



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 CORSO D'OPERA

DICEMBRE 2015

FILE RIF. APC_RELAZIONE MONITORAGGIO_MOLO ICHNUSA_2015_CO.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>	10
5. <i>CONCLUSIONI</i>	21

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) durante le lavorazioni previste dal progetto in esame (fase in corso d'opera, Dicembre 2015). 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 e di esercizio della stessa, 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 Mitilicoltori 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, durante le lavorazioni previste.

In dettaglio, il presente monitoraggio prevede l'analisi di cinque stazioni, per le quali è ipotizzabile 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 presso le 5 stazioni di monitoraggio di cui sopra, così come previsto dal Piano della Provincia. Tuttavia al momento del campionamento non sono stati ritrovati i mitili trapiantati presso una delle postazioni di monitoraggio, nella fattispecie presso il Molo di Levante (cfr. tab. 1), per cui non è stato possibile procedere al campionamento presso tale sito. Tale situazione non compromette, comunque, la validità del monitoraggio, dal momento che il sito presenta un impatto previsto scarso o nullo (similmente alla postazione denominata Molo Maestrale per la quale si è potuto, invece, provvedere regolarmente al campionamento).

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.

Stazione	Localizzazione	Impatto previsto
INTERNO PORTO CANALE	39°11'57"N-9°4'38"E	Medio - Scarso
MOLO MAESTRALE	39°11'32"N-9°5'28"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 1. Localizzazione delle stazioni monitorate mediante Mussel Watch.

Monitoraggio della matrice Acque

Relativamente all'analisi delle acque, durante la presente sessione (corso d'opera) sono state indagate le cinque diverse stazioni previste dal Piano della Provincia di Cagliari, poste in siti significativi per la valutazione dell'impatto ipotizzato (cfr. tab. 2).

Stazione	Localizzazione	Impatto previsto
INTERNO PORTO CANALE	39°11'57"N-9°4'38"E	Medio - Scarso
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 dei sedimenti, durante la presente sessione (corso d'opera) 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). I siti di campionamento non coincidono 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 selezionate 3 postazioni, sempre rappresentative dei 3 livelli di impatto (medio, elevato e scarso), ma sostituendo il Molo Ichnusa con il Molo di Ponente (entrambi con livello di impatto elevato) e il Molo Maestrale con il Molo di Levante (entrambi con livello di impatto scarso) in modo da essere maggiormente rappresentative dell'impatto da monitorare in base alle evidenze di campo.

Stazione	Localizzazione	Impatto previsto
INTERNO PORTO CANALE	39°11'57"N-9°4'38"E	Medio - Scarso
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.

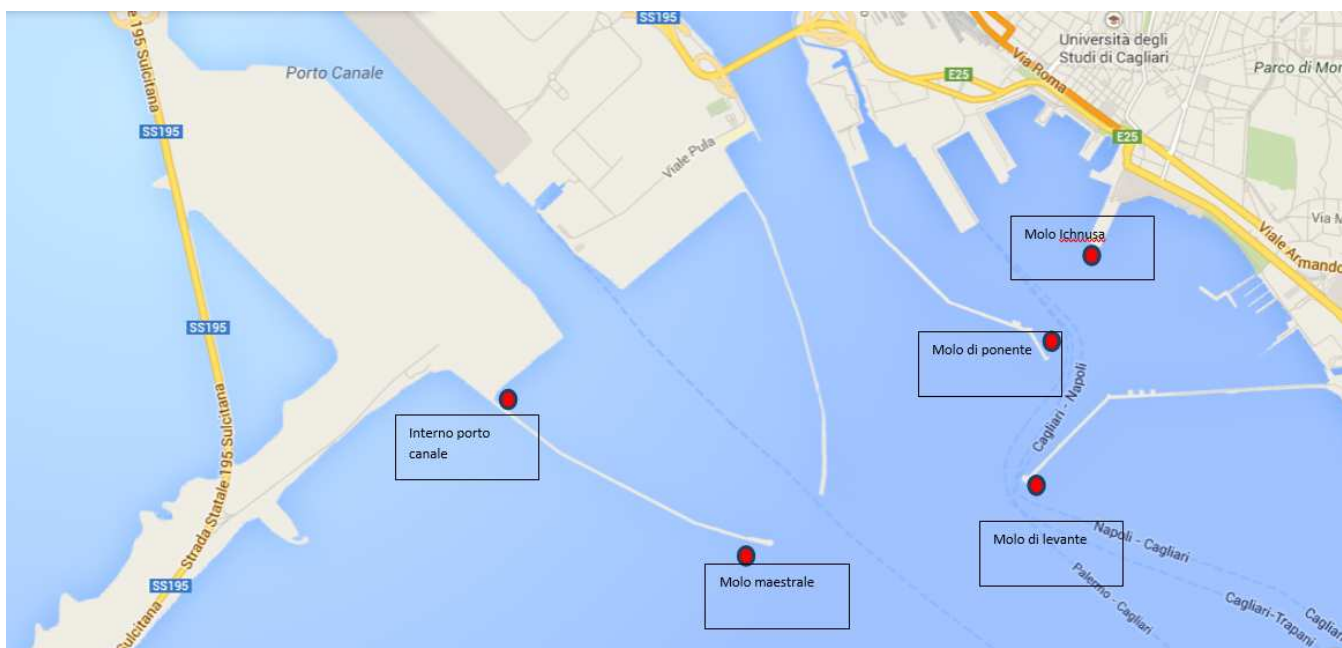


Figura 1. Mappa delle stazioni monitorate nel presente studio

3. CAMPIONAMENTO E METODI ANALITICI DI RIFERIMENTO

Durante la presente campagna di monitoraggio, per ciascuna delle stazioni in esame sono stati trapiantati circa 20 kg di 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 tre settimane dal trapianto, i mitili sono stati recuperati e suddivisi in tre aliquote (repliche) per ciascuna stazione, in modo tale che per ciascuna replica i mitili risultassero di taglia il più possibile omogenea. La quantità di esemplari campionati per ciascuna replica è stata conforme a quanto richiesto dai protocolli analitici relativi a ciascun parametro indagato. Contestualmente al prelievo dei mitili (22

Dicembre 2015), per ciascuna stazione sono state prelevate 3 repliche nella colonna d'acqua; tali repliche sono state suddivise in aliquote ed opportunamente trattate e stabilizzate per l'analisi dei set parametrici richiesti per ciascuna di essi. Sono state campionate 3 repliche nella colonna d'acqua anche in corrispondenza del punto di monitoraggio presso il quale, come precedentemente indicato, non è stata ritrovata la presenza dei mitili trapiantati e non è stato, pertanto possibile campionarli.

E' stato poi effettuato il prelievo di sedimento, avvenuto tramite benna meccanica, per le tre 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).

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/RAMOGGE (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*.

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

Matrice: BIOTA

Parametro	Metodologia analitica	U.M.
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
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

Parametro	Metodologia analitica	U.M.
DESCRIZIONE	METODO	UM
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

Parametro	Metodologia analitica	U.M.
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
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

Parametro	Metodologia analitica	U.M.
DESCRIZIONE	METODO	UM
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

Parametro	Metodologia analitica	U.M.
DESCRIZIONE	METODO	UM
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)
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

Parametro	Metodologia analitica	U.M.
DESCRIZIONE	METODO	UM
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 3640 8270	mg/kg
Carbonio organico totale (TOC)	DM 13/09/1999 Met VII.3	mg/kg
Tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida	ICRAM App 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 corso d'opera, 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)
15LA26215	Molo Icnusa - Replica 1	22/12/2015	< 0.1	1,1	2,3	4,8	50	0,07	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,002	0,003
15LA26216	Molo Icnusa - Replica 2	22/12/2015	0,13	0,86	2,2	4,6	68	0,06	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002
15LA26217	Molo Icnusa - Replica 3	22/12/2015	< 0.1	0,15	3,2	6,5	42	0,06	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003
15LA26218	Molo Maestrone - Replica 1	22/12/2015	0,14	0,08	2,2	3,7	92	0,06	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002
15LA26219	Molo Maestrone - Replica 2	22/12/2015	0,29	0,11	2,2	4,7	52	0,01	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
15LA26220	Molo Maestrone - Replica 3	22/12/2015	0,16	0,07	1,8	3,7	55	0,01	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
15LA26221	Molo di Ponente - Replica 1	22/12/2015	< 0.1	0,059	1,7	4,1	32	0,05	0,003	0,001	0,001	0,002	< 0.001	0,001	0,001	0,004
15LA26222	Molo di Ponente - Replica 2	22/12/2015	0,14	0,051	2,9	5	67	0,05	0,002	0,001	0,001	0,002	< 0.001	0,001	0,001	0,004
15LA26223	Molo di Ponente - Replica 3	22/12/2015	< 0.1	< 0.05	1,1	2,5	46	0,06	0,004	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,005
15LA26224	Interno Porto Canale - Replica 1	22/12/2015	< 0.1	< 0.05	0,66	2,4	33	0,02	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,005	< 0.001	0,001	0,001	< 0.001
15LA26225	Interno Porto Canale - Replica 2	22/12/2015	0,19	< 0.05	1	3,3	96	0,05	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003
15LA26226	Interno Porto Canale - Replica 3	22/12/2015	0,15	< 0.05	1,1	2,1	60	0,04	0,002	0,001	0,001	0,002	< 0.001	0,001	0,001	0,003

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)
15LA26215	Molo Icnusa - Replica 1	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,009	< 0.001	< 0.001	0,001	0,004	0,012	0,002	0,004	< 5
15LA26216	Molo Icnusa - Replica 2	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,008	< 0.001	< 0.001	0,001	0,003	0,007	0,002	0,004	< 5
15LA26217	Molo Icnusa - Replica 3	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,008	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,004	0,01	0,001	0,004	< 5
15LA26218	Molo Maestrone - Replica 1	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,008	< 0.001	< 0.001	0,001	0,004	0,007	0,002	0,004	< 5
15LA26219	Molo Maestrone - Replica 2	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,002	< 0.001	0,002	0,003	< 5
15LA26220	Molo Maestrone - Replica 3	22/12/2015	< 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	0,003	< 5
15LA26221	Molo di Ponente - Replica 1	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,009	< 0.001	0,007	0,001	0,006	0,008	0,004	0,007	< 5
15LA26222	Molo di Ponente - Replica 2	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,009	< 0.001	0,004	0,001	0,005	0,007	0,002	0,006	< 5
15LA26223	Molo di Ponente - Replica 3	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,011	< 0.001	0,003	0,001	0,006	0,01	0,001	0,005	< 5
15LA26224	Interno Porto Canale - Replica 1	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,002	< 0.001	0,002	< 0.001	< 0.001	0,02	0,003	0,006	< 5
15LA26225	Interno Porto Canale - Replica 2	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,009	< 0.001	0,004	0,001	0,006	0,007	0,003	0,007	< 5
15LA26226	Interno Porto Canale - Replica 3	22/12/2015	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,009	< 0.001	0,003	< 0.001	0,005	0,007	0,002	0,005	< 5

Metalli: la seguente sottosezione riporta i grafici relativi ai valori analitici misurati per i parametri relativi ai metalli in ciascuna delle stazioni campionate nella presente fase di lavoro per la matrice biota (tessuti molli dei mitili trapiantati). I valori riportati sono ottenuti dalla media delle tre repliche effettuate per ogni stazione durante la campagna di campionamento.

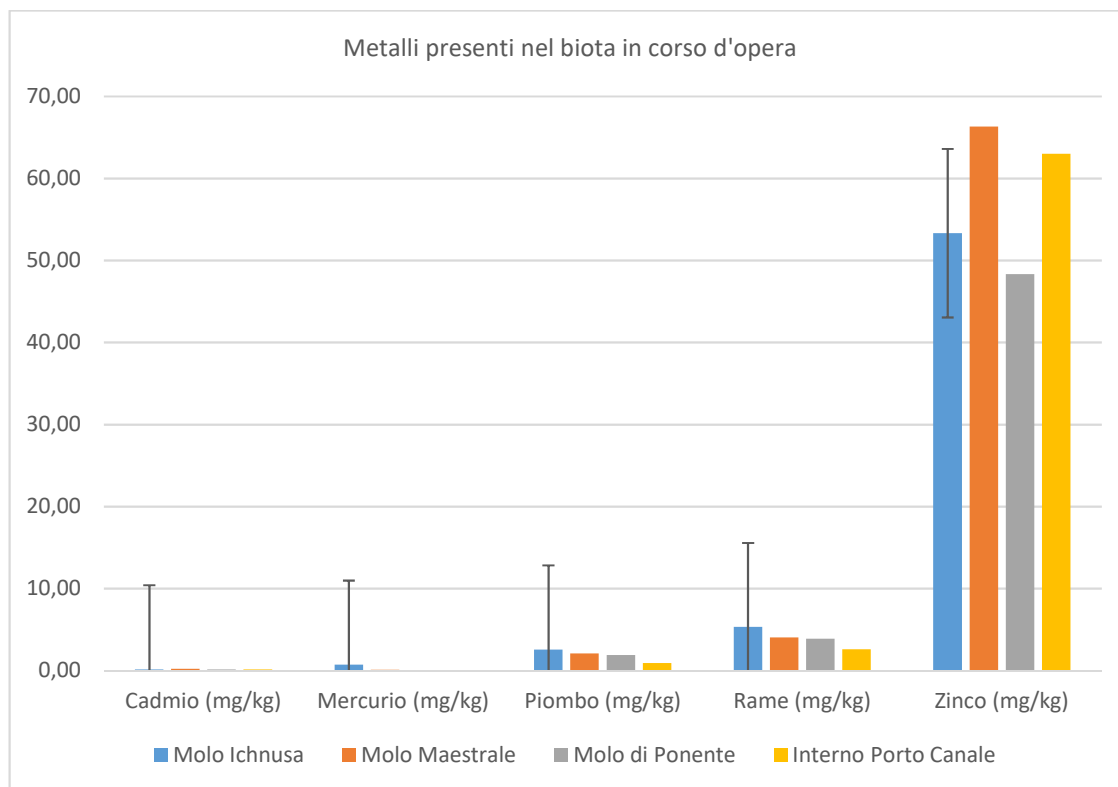


Figura 2. Grafico relativo ai valori dei metalli, espressi in mg/Kg, misurati durante la fase di corso d'opera nella matrice biota (tessuti molli di mitilo). I valori riportati rappresentano la media (\pm SD) (che in realtà sul grafico è percentuale) dei valori misurati per le tre repliche di ciascuna 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).

Le variazioni nel contenuto dei metalli rispetto ai valori riscontrati in ante-operam sono generalmente molto contenute con valori che rientrano nel range di normalità. Si evidenzia esclusivamente per il parametro mercurio una concentrazione piuttosto elevata negli organismi prelevati presso il Molo Ichnusa dove raggiunge valori di 1.1 e 0.86 mg/kg rispettivamente nella replica 1 e nella replica 2.

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 biota (tessuti molli dei mitili trapiantati). I valori riportati sono ottenuti dalla media delle tre repliche effettuate per ogni stazione durante la presente campagna di campionamento.

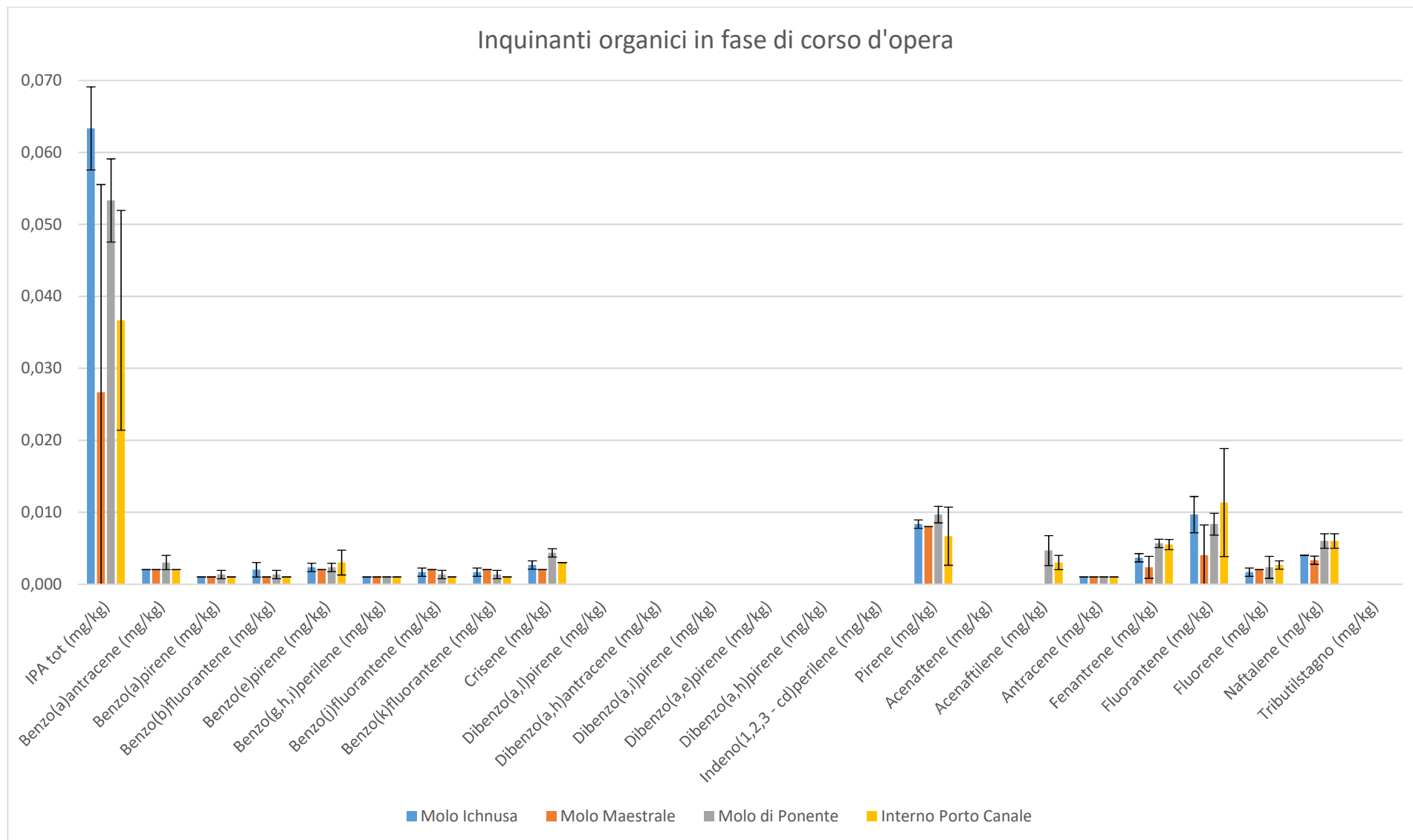


Figura 3. Grafico relativo ai valori degli inquinanti organici passibili di bioaccumulo, espressi in mg/Kg, misurati durante la fase corso d'opera. I valori riportati rappresentano la media (\pm SD) dei valori misurati per le tre repliche di ciascuna stazione. Il valore di 0 indicato nel grafico è da intendersi minore della soglia di detezione (riportata tra parentesi) per i parametri in analisi: (0,001) per tutti i parametri misurati, ad eccezione del tributilstagno (<5).

I risultati mostrano un livello di biodisponibilità degli elementi indagati superiore a quello riscontrato in fase *ante-operam* con presenza di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) in tracce in tutte le quattro stazioni di monitoraggio. E' però da sottolineare che si tratta di valori che rientrano nei livelli di normalità registrati per i parametri analizzati. Inoltre, non si rilevano particolari differenze tra le concentrazioni rilevate nelle diverse stazioni di campionamento che possano in qualche modo da far pensare ad influenze correlate con le attività di cantiere.

NRRT: il saggio ha evidenziato tempi di rilascio del rosso neutro in generale piuttosto ampi sugli organismi prelevati da tutte le stazioni, ad eccezione della stazione Molo Ponente, la quale ha mostrato tempi di ritenzione del colorante molto inferiori rispetto alla media stagionale (Vedi tab.5, Fig.5). In particolare si osserva che tutti li 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 però in linea con la media stagionale (Dailianis et al., 2003; Harding et al., 2004). Si osserva, inoltre, che i valori ottenuti sono significativamente più alti rispetto alla fase 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
Media NRRT (minuti)	180	66	108	114	21
DS	± 0,00	± 25,10	± 16,43	± 53,67	± 8,22

Tabella 5. Medie e deviazioni standard dei tempi di ritenzione del rosso neutro (saggio NRRT) su *M. galloprovincialis*

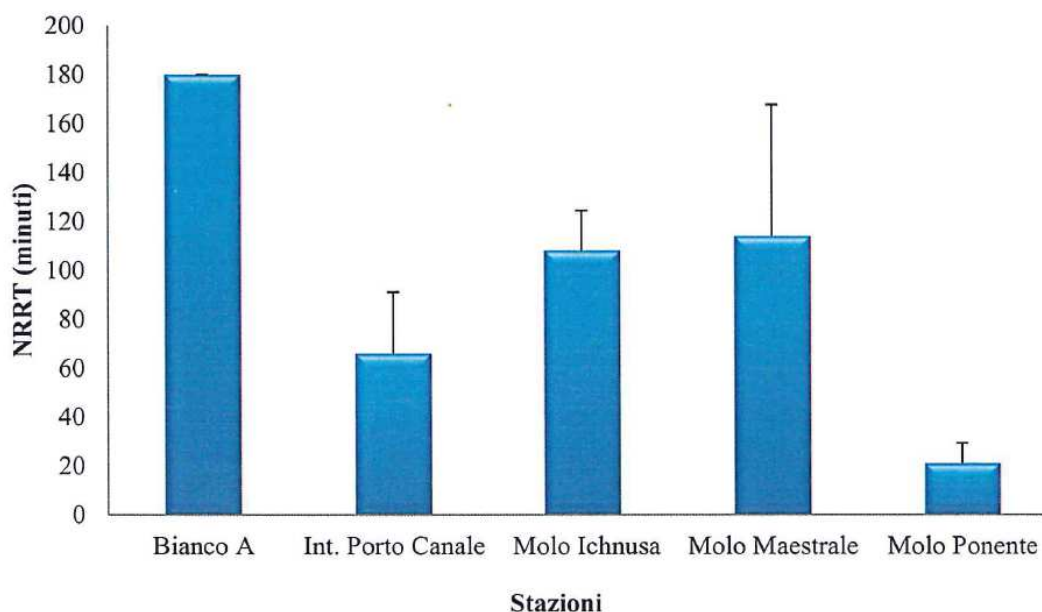


Figura 4. Grafico relativo ai tempi di ritenzione del rosso neutro (saggio NRRT) misurati su esemplari di *M. galloprovincialis* prelevati nel porto di Cagliari

Monitoraggio della matrice Acque

RdP	Descrizione campione	Data 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)	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)
15LA26200	Campione di Acqua - Molo Icnusa - Replica 1	22/12/2015	< 0.1	9,2	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26201	Campione di Acqua - Molo Icnusa - Replica 2	22/12/2015	0,46	7	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26202	Campione di Acqua - Molo Icnusa - Replica 3	22/12/2015	0,32	4,3	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26203	Campione di Acqua - Molo di Levante - Replica 1	22/12/2015	0,13	4	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26204	Campione di Acqua - Molo di Levante - Replica 2	22/12/2015	0,17	29,3	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26205	Campione di Acqua - Molo di Levante - Replica 3	22/12/2015	0,17	5	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26206	Campione di Acqua - Molo di Ponente - Replica 1	22/12/2015	< 0.1	6,7	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26207	Campione di Acqua - Molo di Ponente - Replica 2	22/12/2015	0,56	9,7	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26208	Campione di Acqua - Molo di Ponente - Replica 3	22/12/2015	0,35	7,6	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26209	Campione di Acqua - Molo Maestrone - Replica 1	22/12/2015	0,11	7,5	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26210	Campione di Acqua - Molo Maestrone - Replica 2	22/12/2015	< 0.1	4	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26211	Campione di Acqua - Molo Maestrone - Replica 3	22/12/2015	< 0.1	5,1	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26212	Campione di Acqua - Interno Porto Canale - Replica 1	22/12/2015	0,6	4,2	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26213	Campione di Acqua - Interno Porto Canale - Replica 2	22/12/2015	0,34	10,7	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005
15LA26214	Campione di Acqua - Interno Porto Canale - Replica 3	22/12/2015	0,27	3,8	< 0.01	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.005	< 0.005

RdP	Descrizione campione	Data prelievo	Acenaftene (µg/l)	Acenaftilene (µg/l)	Antracene (µg/l)	Fenantrene (µg/l)	Fluorantene (µg/l)	Fluorene (µg/l)	Naftalene (µg/l)	Tossicità acuta con Batterii 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)
15LA26200	Campione di Acqua - Molo Icnusa - Replica 1	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26201	Campione di Acqua - Molo Icnusa - Replica 2	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26202	Campione di Acqua - Molo Icnusa - Replica 3	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26203	Campione di Acqua - Molo di Levante - Replica 1	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26204	Campione di Acqua - Molo di Levante - Replica 2	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26205	Campione di Acqua - Molo di Levante - Replica 3	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26206	Campione di Acqua - Molo di Ponente - Replica 1	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26207	Campione di Acqua - Molo di Ponente - Replica 2	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26208	Campione di Acqua - Molo di Ponente - Replica 3	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26209	Campione di Acqua - Molo Maestrone - Replica 1	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26210	Campione di Acqua - Molo Maestrone - Replica 2	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26211	Campione di Acqua - Molo Maestrone - Replica 3	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26212	Campione di Acqua - Interno Porto Canale - Replica 1	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100
15LA26213	Campione di Acqua - Interno Porto Canale - Replica 2	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0,0051	> 100	> 100	> 100
15LA26214	Campione di Acqua - Interno Porto Canale - Replica 3	22/12/2015	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	> 100	> 100	> 100

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*) effettuati per ciascuna delle stazioni campionate nella presente fase di lavoro per la matrice acque (campionamento in colonna d'acqua). I valori ottenuti sono tutti >100, mostrando come nessuno dei campioni testati abbia esplicito 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 nella fase di *ante-operam*.

Inquinanti organici: la seguente sottosezione riporta i risultati 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).

I risultati mostrano l'assenza di inquinamento significativo da composti organici nella colonna d'acqua. Nella fase di campionamento in fase d'opera, tutti i parametri degli inquinanti organici sono risultati essere minori o uguali (solo per una replica del sito interno Porto Canale è stata registrata una presenza di naftalene corrispondente al valore della soglia di detenzione (0.0051 µg/l)) rispetto al limite della soglia di detenzione. In questo caso le analisi non riscontrano alcuna presenza misurabile di fenantrene, presente invece nella fase di *ante-operam*.

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

I valori non si discostano significativamente l'uno dall'altro, e risultano compatibili con gli attesi per campioni di acque costiere in ambiente portuale. Inoltre, si ha una tendenza generale dei valori di torbidità e (con variazioni più evidenti) dei solidi sospesi totali, a valori inferiori rispetto a quelli riscontrati nelle singole stazioni in corso di *ante-operam*.

Stazione	Torbidità (NTU)	Solidi sospesi totali (mg/l)
INTERNO PORTO CANALE	0,40 ± 0,17	6,23 ± 3,87
MOLO MAESTRALE	0,11	5,53 ± 1,79
MOLO DI LEVANTE	0,16 ± 0,02	12,77 ± 14,33
MOLO PONENTE	0,46 ± 0,15	8 ± 1,54
MOLO ICHNUSA	0,39 ± 0,10	6,83 ± 2,45

Tabella 6. Valori dei parametri chimico-fisici registrati nella colonna d'acqua per le diverse stazioni.

Monitoraggio della matrice Sedimenti

	15LA25041	15LA25042	15LA25043
	Interno Porto Canale	Molo di Ponente	Molo di Levante
Data prelievo	02/12/2015	02/12/2015	02/12/2015
Frazione granulometrica ruditeca > 2 mm (%p/p)	< 0.1	*	< 0.1
Frazione granulometrica sabbia 2 mm > x > 0,063 mm (%p/p)	89,3	*	60,2
Frazione granulometrica pelitica < 0,063 mm (%p/p)	10,7	*	39,8
Frazione granulometrica pelitica - silt 0,063 mm > x > 0,004 mm (%p/p)	< 0.1	*	< 0.1
Frazione granulometrica pelitica - argilla < 0,004 mm (%p/p)	10,7	*	39,8
Cadmio (mg/kg)	0,079	0,19	0,15
Mercurio (mg/kg)	0,082	0,21	0,15
Piombo (mg/kg)	11	47	36
Rame (mg/kg)	4,9	29	12
Zinco (mg/kg)	30	80	56
Acenaftene (mg/kg)	< 0.001	0,0083	0,00078
Acenaftilene (mg/kg)	0,00084	0,0047	0,00084
Antracene (mg/kg)	0,0012	0,0053	0,0014
Benzo (a) antracene (mg/kg)	0,012	0,024	0,0068
Benzo (a) pirene (mg/kg)	0,016	0,036	0,0072
Benzo (b) fluorantene (mg/kg)	0,012	0,033	0,006
Benzo (e) pirene (mg/kg)	0,011	0,028	0,0053
Benzo (g,h,i) perilene (mg/kg)	0,01	0,03	0,0059
Benzo (k) fluorantene (mg/kg)	0,0066	0,016	0,0037
Benzo (j) fluorantene (mg/kg)	0,0057	0,016	0,0031
Crisene (mg/kg)	0,014	0,031	0,0076
Dibenzo (a,e) pirene (mg/kg)	0,0025	0,0075	0,0016
Dibenzo (a,l) pirene (mg/kg)	< 0.000245	< 0.000245	< 0.00025
Dibenzo (a,h) pirene (mg/kg)	0,0011	0,0032	0,00073
Dibenzo (a,i) pirene (mg/kg)	0,00071	0,0035	0,00059
Dibenzo (a,h) antracene (mg/kg)	0,0026	0,0069	0,0015
Fenantrene (mg/kg)	0,0083	0,032	0,0062
Fluorantene (mg/kg)	0,023	0,033	0,0096
Fluorene (mg/kg)	< 0.000245	0,0054	0,0011
Indeno (1,2,3 - c,d) pirene (mg/kg)	0,0081	0,023	0,0049
Naftalene (mg/kg)	0,00026	0,004	0,0011
Pirene (mg/kg)	0,019	0,035	0,011
Idrocarburi policiclici aromatici (mg/kg)	0.15	0.39	0.87
Carbonio organico totale (TOC) (mg/kg)	27000	36000	30000
Tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida (S.T.I.)	<3	*	<3
Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Phaeodactylum tricornutum (EC20% - 72h)	> 90	> 90	> 90
Saggio di inibizione della crescita di alghe marine con Phaeodactylum tricornutum (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)	92,92	74,99	99,06
Fraz. granulometrica > 2 mm e < 2 cm (%p/p)	7,08	25,01	0,94

(*) parametri non determinati per mancanza di aliquota, in fase solida, sufficiente per le analisi.

Metalli: la seguente sottosezione riporta i grafici relativi ai valori analitici misurati per i parametri relativi ai metalli in ciascuna delle 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.

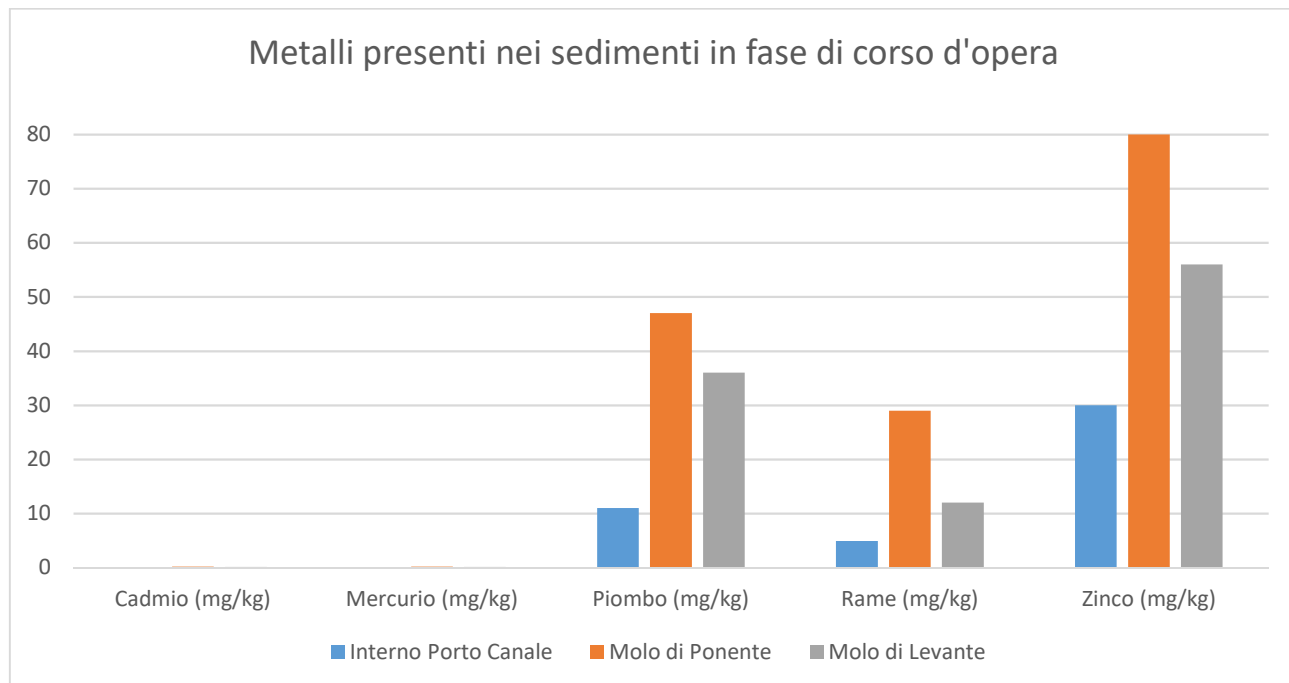


Figura 5. Grafico relativo ai valori dei metalli, espressi in mg/Kg, misurati durante la fase in corso d'opera nella matrice sedimento. I valori riportati rappresentano la misura puntuale ottenuta per ciascuna stazione. Il valore di 0 indicato nel grafico è da intendersi minore della soglia di detezione (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. I risultati mostrano, comunque, concentrazioni di metalli in corrispondenza del sito Molo di Ponente più alte rispetto al sito Interno Porto Canale. Tuttavia i valori misurati mostrano una tendenza a valori più bassi rispetto alle postazioni con stesso livello di impatto monitorate in fase di ante operam. Si ricorda, infatti, 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; nonostante il confronto con la fase di monitoraggio precedente sia in parte condizionato dall'analisi in siti differenti, è tuttavia condivisibile che i valori misurati siano corrispondenti a siti presumibilmente sottoposti a livelli simili di impatto (Molo Ponente con Molo Ichnusa; Molo Levante con Molo Maestrale).

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.

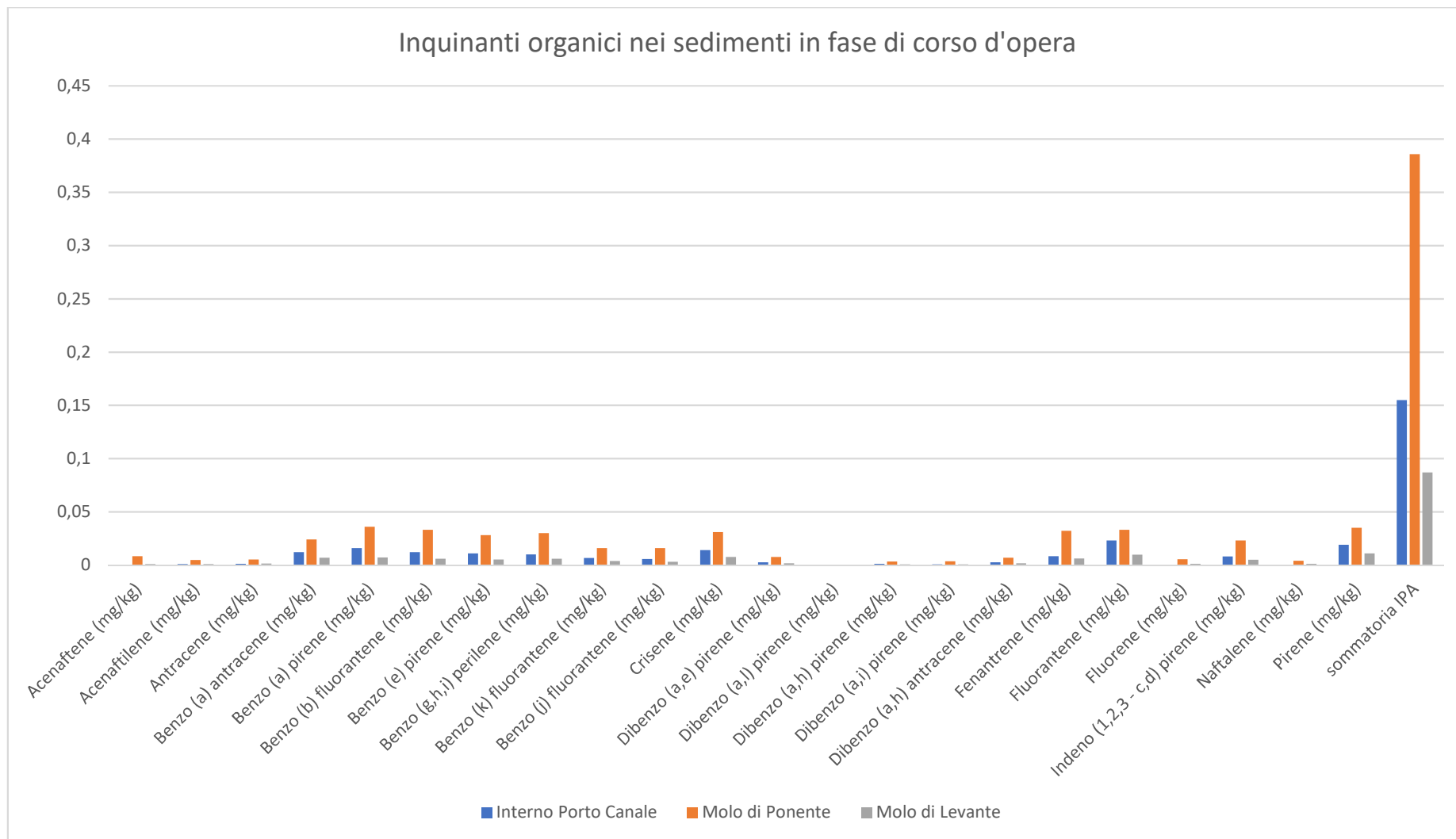


Figura 6. Grafico relativo ai valori degli inquinanti organici passibili di bioaccumulo, espressi in mg/Kg, misurati durante la fase in corso d'opera per la matrice sedimenti. I valori riportati rappresentano la misura puntuale ottenuta per ciascuna stazione. Il valore di 0 indicato nel grafico è da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

	Interno Porto Canale	Molo di Ponente	Molo di Levante
Sommatoria IPA	0,15491	0,3858	0,08694

I risultati mostrano la presenza in tracce della maggior parte degli elementi indagati, in particolare per quanto riguarda la stazione di Molo di Ponente. Inoltre, sebbene il confronto con il campionamento precedente sia anche per questi inquinanti parzialmente condizionato dall'analisi di siti diversi, rispetto alla fase ante-operam i valori di IPA totali risultano più alti nella stazione Interno Porto Canale (0.155 vs 0.02), ma più bassi in quelle poste in aree ad impatto simile.

Analisi della granulometria del substrato: la seguente sottosezione riporta i grafici relativi ai valori analitici in relazione alla granulometria dei sedimenti campionati nelle stazioni di Interno Porto Canale e di Molo di Levante. Non è stata invece possibile un'analisi granulometrica del campione di sedimento prelevato presso il Molo di Ponente in quanto poco rappresentativo data la quantità esigua residua di sedimento presente nell'aliquota campionata.

	Frazione granulometrica rudite > 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	89,3	10,7	< 0.1	10,7
Molo di Levante	< 0.1	60,2	39,8	< 0.1	39,8

Tabella 7. 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 quanto riguarda in particolar modo la stazione di Interno Porto Canale. 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*. I fondali degli ambienti portuali sono interessati da continue movimentazioni a causa del transito dei natanti, pertanto la classificazione degli stessi in base alla granulometria rilevata 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.

Stazione	Carbonio organico totale	u.m.
INTERNO PORTO CANALE	27000	mg/Kg
MOLO DI PONENTE	36000	mg/Kg
MOLO DI LEVANTE	30000	mg/Kg

Tabella 8. 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 in fase di *ante-operam*.

5. CONCLUSIONI

Fase in corso d'opera: la situazione riscontrata durante i lavori definisce, come precedentemente riscontrato nella fase *ante-operam*, una condizione di ridotta biodisponibilità di inquinanti organici e inorganici. Relativamente alle matrici abiotiche, le sostanze indagate sono presenti in concentrazioni trascurabili nella colonna d'acqua, mentre risultano rintracciabili nei sedimenti, conformemente alle attese per inquinanti persistenti di questo tipo.

Relativamente ai test di bioaccumulo sul biota, è stato riscontrato un contenuto basale di metalli nei mitili impiantati. In dettaglio, appare trascurabile la presenza di cadmio, mentre i valori di mercurio, rame, zinco e piombo sono relativamente più elevati. In particolare la biodisponibilità di mercurio risulta piuttosto elevata in due repliche su tre presso la stazione di Molo Ichnusa. Gli inquinanti organici passibili di bioaccumulo non mostrano concentrazioni significative sebbene mostrino valori più elevati rispetto alla fase di *Ante Operam*.

Relativamente all'analisi delle acque, i risultati dei test ecotossicologici 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 in fase *ante-operam*. I risultati dell'analisi delle specie chimiche nella colonna d'acqua mostrano l'assenza di inquinamento significativo da composti organici: i parametri indagati mostrano valori analitici al di sotto o uguale (solo in un caso) del limite della soglia di detezione. Relativamente ai parametri chimico-fisici, valori di torbidità e di solidi sospesi totali misurati per le diverse stazioni non si discostano significativamente l'uno dall'altro, e risultano compatibili con gli attesi per campioni di acque costiere in ambiente portuale, presentando una tendenza a valori minori per quanto riguarda la torbidità e (con variazioni più evidenti) i solidi sospesi totali rispetto a quelli riscontrati in fase *ante-operam*.

L'analisi dei sedimenti ha mostrato concentrazioni di metalli, rispetto alla fase *ante-operam*, molto ridotte nella stazione Interno Porto Canale; mentre nelle altre 2 stazioni il confronto può risultare in parte condizionato dall'analisi di siti diversi (anche se di aree vicine), ed è di entità inferiore rispetto alla fase di monitoraggio precedente. Per quanto riguarda la sommatoria IPA, le concentrazioni risultano essere più basse rispetto alla fase *ante-operam* per le stazioni Molo di Levante e Molo di Ponente; mentre risultano più alte, seppur rimanendo trascurabili, nella stazione Interno Porto Canale rispetto ai valori riscontrati in fase di *ante-operam*.

In conclusione si può pertanto pensare che le analisi effettuate durante le lavorazioni, non abbiano portato, per il momento, a un evidente aumento dei livelli di inquinanti rispetto ai dati registrati in fase *ante-operam*.

– 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.