saggio relativo al tempo di ritenzione del rosso neutro (NRRT), si osserva che tutti gli organismi di controllo (Bianco 09/02/2016) mostrano tempi di ritenzione del rosso neutro uguali o superiori a 180', indicando un basso livello, o assenza, di stress mentre i campioni prelevati nelle due stazioni mostrano tempi di ritenzione del rosso neutro significativamente più bassi rispetto al controllo, anche se in

linea con la media stagionale (Dailianis et al., 2003; Harding et al., 2004) (Tab.5 e Fig.6). i risultati mostrano valori leggermente inferiori (Molo Ichnusa) o superiori (Molo Ponente) rispetto a quelli ottenuti in fase di corso d'opera, e più alti rispetto a quelli rilevati nella fase ante-operam. Nonostante quindi in corrispondenza della stazione Molo Ponente sia stato registrato un miglioramento dei tempi di ritenzione del rosso neutro, i valori risultato comunque molto inferiori alla media stagionale, indicando bassa stabilità della membrana lisosomiale.

Il saggio ha evidenziato tempi di rilascio del rosso neutro in generale piuttosto ampi sugli organismi prelevati da tutte e 2 le stazioni. In particolare si osserva che tutti gli organismi di controllo (Bianco A Controllo, cioè organismi analizzati prima dell'inizio della fase di traslocazione) mostrano tempi di ritenzione del rosso neutro uguali o superiori a 180'. Tale valore indica un livello basso, o assente, di stress. Per quanto riguarda i campioni prelevati dalle stazioni oggetto di monitoraggio, i tempi di ritenzione del rosso neutro sono significativamente più bassi rispetto al controllo, seppur in linea con la media stagionale (Dailianis et al., 2003; Harding et al., 2004). Si osserva, inoltre, che tali valori sono simili (Molo Ichnusa) o superiori (Molo di Ponente) rispetto a quelli ottenuti durante la fase di corso d'opera e più alti rispetto a quelli di *ante-operam*, risultato che indica un miglior stato di salute generale degli organismi.

	Bianco A	Int. Porto Canale	Molo Ichnusa	Molo Maestrale	Molo Ponente
<b>Media NRRT (minuti)</b>	<b>180</b>	-	<b>72</b>	-	<b>78</b>
<b>DS</b>	<b>± 0,00</b>	-	<b>± 62,21</b>	-	<b>± 62,21</b>

**Tabella 7.** Medie e deviazioni standard dei tempi di ritenzione del rosso neutro (saggio NRRT) su *M. galloprovincialis*



**Figura 3.** Grafico relativo ai tempi di ritenzione del rosso neutro (saggio NRRT) misurati su esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nel porto di Cagliari

**Monitoraggio della matrice Acque**

RdP	Descrizione campione	Data di prelievo	Torbidità (NTU)	Solidi Sospesi Totali (mg/l)	Idrocarburi policiclici aromatici (µg/l)	Benzo (a) antracene (µg/l)	Benzo (a) pirene (µg/l)	Benzo (b) fluorantene (µg/l)	Benzo (e) pirene (µg/l)	Benzo (k) fluorantene (µg/l)	Benzo (j) fluorantene (µg/l)	Benzo (g,h,i) perilene (µg/l)	Crisene (µg/l)	Dibenzo (a,e) pirene (µg/l)	Dibenzo (a,l) pirene (µg/l)
16LA02013	Interno Porto Canale - UC1	11/02/2016	8,3	9,1	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02014	Interno Porto Canale - UC2	11/02/2016	1,1	8,5	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02022	Interno Porto Canale - UC3	11/02/2016	8,4	8,5	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02015	Molo Icnusa - UC1	11/02/2016	0,23	10,2	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02023	Molo Icnusa - UC2	11/02/2016	0,24	10	< 0.01		0,0011	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02024	Molo Icnusa - UC3	11/02/2016	0,22	11	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02016	Molo di Ponente - UC1	11/02/2016	0,98	4,8	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02025	Molo di Ponente - UC2	11/02/2016	9,5	5	< 0.01	< 0.005	0,0011	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02027	Molo di Ponente - UC3	11/02/2016	9,7	5	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02017	Molo di Levante - UC1	11/02/2016	0,98	13,7	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02028	Molo di Levante - UC2	11/02/2016	0,91	13	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02029	Molo di Levante - UC3	11/02/2016	0,93	14	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02018	Molo Maestrale - UC1	11/02/2016	0,33	16,7	< 0.01	< 0.005	0,0011	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02030	Molo Maestrale - UC2	11/02/2016	0,45	17	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005
16LA02032	Molo Maestrale - UC2	11/02/2016	0,27	16	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005

RdP	Descrizione campione	Data di prelievo	Dibenzo (a,h) pirene (µg/l)	Dibenzo (a,i) pirene (µg/l)	Dibenzo (a,h) antracene (µg/l)	Indeno (1,2,3-c,d) pirene (µg/l)	Pirene (µg/l)	Acenaftene (µg/l)	Acenaftilene (µg/l)	Antracene (µg/l)	Fenantrene (µg/l)	Fluorantene (µg/l)	Fluorene (µg/l)	Naftalene (µg/l)	Tossicità acuta con Batteri bioluminescenti (Vibrio fischeri) (EC50% - 30 min)	Valutazione della tossicità acuta con Brachionus plicatilis (EC50% - 24h)	Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Phaeodactylum tricornutum (EC50% - 72h)
16LA02013	Interno Porto Canale - UC1	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005			
16LA02014	Interno Porto Canale - UC2	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
16LA02022	Interno Porto Canale - UC3	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005			
16LA02015	Molo Icnusa - UC1	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
16LA02023	Molo Icnusa - UC2	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005			
16LA02024	Molo Icnusa - UC3	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005			
16LA02016	Molo di Ponente - UC1	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
16LA02025	Molo di Ponente - UC2	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005			
16LA02027	Molo di Ponente - UC3	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005			
16LA02017	Molo di Levante - UC1	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
16LA02028	Molo di Levante - UC2	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005			
16LA02029	Molo di Levante - UC3	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005			
16LA02018	Molo Maestrale - UC1	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
16LA02030	Molo Maestrale - UC2	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005			
16LA02032	Molo Maestrale - UC2	11/02/2016	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005			

**Saggi ecotossicologici:** la seguente sottosezione riporta i risultati relativi ai saggi ecotossicologici (tossicità acuta con *V.fischeri* e *B.plicatilis* e saggi di inibizione con *P.tricornutum*) che è stato possibile effettuare solamente per una replica di ciascuna stazione nella presente fase di lavoro per la matrice acque, date le condizioni meteo avverse che non hanno consentito un prelievo in sicurezza di un quantitativo sufficiente per effettuare l'intero set parametri per le 3 repliche di ciascuna stazione.

I valori ottenuti sono infatti tutti >100, mostrando come nessuno dei campioni testati abbia esplicato un'azione tossica significativa nei confronti dell'organismo bersaglio nell'intervallo temporale indicato. Questi risultati sono in linea con quanto riscontrato nelle analisi delle acque prelevate nelle due fasi di monitoraggio precedenti.

**Inquinanti organici:** la seguente sottosezione riporta i relativi ai valori analitici misurati per i parametri relativi ai composti organici passibili di bioaccumulo rilevati in ciascuna delle stazioni campionate per ogni fase di lavoro per la matrice acque (campionamento in colonna d'acqua).

Dalle analisi effettuate risultano inferiori ai limiti di rilevabilità presso tutte le stazioni di monitoraggio, gli inquinanti inorganici fatta eccezione per il benzo(a)pirene nelle stazioni di Molo Ichnusa, Molo Maestrale e Molo di Ponente pari a 0.0011 µg/l valori che, però, sono significativamente inferiore ai limiti normativi.

**Parametri chimico-fisici:** la seguente tabella riporta le medie relative al valore di torbidità e di presenza di solidi sospesi registrato per ogni stazione di campionamento.

Come si evince dal confronto effettuato con i valori riscontrati nelle precedenti fasi di monitoraggio, le acque di quattro delle cinque stazioni analizzate, sono risultate essere più torbide (salvo per la stazione di Molo Ichnusa) nella fase post lavorazioni rispetto alle due fasi precedenti di monitoraggio. Per quanto invece riguarda la presenza di solidi sospesi totali, questa risulta essere diminuita nella fase di *post-operam*, rispetto alla fase di *ante-operam*, ma simile ai valori riscontrati nella fase in corso d'opera.

I risultati possono apparire in contraddizione, ma tuttavia non è possibile stabilire una correlazione diretta tra le due variabili, in quanto le proprietà ottiche di una sospensione risultano influenzate, oltre che dalla quantità, anche dalla forma, dalle dimensioni e dall'indice di rifrazione delle particelle sospese, nonché dalla lunghezza d'onda del raggio incidente.

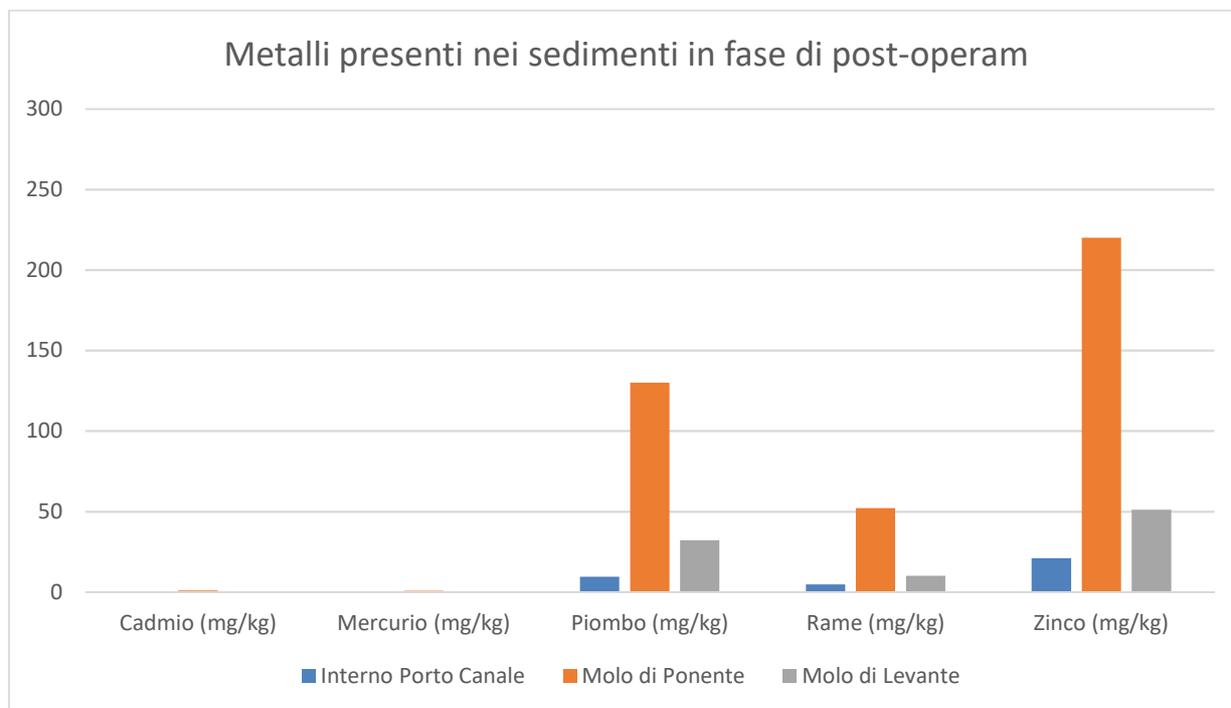
<b>Stazione</b>	<b>Torbidità (NTU)</b>	<b>Solidi sospesi totali (mg/l)</b>
INTERNO PORTO CANALE	5.93 ± 0,65	8,70 ± 0,17
MOLO MAESTRALE	0,35± 0,04	16,6 ± 0,3
MOLO DI LEVANTE	0,94 ± 0,10	13,6 ± 0,3
MOLO PONENTE	6,73 ± 0,74	4,9 ± 0,1
MOLO ICHNUSA	0,23 ± 0,03	10,4 ± 0,2

**Tabella 9.** Valori dei parametri chimico-fisici registrati nella colonna d'acqua per le diverse stazioni.

## Monitoraggio della matrice Sedimenti

	16LA02019	16LA02020	16LA02021
	Interno Porto Canale	Molo di Ponente	Molo di Levante
Data prelievo	11/02/2016	11/02/2016	11/02/2016
Residuo secco a 105°C (%p/p)	37	34	52
Frazione granulometrica rudite > 2 mm (%p/p)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Frazione granulometrica sabbia 2 mm > x > 0,063 mm (%p/p)	74,6	70,4	83,4
Frazione granulometrica pelitica < 0,063 mm (%p/p)	25,4	29,6	16,6
Frazione granulometrica pelitica - silt 0,063 mm > x > 0,004 mm (%p/p)	4,76	11	8,84
Frazione granulometrica pelitica - argilla < 0,004 mm (%p/p)	20,7	18,6	7,76
Cadmio (mg/kg)	0,08	0,92	0,19
Mercurio (mg/kg)	0,056	0,66	0,19
Piombo (mg/kg)	9,5	130	32
Rame (mg/kg)	4,7	52	10
Zinco (mg/kg)	21	220	51
Acenafte (mg/kg)	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Acenafilene (mg/kg)	< 0.001	< 0.001	0,0012
Antracene (mg/kg)	< 0.001	0,0023	0,0015
Benzo (a) antracene (mg/kg)	< 0.01	0,018	< 0.01
Benzo (a) pirene (mg/kg)	< 0.01	0,013	< 0.01
Benzo (b) fluorantene (mg/kg)	< 0.01	0,016	< 0.01
Benzo (e) pirene (mg/kg)	< 0.001	0,0096	0,0065
Benzo (g,h,i) perilene (mg/kg)	< 0.01	0,01	0,01
Benzo (k) fluorantene (mg/kg)	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Benzo (j) fluorantene (mg/kg)	< 0.001	0,0064	0,0042
Crisene (mg/kg)	< 0.01	0,02	< 0.01
Dibenzo (a,e) pirene (mg/kg)	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dibenzo (a,l) pirene (mg/kg)	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dibenzo (a,h) pirene (mg/kg)	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dibenzo (a,i) pirene (mg/kg)	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Dibenzo (a,h) antracene (mg/kg)	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fenantrene (mg/kg)	< 0.001	0,0098	0,0035
Fluorantene (mg/kg)	0,001	0,026	0,012
Fluorene (mg/kg)	< 0.001	0,0011	< 0.001
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene (mg/kg)	< 0.001	0,0068	0,0065
Naftalene (mg/kg)	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Pirene (mg/kg)	< 0.01	0,019	0,011
Idrocarburi policiclici aromatici (mg/kg)	0.001	0.16	0.06
Carbonio organico totale (TOC) (mg/kg)	26000	39000	31000
Tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida (S.T.I.)	<3	<3	<3
Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Phaeodactylum tricorutum (EC20% - 72h)	> 90	> 90	> 90
Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Phaeodactylum tricorutum (EC50% - 72h)	100	100	100
Valutazione della tossicità acuta con Brachionus plicatilis (EC20% - 24h)	> 90	> 90	> 90
Valutazione della tossicità acuta con Brachionus plicatilis (EC50% - 24h)	> 100	> 100	> 100
Fraz. granulometrica < 2 mm (%p/p)	99,69	98,72	99,55
Fraz. granulometrica > 2 mm e < 2 cm (%p/p)	0,31	1,28	0,45

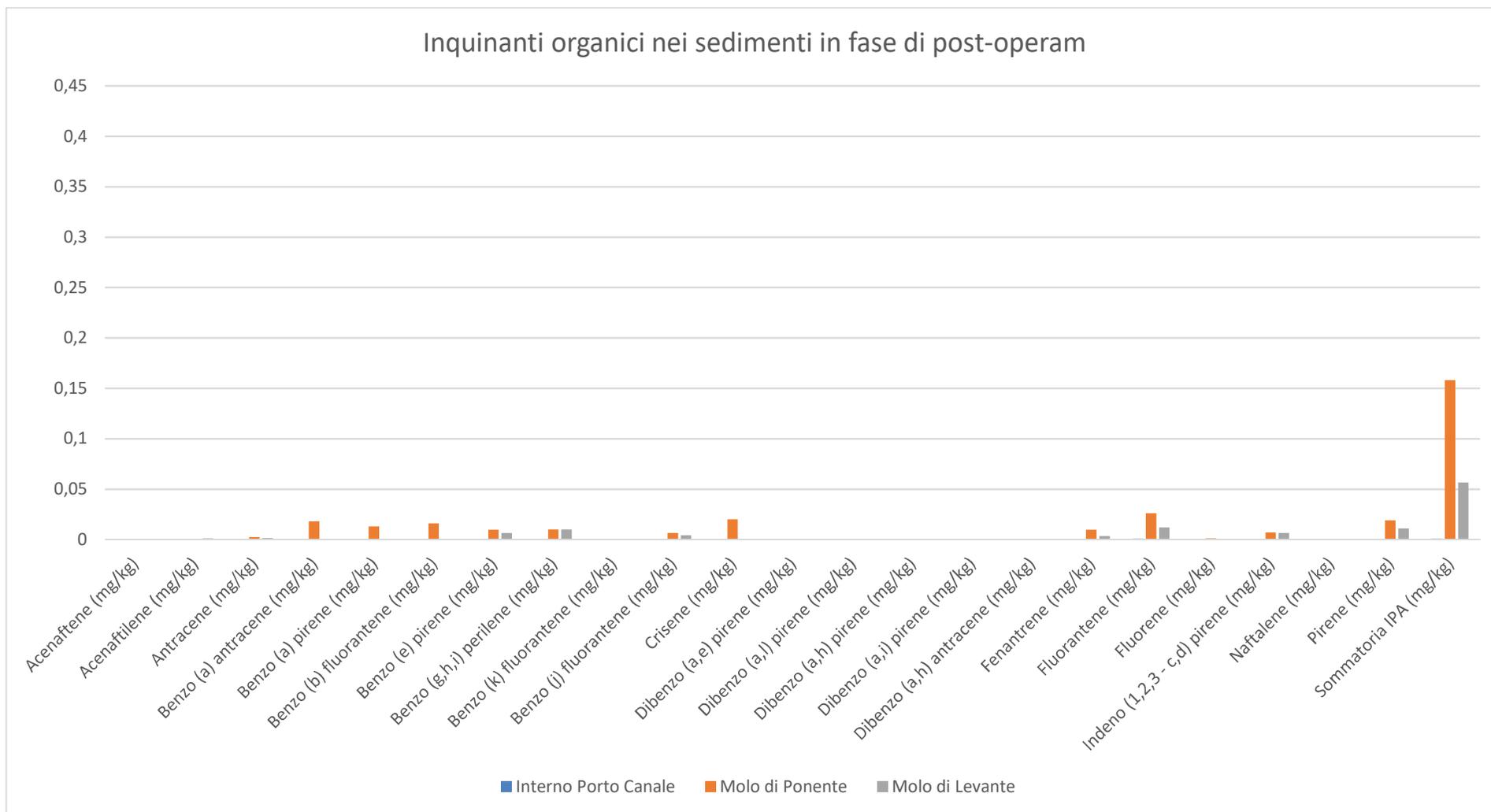
**Metalli:** la seguente sottosezione riporta i grafici relativi ai valori analitici misurati per i parametri relativi ai metalli in ciascuna delle tre stazioni campionate nella presente fase di lavoro per la matrice sedimenti. Durante la campagna di campionamento è stata effettuata una replica per ogni stazione prevista dal piano di monitoraggio.



**Figura 5.** Grafico relativo ai valori dei metalli, espressi in mg/Kg, misurati durante la fase di post-operam nella matrice sedimenti. I valori riportati rappresentano la misura puntuale ottenuta per ciascuna stazione. Il valore di 0 indicato nel grafico è da intendersi minore della soglia di detezione (riportata tra parentesi) per i seguenti parametri: cadmio (0,1 mg/Kg); mercurio (0,05 mg/Kg); piombo (0,1 mg/Kg), rame (1 mg/Kg), zinco (1 mg/Kg).

I risultati appaiono in linea con quanto emerso dall'analisi del biota: in particolare, i valori di piombo, rame e zinco risultano più elevati rispetto a quelli dei restanti elementi, mentre non si ha presenza significativa di metalli pesanti quali cadmio e mercurio. Si ricorda che in fase di corso d'opera sono state selezionate le postazioni maggiormente significative rispetto alle lavorazioni di cantiere, pur non coincidendo con la fase di ante operam e che nella fase di monitoraggio di post operam sono state campionate le stesse postazioni rilevate in corso d'opera; nonostante il confronto con la fase di monitoraggio ante operam sia in parte condizionato dall'analisi in siti differenti, si rileva che le concentrazioni di metalli rilevate in fase di post operam per le stazioni di Molo Levante e Molo Ponente risultano simili o superiori a quelle rilevate nelle fasi precedenti, mentre presso Interno Porto Canale le concentrazioni risultano inferiori a quelle monitorate nelle precedenti fasi.

**Inquinanti organici:** la seguente sottosezione riporta i grafici relativi ai valori analitici misurati per i parametri relativi ai composti organici passibili di bioaccumulo rilevati in ciascuna delle stazioni campionate per la matrice sedimenti. I valori riportati rappresentano la misura puntuale ottenuta per ciascuna stazione durante la presente campagna di campionamento.



**Figura 6.** Grafico relativo ai valori degli inquinanti organici passibili di bioaccumulo, espressi in mg/Kg, misurati durante la fase di post-operam per la matrice sedimenti. I valori riportati rappresentano la misura puntuale ottenuta per ciascuna stazione. Il valore di 0 indicato nel grafico è da intendersi minore della soglia di detezione (0,001) per tutti i parametri misurati.

I risultati mostrano la presenza in tracce di alcuni degli elementi indagati in particolare per quanto riguarda il Molo di Ponente. Durante la fase di *post-operam* la presenza di questi elementi risulta essere tendenzialmente inferiore rispetto a quella riscontrata nelle due fasi di monitoraggio precedenti.

	<b>Interno porto Canale</b>	<b>Molo di Ponente</b>	<b>Molo di Levante</b>
<b>Sommatoria IPA (mg/Kg)</b>	0,001	0,158	0,056

**Analisi della granulometria del substrato:** la seguente tabella riporta i valori analitici in relazione alla granulometria dei sedimenti campionati nelle stazioni di Interno Porto Canale, di Molo di Ponente e di Molo di Levante.

	Frazione granulometrica ruditica > 2 mm (%p/p)	Frazione granulometrica sabbia 2 mm > x > 0,063 mm (%p/p)	Frazione granulometrica pelitica < 0,063 mm (%p/p)	Frazione granulometrica pelitica - silt 0,063 mm > x > 0,004 mm (%p/p)	Frazione granulometrica pelitica - argilla < 0,004 mm (%p/p)
Interno Porto Canale	< 0.1	74,6	25,4	4,76	20,7
Molo di Ponente	< 0.1	70,4	29,6	11	18,6
Molo di Levante	< 0.1	83,4	16,6	8,84	7,76

**Tabella 14.** Valori della granulometria registrati per i campioni di sedimenti campionati nelle diverse stazioni.

I risultati evidenziano la prevalenza delle frazioni sabbiose su quelle pelitiche e argillose. Per entrambe le stazioni si ha quindi dominanza delle frazioni a diametro minore (<2mm) rispetto a quelle di diametro maggiore (>2mm), confermando le considerazioni fatte in fase di *ante-operam* e di corso d'opera. Si conferma pertanto che questa granulometria che caratterizza i fondali degli ambienti portuali, che sono interessati da continue movimentazioni a causa del transito dei natanti, risulta probabilmente influenzata da tale impatto antropico, anche al netto delle lavorazioni previste dal progetto.

**Carbonio organico totale (TOC):** la seguente tabella riporta i valori relativi alla misura del carbonio organico totale per ogni stazione di campionamento.

I valori non si discostano significativamente l'uno dall'altro, risultano in ogni caso compatibili con gli attesi per campioni di sedimento di ambiente antropizzato.

<b>Stazione</b>	<b>Carbonio organico totale</b>	<b>u.m.</b>
INTERNO PORTO CANALE	26000	mg/Kg
MOLO DI PONENTE	39000	mg/Kg
MOLO DI LEVANTE	31000	mg/Kg

**Tabella 15.** Valori di carbonio organico totale registrati per i campioni di sedimenti campionati nelle diverse stazioni.

**Saggi ecotossicologici:** la seguente sottosezione riporta i risultati relativi ai saggi ecotossicologici (tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida, tossicità acuta con *B.plicatilis* e saggi di inibizione con *P.tricornutum*) effettuati per ciascuna delle stazioni campionate nella presente fase di lavoro per la matrice sedimenti.

I risultati ottenuti mostrano come nessuno dei campioni testati abbia esplicitato un'azione tossica significativa nei confronti dell'organismo bersaglio nell'intervallo temporale indicato. Ciò è in linea con le analisi effettuate nelle due fasi di monitoraggio precedenti.

## 5. CONCLUSIONI

**Fase post-operam:** la situazione riscontrata nella fase successiva alle lavorazioni, definisce, relativamente ai test di bioaccumulo sul biota, un livello di biodisponibilità di idrocarburi policiclici aromatici indagati inferiori a quello riscontrato in precedenza durante il campionamento della fase in corso d'opera in entrambe le stazioni analizzate. Questi risultati, rispecchiano i valori riscontrati nella fase di ante-operam in cui tutti i parametri risultano al di sotto della soglia di detenzione. Le concentrazioni di metalli nel biota hanno mostrato valori simili o superiori rispetto alla fase di corso d'opera ad eccezione della concentrazione di mercurio nella stazione Molo Ichnusa che presentava in fase di corso d'opera valori più alti rispetto a quelli ritrovati in fase di post operam.

Relativamente alle matrici abiotiche, per gli idrocarburi policiclici aromatici, per la matrice acque superficiali, si rileva la presenza di benzo(a)pirene, comunque in concentrazioni significativamente inferiori rispetto agli standard di qualità previsti dal D.M. 260/2010.

I risultati dei test ecotossicologici delle acque superficiali e dei sedimenti mostrano come nessuno dei campioni testati abbia esplicito un'azione tossica significativa nei confronti dell'organismo bersaglio nell'intervallo temporale indicato. Anche in questo caso confermando la situazione riscontrata nelle due fasi precedenti monitorate.

Relativamente ai parametri chimico-fisici delle acque, i valori di torbidità e di solidi sospesi totali misurati per le diverse stazioni presentano valori di torbidità maggiori rispetto a quelli riscontrati nelle due fasi precedenti, mentre i valori dei solidi sospesi totali risultano essere maggiori rispetto alla fase del corso d'opera, ma inferiori rispetto alla fase di *ante-operam*.

L'analisi dei sedimenti ha rivelato, una tendenza delle concentrazioni di metalli simile o superiore rispetto alla concentrazione rilevata nelle precedenti fasi per le stazioni di Molo Ponente e Molo Levante, mentre Interno Porto Canale presenta concentrazioni inferiori o simile rispetto a quelle riscontrate per i sedimenti prelevati nelle due fasi di monitoraggio precedenti

i livelli di inquinanti organici passibili di bioaccumulo nel sedimento mostrano una presenza in tracce di alcuni degli elementi indagati in particolare per quanto riguarda il Molo di Ponente. Durante la fase di *post-operam* la presenza di idrocarburi policiclici aromatici nei sedimenti risulta essere però tendenzialmente inferiore rispetto a quella riscontrata nelle due fasi di monitoraggio precedenti nelle tre stazioni analizzate.

## – RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICI

**Bottos D., Manente S., Mao A., Manca D., Perin G.** Bioaccumulo di metalli pesanti in *Mytilus galloprovincialis* in condizioni di aerazione tangenziale del sedimento. XV Congresso della Società Italiana di Ecologia. Torino, 2005.

**Cicero A.M., Pellegrini D.** 2001. Raccolta e preparazione dei molluschi – Bioaccumulo in Bivalvi, Scheda 2. In: A.M Cicero e Di Girolamo (eds.), *Metodologie analitiche di riferimento per il monitoraggio dell'ambiente marino costiero, triennio 2001-2003*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM, Roma 2001.

**Dailianis, S., Domouhtsidou, G.P., Raftopoulou, E., Kaloyianni, M., Dimitriadis, V. K.** 2003. Evaluation of neutral red retention assay, micronucleus test, acetylcholinesterase activity and a signal transduction molecule (cAMP) in tissues of *Mytilus galloprovincialis* (L.), in pollution monitoring. *Marine Environmental Research* 56:443-470.

**Harding, J.M., Couturier, C., Jay Parsons, G., Ross, N.W.** 2004. Evaluation of the neutral red assay as a stress response indicator in cultivated mussels (*Mytilus* spp.) in relation to post-harvest processing activities and storage conditions. *Aquaculture* 231:315-326.

**Lowe D.M., Fossato V.U., Depledge M.H.** 1995. Contaminant-induced lysosomal membrane damage in blood cells of mussel *Mytilus galloprovincialis* from the Venice Lagoon: an *in vitro* study. *Marine Ecology Progress Series* 129: 189-196.

**Moore M.N.** 1988. Cytochemical response of the lysosomal system and NADPH-ferrihemoprotein reductase in molluscan digestive cells to environmental and experimental exposure to xenobiotics. *Marine Ecology Progress Series* 46: 81-89.

**Nesto N., Romano S., Moschino V., Mauri M., Da Ros L.** 2007. Bioaccumulation and biomarker responses of trace metals and micro-organic pollutants in mussels and fish from the Lagoon of Venice, Italy. *Marine Pollution Bulletin* 55(10-12): 469-484.

**Pellegrini D., Saliva B., Regoli F.** 2001. Analisi del contenuto di alcuni elementi chimici in *Mytilus galloprovincialis* (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V, Zn) – Bioaccumulo in Bivalvi, Scheda 2. In: A.M Cicero e Di Girolamo (eds.), *Metodologie analitiche di riferimento per il monitoraggio dell'ambiente marino costiero, triennio 2001-2003*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM, Roma 2001.

**UNEP/RAMOGÉ.** 1999. Manual on the biomarkers recommended for the MED POL Biomonitoring Programme. UNEP: Athens, 1999.

