



**SARTEC**  
SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE

---

**STATO AVANZAMENTO LAVORI  
PIANO DI MONITORAGGIO  
LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL BACINO DI EVOLUZIONE  
DEL PORTO CANALE**

**VI TRIMESTRE  
NOVEMBRE 2010 – GENNAIO 2011**

## **GRUPPO DI LAVORO**

### **COORDINAMENTO SCIENTIFICO**

Prof. Antonio Viola

### **RESPONSABILE SEZIONE ANALITICA**

Dott. Edoardo Suardi

### **COORDINAMENTO ATTIVITA'**

Dr. Felicina Trebini

## INDICE

<b>1.</b>	<b>ATTIVITÀ MONITORAGGIO PORTO CANALE</b> .....	3
1.1	Obiettivi e sintesi delle attività .....	3
<b>2.</b>	<b>ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELL'ARIA</b> .....	5
2.1	<b>ATTIVITÀ MONITORAGGIO POLVERI TOTALI</b> .....	6
2.1.1	Materiali e metodi monitoraggio polveri totali .....	6
2.2	<b>ATTIVITÀ MONITORAGGIO DEPOSIZIONI AL SUOLO</b> .....	9
2.2.1	Materiali e metodi monitoraggio deposizioni atmosferiche.....	9
2.3	<b>ATTIVITÀ MONITORAGGIO LABORATORIO MOBILE</b> .....	18
2.3.1	Materiali e metodi monitoraggio laboratorio mobile .....	18
2.3.2	Risultati monitoraggio PM10, CO, SO2, NO2, Benzene, Toluene e Xilene con laboratorio mobile .....	19
<b>3.</b>	<b>ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELLE ACQUE</b> .....	28
3.1	<b>MONITORAGGIO ACQUA</b> .....	28
3.1.1	Materiali e metodi monitoraggio acqua .....	28
3.1.2	Risultati monitoraggio acque mare .....	30
3.1.3	Materiali e metodi monitoraggio sedimenti marini .....	36
3.1.4	Materiali e metodi monitoraggio sedimenti risospesi.....	38
<b>4.</b>	<b>ATTIVITÀ MONITORAGGIO BIOCENOSI</b> .....	41
4.1	<b>MONITORAGGIO FORAMINIFERI BENTONICI NEI SEDIMENTI MARINI</b> .....	41
4.1.1	Materiali e metodi monitoraggio foraminiferi sedimenti .....	41
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	48

<p>PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011</p>	 <b>SARTEC</b> <small>SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</small>	<p><b>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</b></p>
--	--	--

## 1. ATTIVITÀ MONITORAGGIO PORTO CANALE

### 1.1 Obiettivi e sintesi delle attività

L'obiettivo del piano di monitoraggio è quello di verificare gli eventuali impatti sull'ambiente generati dai lavori svolti nell'ambito del piano di banchinamento del lato sud del bacino di evoluzione del Porto Canale.

È stata definita una metodologia e una procedura per il monitoraggio ambientale che prevede le seguenti attività:

- monitoraggio qualità dell'aria
  - ✓ misure polveri totali;
  - ✓ deposizioni aeree;
  - ✓ misure qualità aria con laboratorio mobile.
  
- monitoraggio qualità delle acque:
  - ✓ analisi delle acque;
  - ✓ misure di torbidità;
  - ✓ analisi sedimenti;
  - ✓ analisi biologica delle biocenosi.

Le attività in corso sono finalizzate alla valutazione degli effetti dell'intervento nelle fasi Ante Operam (A.O.), della Fase Costruttiva (F.C.) e della Fase Post Operam (P.O.).

Le relazioni già consegnate contenevano i risultati delle attività di monitoraggio dei comparti ambientali nella fase Ante Operam e nella Fase Costruttiva (agosto-ottobre 2009; novembre-gennaio 2010; febbraio-aprile 2010; maggio-luglio 2010, agosto-ottobre 2010).

I lavori di cantiere per il banchinamento hanno subito un ritardo e dunque nel periodo esaminato era ancora in corso la Fase Costruttiva.



Fig. 1.1 – Evoluzione dei lavori nel Porto Canale



Fig. 1.2 – Evoluzione dei lavori nel Porto Canale

## 2. ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELL'ARIA

Nel VI trimestre, secondo quanto previsto dal Piano di Monitoraggio Ambientale (P.M.A.), sono stati eseguiti i monitoraggi delle polveri totali, delle deposizioni al suolo e della qualità dell'aria con il laboratorio mobile.



Fig. 2.1 - Ubicazione stazioni monitoraggio aria.

Come noto, la stazione esterna al cantiere (St. 2), per cause di forza maggiore, non è stata più monitorata dal mese di marzo 2010. Infatti dopo l'ennesimo furto dell'attrezzatura di monitoraggio (1 Universal Pump Model 224-PCXR8 e 2 deposimetri) anche dopo aver inutilmente cambiato postazione (in zone più riparate e meno visibili) siamo stati costretti a non lasciare più materiale fuori dal cantiere.

## 2.1 ATTIVITÀ MONITORAGGIO POLVERI TOTALI

### 2.1.1 *Materiali e metodi monitoraggio polveri totali*

Le polveri totali sospese sono state misurate ai fini di valutare la sicurezza dei lavoratori, utilizzando il metodo NIOSH 0500, con l'obiettivo di controllare che durante le ore di lavoro non venisse superato il valore limite soglia di 3000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  individuato dall'ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists) e riportato dal Giornale degli Igienisti Industriali nel Supplemento al Volume 34 n. 2 Aprile 2009.

È stato utilizzato come strumento l'Universal Pump Model 224-PCXR8 (campionatore elettronico con controllo automatico del flusso) della SKC Instruments Inc. Si tratta di pompe volumetriche in grado di funzionare in modo continuo senza richiedere interventi per la manutenzione per un tempo ragionevolmente lungo con annesso un dispositivo che consente la regolazione della portata a valori stabiliti. Il flusso è compreso tra 1000 e 5000 ml/min. Per i campionamenti è stato impostato ad un flusso costante di 2000 ml/min.

Sono stati utilizzati i filtri indicati dalla metodica, ovvero filtri in PVC (37 mm - 5  $\mu\text{m}$ ).

Il materiale particolato è stato determinato attraverso la filtrazione dell'aria con conseguente raccolta del particolato in sospensione.

Nelle stazioni prescelte (fig. 2.1) sono state posizionate ogni mese le pompe e lasciate in funzione per cinque giorni durante il tempo di attività del cantiere.

Per le attività sono stati utilizzati i seguenti strumenti:

- ✓ campionatore volumetrico a portata costante;
- ✓ bilancia analitica;
- ✓ ugello porta-filtro;
- ✓ filtro in cellulosa;
- ✓ tubi di raccordo.

L'obiettivo è stato quello di monitorare le polveri sollevate e diffuse durante gli interventi di realizzazione delle opere (demolizioni, scavi, movimentazione di inerti e transito di mezzi da lavoro). Prima di ogni misura è stata effettuata la taratura della strumentazione seguendo le indicazioni riportate nel manuale operativo fornito dal produttore.

PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011	 <b>SARTEC</b> <small>SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</small>	<b>AUTORITÀ PORTUALE          CAGLIARI</b>
---	--	--

### *2.1.2 Risultati monitoraggio polveri totali*

Le polveri totali sospese sono costituite da una miscela complessa di sostanze organiche ed inorganiche che si presentano in fase liquida e solida. Le emissioni delle polveri potrebbero esser causate principalmente dai movimenti di terra, dagli spostamenti dei veicoli sulle superfici non pavimentate, dall'accumulo di materiali polverosi all'aperto e dalle principali operazioni di cantiere (demolizioni, carico e scarico).

L'attività di cantiere è potenzialmente caratterizzata da polverosità di intensità non costante, dipendente dal numero e dal tipo di macchinari e attrezzature in uso, per cui anche in questo trimestre durante le attività sono state poste in essere tutte le opere di mitigazione necessarie per il contenimento dei potenziali impatti e previste dallo Studio di Impatto Ambientale, quali:

- ✓ limitazione della velocità dei mezzi in movimento;
- ✓ umidificazione delle aree di lavoro e i cumuli di materiale;
- ✓ bagnamento delle strade non pavimentate soprattutto nei periodi secchi.

I risultati sono risultati sempre al di sotto del valore limite soglia di 3000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  individuato dall'ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists) e riportato dal Giornale degli Igienisti Industriali nel Supplemento al Volume 34 n. 2 Aprile 2009.

Nel mese di novembre i valori sono risultati spesso al di sotto del limite di rilevabilità ( $<0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Il valore massimo è stato registrato a dicembre 2010 nella St. 3 ( $962 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Anche nel periodo indagato, dunque, non sono risultati impatti per l'ambiente e per le persone.





## 2.2 ATTIVITÀ MONITORAGGIO DEPOSIZIONI AL SUOLO

### 2.2.1 *Materiali e metodi monitoraggio deposizioni atmosferiche*

La deposizione atmosferica dell'aerosol e dei gas avviene secondo due modalità: umida e secca. La deposizione secca delle particelle avviene per impatto diretto e sedimentazione gravitazionale delle stesse su terra e acqua. La deposizione umida comprende l'acqua, i suoi gas disciolti, insieme a qualsiasi altro materiale particellare insolubile.

Per la determinazione delle deposizioni atmosferiche umide e secche sono stati utilizzati degli appositi strumenti composti da un raccoglitore - previamente decontaminato e accuratamente lavato - con un imbuto attraverso il quale raccogliere le deposizioni.

I deposimetri sono stati collocati nelle stesse stazioni di campionamento delle polveri totali, ma a circa 1.5 metri di altezza e sono stati sostituiti con una cadenza mensile.

Questi appositi strumenti hanno così raccolto per un intero mese tutte le acque piovane e le deposizioni.

Sono state eseguite le seguenti attività:

- ✓ recupero del materiale solido sedimentato mediante lavaggio con l'acqua piovana raccolta e/o acqua distillata a costituire un unico campione comprendente anche la fase solida;
- ✓ separazione delle fasi liquida e solida mediante filtrazione;
- ✓ analisi del sedimentato solido;
- ✓ analisi della fase liquida mediante prelievo di un'aliquota per la determinazione di: Residuo Solido Totale, metalli d'interesse tossicologico, fluoruri, magnesio, calcio, stronzio e bario, sodio e potassio.

### 2.2.2 *Risultati monitoraggio deposizioni atmosferiche*

L'indagine sulle deposizioni ha lo scopo di verificare le condizioni di ricaduta delle deposizioni atmosferiche costituite dalla frazione secca e da quella umida, le informazioni che possono essere dedotte da questa attività riguardano:

1. le quantità di sostanze saline in soluzione (cloruri di sodio e potassio, solfato di magnesio e metalli alcalino-terrosi, i tipici costituenti degli aerosol salini);
2. le quantità di metalli disciolti;
3. le quantità di metalli presenti nel particolato raccolto;
4. le quantità totali di sali (somma dei parametri precedentemente descritti).

<b>PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011</b>		<b>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</b>
--	---	---------------------------------------

Poiché non esiste un riferimento normativo nazionale per le deposizioni è stato effettuato un confronto tra i risultati ottenuti nelle tre stazioni e una valutazione delle variazioni temporali.

L'ubicazione dei deposimetri (che ha coinciso con quella delle polveri totali) ha tenuto conto ovviamente delle esigenze di rappresentatività dei campioni all'interno del cantiere, anche se nell'interpretazione dei dati non si può prescindere dalla particolare posizione del Porto Canale limitrofo ad aree (strada statale, industriale, aeroporto, porto, e mare) che per la loro natura potrebbero influenzare i risultati. Sono, infatti, molti i fattori che influiscono sulle deposizioni secche e umide (aerosol marino, condizioni meteorologiche, attività presenti nelle aree limitrofe, variabilità dei complessi meccanismi che influenzano la dispersione atmosferica).

Anche in queste deposizioni secche e umide è stata osservata l'influenza dell'aerosol marino con una netta prevalenza di NaCl, MgSO<sub>4</sub> e di KCl.

Come nel trimestre precedente le maggiori concentrazioni delle sostanze in soluzione sono state registrate nella St. 1 (la stazione più vicina alla Strada Statale 195, posizionata all'ingresso del cantiere) con 11235 kg/km<sup>2</sup>/mese di ricadute totali nel mese di novembre 2010.

### Campionamento mediante deposimetri Sostanze saline in soluzione

novembre 2010									
Stazioni	MgSO <sub>4</sub>	Ca	Sr	Ba	NaCl	KCl	Volume	mg assoluti	Kg/Km <sup>2</sup> /mes e
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ml		
St.1	9529	7325	43	16	39141	4911	6200	378	5941
St. 3	14182	10470	88	10	40538	2815	4620	315	4945
St. 4	9500	7320	42	6	40742	4532	5200	323	5081

Tab. 2.2.1 – Sostanze saline in soluzione nel mese di novembre 2010

**Campionamento mediante deposimetri  
Metalli in soluzione**

novembre 2010										
Stazioni	Zn	Pb	Cd	Ni	V	Cu	Hg	Volume	mg assoluti	Kg/Km2/mese
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ml		
St. 1	3184	2.9	1.2	6	1.5	6	0.2	6200	19.9	312
St. 3	3999	5	1.2	1.6	1.5	4	0.2	4620	18.5	291
St. 4	1017	2.9	1.2	1.6	1.5	6	0.2	5200	5.4	84

Tab. 2.2.2 – Metalli in soluzione nel mese di novembre 2010

**Campionamento mediante deposimetri  
Metalli su filtro**

novembre 2010								
Stazioni	Zn	Pb	Cd	Ni	V	Cu	Hg	Kg/Km2/mese
	mg/kg	Mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
St. 1	10659	66	0.4	40	60	95	0.1	29.2
St. 3	11084	28	1.1	29	53	23	0.2	8.8
St. 4	10516	41	3.1	37	46	48	0.5	873

Tab. 2.2.3 – Metalli su filtro nel mese di novembre 2010

**Campionamento mediante deposimetri  
Sostanze saline in soluzione**

dicembre 2010									
Stazioni	MgSO <sub>4</sub>	Ca	Sr	Ba	NaCl	KCl	Volume	mg assoluti	Kg/Km <sup>2</sup> /mese
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ml		
St. 1	4821	1939	83	6	31318	22423	3930	238	967
St. 3	2758	1840	275	4	17427	23168	2450	111	452
St. 4	6600	1853	127	5	36576	21545	5085	339	1377

Tab. 2.2.4 – Sostanze saline in soluzione nel mese di dicembre 2010

### Campionamento mediante deposimetri Metalli in soluzione

dicembre 2010										
Stazioni	Zn	Pb	Cd	Ni	V	Cu	Hg	Volume	mg assoluti	Kg/Km2/mese
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ml		
St.1	2068	0.003	0.001	0.002	0.002	3	0.2	3930	8.1	33
St. 3	21	0.03	0	3	0	4	0	2450	0.069	0.3
St. 4	2762	2.9	1.2	1.6	1.5	6	0.2	5085	13.9	56.6

Tab. 2.2.5 - Metalli in soluzione nel mese di dicembre 2010



**Campionamento mediante deposimetri  
Metalli su filtro**

Dicembre 2010								
Stazioni	Zn	Pb	Cd	Ni	V	Cu	Hg	Kg/Km2/mese
	mg/kg	Mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
St. 1	15541	188	100	104	81.9	36.1	33.3	0.5
St. 3	7532	49.8	5.5	33.7	62.3	40.2	1.3	1.9
St. 4	58983	67.3	13.7	39.3	71.2	21	1	8.7

Tab. 2.2.6 – Metalli su filtro nel mese di dicembre 2010

**Campionamento con deposimetri - Ricadute totali trimestre**

nov-2010		
Stazione	Ricaduta sostanze solubili kg/km <sup>2</sup> /mese	Ricaduta Corpuscolato kg/km <sup>2</sup> /mese
St.1	11235	2672
St. 3	9258	786
St. 4	9235	299

Tab. 2.2.7 – Deposizioni totali nel mese di novembre 2010

dic-2010		
Stazione	Ricaduta sostanze solubili kg/km <sup>2</sup> /mese	Ricaduta Corpuscolato kg/km <sup>2</sup> /mese
St.1	2169	36
St. 3	1267	298
St. 4	2933	179

Tab. 2.2.8 – Deposizioni totali nel mese di dicembre 2010

PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011		<b>AUTORITÀ PORTUALE          CAGLIARI</b>
---	---	--

## 2.3 ATTIVITÀ MONITORAGGIO LABORATORIO MOBILE

### 2.3.1 *Materiali e metodi monitoraggio laboratorio mobile*

E' stato effettuato periodicamente il monitoraggio in continuo dei seguenti parametri di qualità dell'aria: PM10, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Benzene, Toluene e Xileni con l'utilizzo di un laboratorio mobile.

Il mezzo è un Ducato cabinato e l'area che occupa è determinata dai tiranti del palo meteo di tipo telescopico (altezza massima di 10 m) posizionato sopra il mezzo, tale palo deve essere ancorato su almeno tre punti e la distanza dal mezzo di ognuno dei tiranti è di 5-6 m, di conseguenza occorre complessivamente uno spazio indicativo pari a 12x12m. È stato anche necessario predisporre una nuova cabina elettrica per garantire l'alimentazione del mezzo. Una volta stabilito il sito adeguato si è proceduto alla delimitazione dell'area attraverso il posizionamento di tubi nel suolo (grazie all'aiuto di una ruspa del cantiere) sui quali applicare la rete in plastica arancione per la sicurezza.



Figura 2.3 – Laboratorio mobile posizionato nel cantiere per il monitoraggio della qualità dell'aria

PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
---	---	-------------------------------

### 2.3.2 Risultati monitoraggio PM10, CO, SO2, NO2, Benzene, Toluene e Xilene con laboratorio mobile

Le concentrazioni di **PM10** nei campionamenti effettuati sono risultate sempre al di sotto del valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup> ad eccezione del campionamento del 14 dicembre in cui è stato rilevato un superamento pari a 58 µg/m<sup>3</sup>. La rosa dei venti evidenzia per il giorno venti prevalenti da NO (fig. 2.3.1.b).

Le concentrazioni di **monossido di carbonio** sono risultate sempre molto basse. La media mobile su 8 ore è sempre rimasta decisamente al di sotto del limite di legge pari a 10 mg/m<sup>3</sup>.

Le concentrazioni di **biossido di zolfo** sono risultate anch'esse decisamente basse con le medie giornaliere sempre al di sotto di 10 µg/m<sup>3</sup>, dunque ben lontane dal valore limite (125 µg/m<sup>3</sup>) oltrech  inferiori al livello critico per la protezione della vegetazione individuato dalla nuova normativa relativa alla qualit  dell'aria ambiente (D.Lgs. 155/2010) pari a 20 µg/m<sup>3</sup>.

Il **biossido di azoto** non ha mai superato il limite di legge (200 µg/m<sup>3</sup>). Le concentrazioni registrate sono risultate quasi sempre inferiori al livello critico per la protezione della vegetazione (30 µg/m<sup>3</sup>) secondo la nuova normativa relativa alla qualit  dell'aria ambiente (D.Lgs. 155/2010), ad eccezione di alcuni superamenti orari registrati il 14 dicembre.

I valori rilevati di **benzene, toluene e xileni** hanno mostrato basse concentrazioni. Il benzene si   mantenuto sempre al di sotto del limite (pari a 5 µg/m<sup>3</sup>) , il picco massimo   stato di 1.71 µg/m<sup>3</sup>; gli xileni non hanno mai superato il valore di 1 µg/m<sup>3</sup> e le concentrazioni rilevate per il toluene sono sempre rimaste al di sotto dei 5 µg/m<sup>3</sup>.

Anche in questo periodo di indagine non sono state rilevate concentrazioni a rischio per la qualit  dell'aria e dell'ambiente.

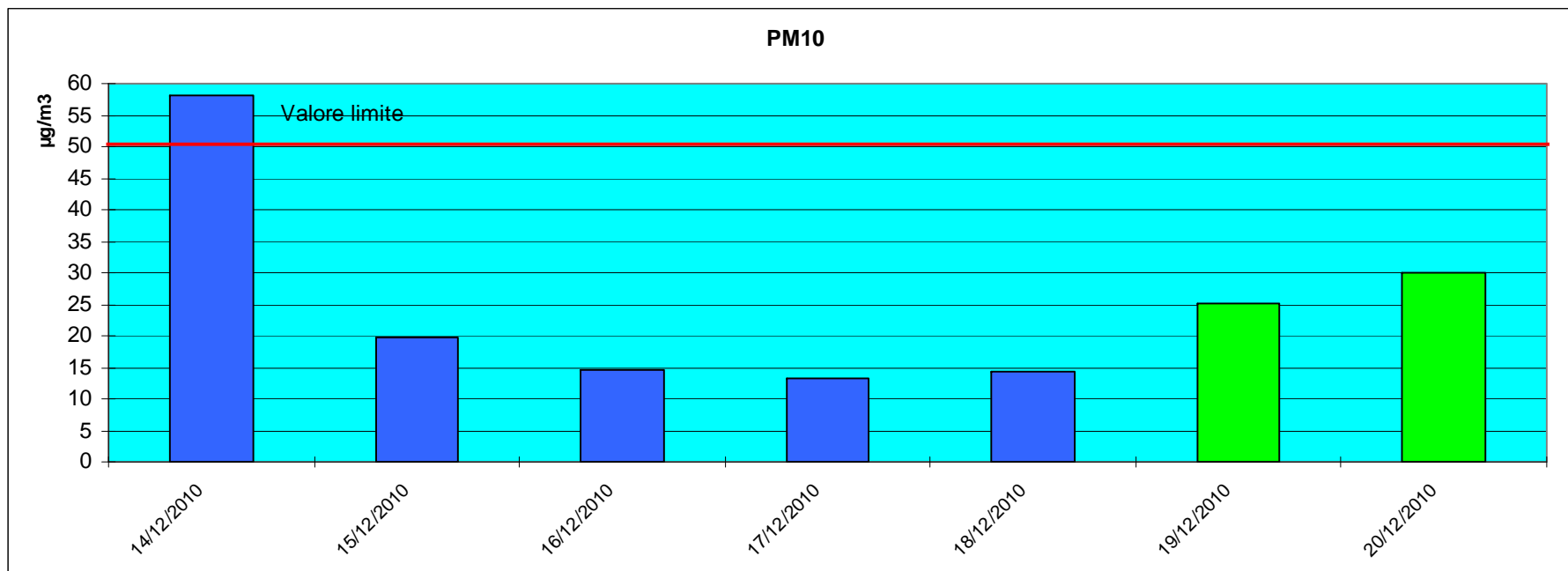


Fig. 2.3.1 - Andamento dei PM10 (in verde i giorni in cui il cantiere era inattivo)

Direzione di provenienza del vento (misurata in °N)

14/12/2010-

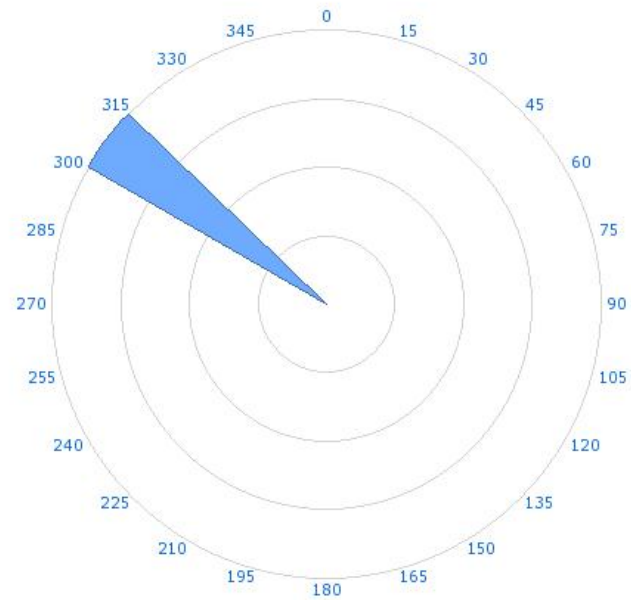
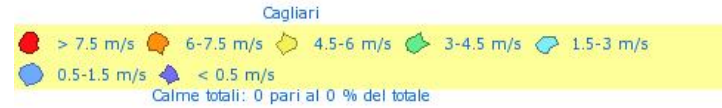


Fig. 2.3.1.b – direzione prevalente dei venti il giorno 14/12/2010 in concomitanza con il superamento di PM10

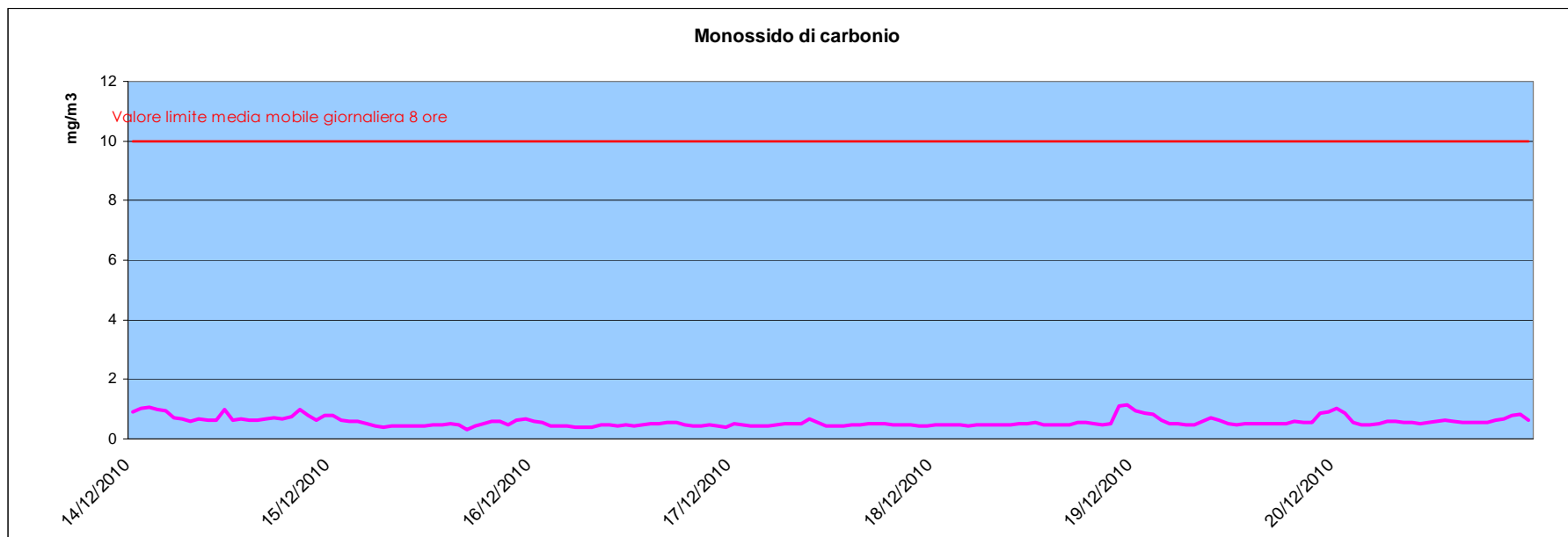


Fig. 2.3.2 – Media mobile giornaliera 8 ore CO

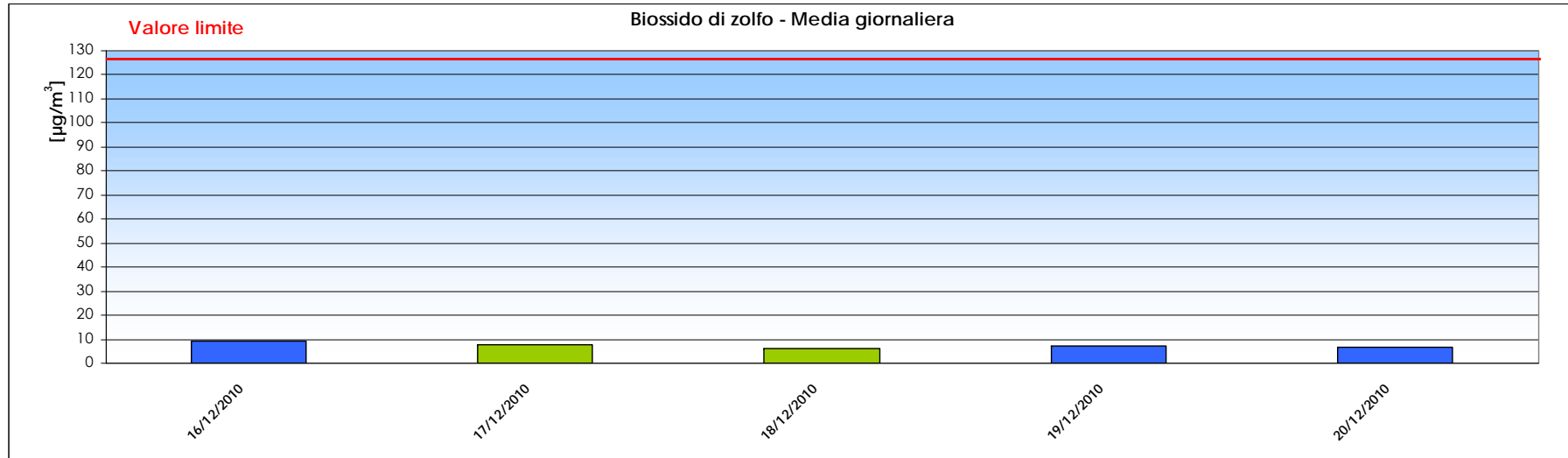


Fig. 2.3.3 - Media giornaliera biossido di zolfo (in verde i giorni in cui il cantiere era inattivo)



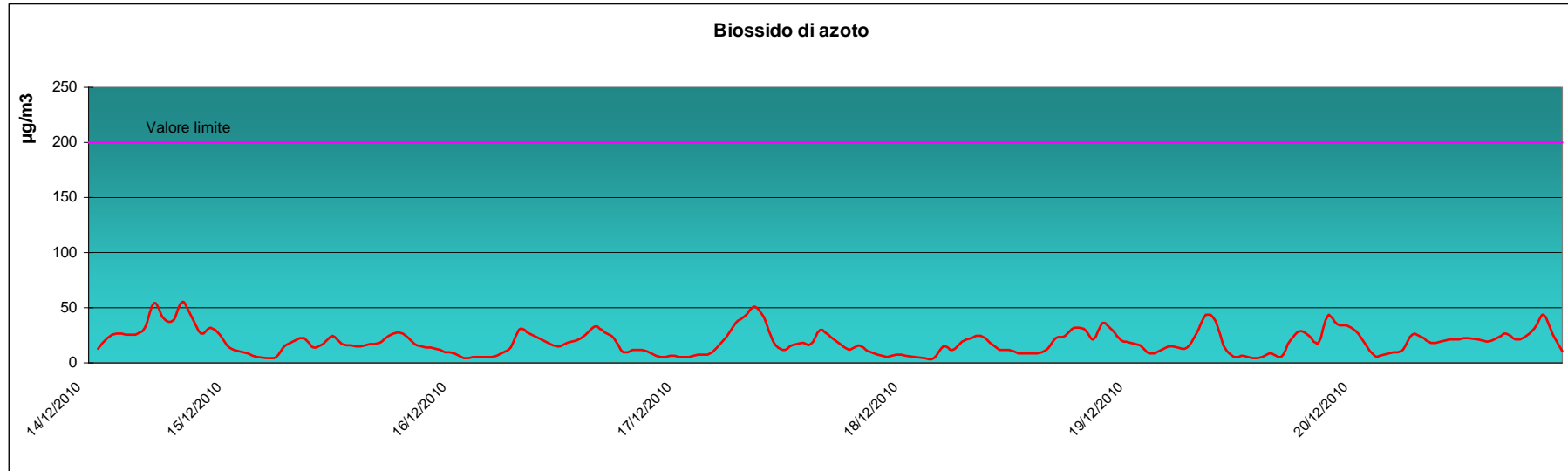


Fig. 2.3.4 – Media oraria biossido di azoto

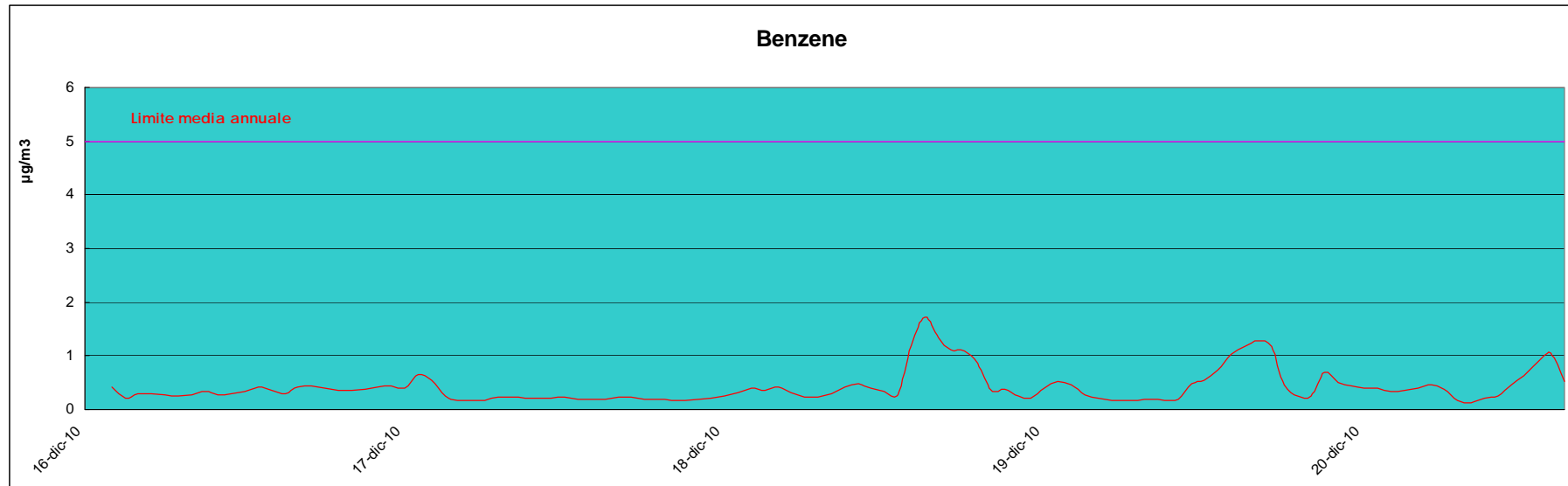


Fig. 2.3.5 - Dinamica del benzene

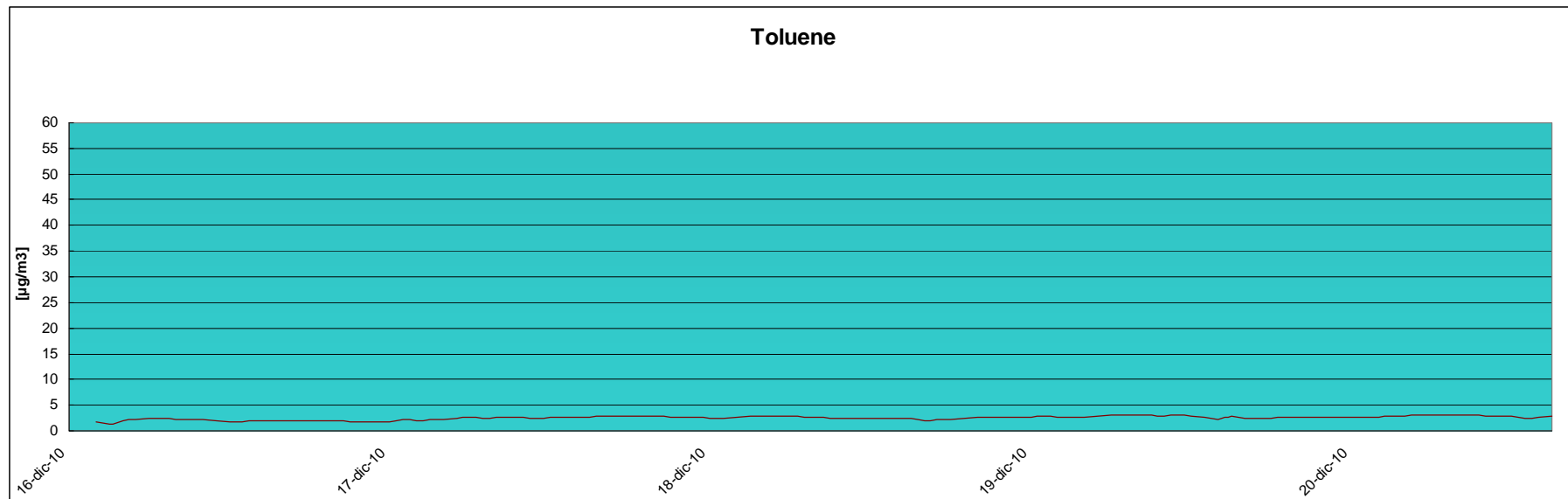


Fig. 2.3.6 – Dinamica del toluene

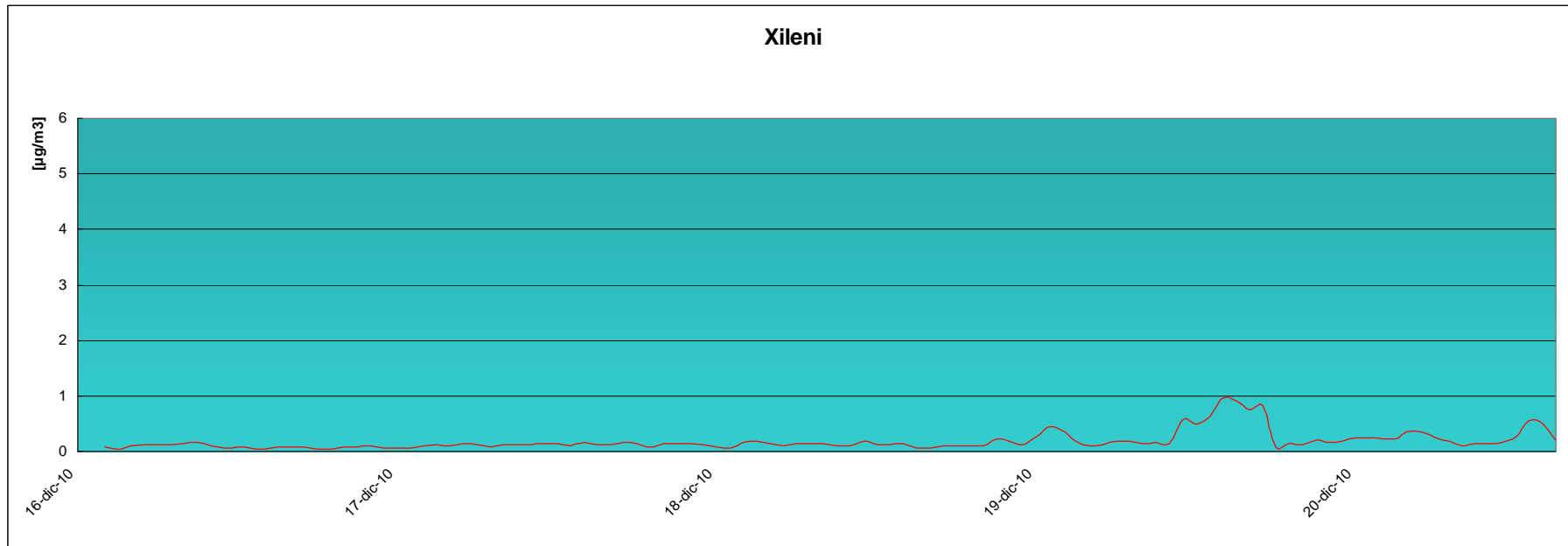


Fig. 2.3.7 - Dinamica xileni

PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011		<b>AUTORITÀ PORTUALE          CAGLIARI</b>
---	---	--

### 3. ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELLE ACQUE

#### 3.1 MONITORAGGIO ACQUA

Nel mese di novembre è stato effettuato un altro campionamento della fase Costruttiva in quanto erano ancora in corso le attività di cantiere.

Il monitoraggio ha previsto le seguenti due fasi:

- ✓ prelievo dei campioni
- ✓ analisi chimica in laboratorio.

Sono state svolte le seguenti attività

- ✓ analisi chimiche acque marine;
- ✓ analisi dei sedimenti;
- ✓ analisi dei sedimenti risospesi;
- ✓ analisi delle biocenosi bentoniche.

Di seguito si riportano i risultati dei monitoraggi delle acque nelle 3 stazioni (fig. 3.1) effettuati nella Fase Costruttiva.

##### *3.1.1 Materiali e metodi monitoraggio acqua*

Per il rilevamento dei parametri idrologici è stata utilizzata una sonda multiparametrica Idromar modello IM 7337. La sonda è stata allestita con i sensori per la misura dei seguenti parametri: temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, torbidità e clorofilla. La trasparenza delle acque è stata misurata con il disco di Secchi.

Il campionamento delle acque di fondo è stato effettuato con una bottiglia Niskin della capacità di 5 litri. Nelle acque - in linea con quanto previsto dal D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 e dalla Water Framework Directive (2000/60/CE) - sono stati prelevati i campioni in 3 stazioni (riportate nella planimetria allegata) e a 3 profondità diverse (superficie a 0.5 m, intermedia a circa 7.5 m e fondo a circa 14 m).

Sono state individuate e monitorate le seguenti stazioni (fig. 3.1):

- St. 6, interna al Porto Canale di fronte all'area delle attività di banchinamento;
- St.11, interna tra il punto di restringimento del bacino e l'inizio del canale;
- St.7 tra la fine del canale e il bacino racchiuso dai moli.

Per ogni stazione sono stati determinati, sul campione medio composito, i parametri e le metodiche analitiche specifiche come riportato nella tabella 3.1.

Parametro	U.M.	Metodo di Riferimento
Azoto Ammoniacale	mg/l	IRSA/CNR 4010A
Azoto Nitroso	mg/l	NOVA THALASSIA - vol.11 (1990) 133-138
Azoto Nitrico	mg/l	NOVA THALASSIA - vol.11 (1990) 139-150
Solidi sospesi totali	mg/l	IRSA 2090/03
Ortofosfato	mg/l)	NOVA THALASSIA - vol.11 (1990) 123-132
Fosforo totale	mg/l	NOVA THALASSIA - vol.11 (1990) 171-179
Fluoruri	mg/l	IRSA 4100 B
Cianuri liberi	µg/l	Met/084 Rev.0 -IRSA 4050/94 -EPA 9014 (1996)
PCB	µg/l	IRSA 5110 (2003)

Tab. 3.1 – Parametri e metodiche analizzati nelle acque



Fig. 3.1 – Ubicazione stazioni monitoraggio acque (St.6 – St.11 – St. 7)

<b>PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011</b>		<b>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</b>
--	---	---------------------------------------

### 3.1.2 Risultati monitoraggio acque mare

In concomitanza con il campionamento delle acque sono stati rilevate le condizioni generali meteo climatiche e della stazione di monitoraggio.

	Stazione 7	Stazione 11	Stazione 6
Coordinate	39°12' 14,4" 009°04'54,2"	39°12' 56,6" 009°03'51,5"	39°13' 01,4" 009°03'31,5"
Data rilevamento	17 novembre 2010	17 novembre 2010	17 novembre 2010
Ora	10:32	11:10	11:35
Cielo	Poco nuvoloso	Poco nuvoloso	Poco nuvoloso
Vento m/s	6.5	>8	>8
Vento direzione	NW	NW	NW
Distanza da terra m		50	110
Profondità m	15	15	15
Trasparenza m	3.2	1.8	2

Tab. 3.2 – Coordinate delle stazioni, dati meteo marini del giorno di campionamento

Il profilo idrologico rilevato nella colonna d'acqua delle 3 stazioni è stato confrontato con i risultati dei precedenti monitoraggi per evidenziare eventuali variazioni dei parametri nel tempo.

6	17/11/2010	11.33.34	0.49	17.29	37.75	8.07	76.33	9.44	1.24
6	17/11/2010	11.33.52	8.41	17.3	37.35	8.07	73.85	7.84	1.28
6	17/11/2010	11.34.10	14.61	17.3	37.76	8.07	72.21	7.1	1.21
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
6	23/06/2010	10.30.10	0.51	18.4	37.8	8.16	99.1	7.87	0.02
6	23/06/2010	10.30.24	8.41	18.05	37.8	8.17	102.9	8.12	0.74
6	23/06/2010	10.30.40	14.46	17.88	37.91	8.17	101.79	10.02	0.31
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
6	30/03/2010	11:25	0.3	14.8	37.4	8.28	85.67	7.97	0.73
6	30/03/2010	11:25	10.49	14.4	37.5	8.27	87.06	18.78	1.36
6	30/03/2010	11:25	15.13	14.3	37.6	8.27	85.63	49.52	1.94
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
6	20/11/2009	12:08:38	0.53	17.8	37.6	8.24	71.98	9.31	1.2
6	20/11/2009	12:08:55	8.37	17.85	37.6	8.24	75.24	8.87	1.46
6	20/11/2009	12:09:11	15	17.83	37.6	8.24	75.68	9.5	1.31

<b>PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011</b>		<b>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</b>
--	---	---------------------------------------

stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a(mg/mc)
7	17/11/2010	10.32.15	0.59	17.19	37.71	8.16	62.3	8.68	1.03
7	17/11/2010	10.32.42	9.89	17.17	37.79	8.16	75.71	6.5	1.62
7	17/11/2010	10.32.59	14.54	17.14	37.8	8.16	74.49	5.72	1.52
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a(mg/mc)
7	23/06/2010	09:56.34	0.57	18.53	37.9	8.21	98.73	8.28	0.23
7	23/06/2010	9:57.03	10.05	17.71	37.92	8.23	103.2	6.01	0.5
7	23/06/2010	9:57.32	15.26	17.62	37.9	8.22	102.71	9.83	0.5
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a(mg/mc)
7	30/03/2010	10:23	0.33	14.89	37.39	8.33	87.67	5.38	0.78
7	30/03/2010	10:23	10.18	14.61	37.5	8.32	90.5	5.92	2.02
7	30/03/2010	10:23	15.39	14.34	37.6	8.3	85.71	8.49	1.1
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
7	20/11/2009	11.49.30	0.63	17.82	37.5	8.25	72.06	12.69	3.31
7	20/11/2009	11.49.49	8.54	17.7	37.5	8.26	76.95	13.88	3.03
7	20/11/2009	11.50.08	15.13	17.68	37.59	8.26	76.88	19.75	2.94

stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
11	17/11/2010	11.11.30	0.48	17.25	37.72	8.09	67.13	8.96	0.88
11	17/11/2010	11.11.50	9.84	17.24	37.74	8.09	78.42	7.58	1.31
11	17/11/2010	11.12.04	14.42	17.24	37.74	8.09	77.59	6.67	1.35
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
11	23/06/2010	10.18.15	0.54	18.33	37.9	8.18	98.04	8.34	0.05
11	23/06/2010	10.18.31	10.1	18.1	37.9	8.18	99.7	8.17	0.4
11	23/06/2010	10.18.50	14.4	18.06	37.9	8.18	95.99	9.73	0.34
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
11	30/03/2010	11:08	0.89	14.7	37.5	8.3	86.82	8.62	0.71
11	30/03/2010	11:08	10.25	14.5	37.5	8.3	87.5	9.08	1.72
11	30/03/2010	11:08	15.19	14.3	37.6	8.29	84.64	11.36	1.02
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
11	20/11/2009	12:03:31	0.63	17.8	37.62	8.25	71.5	10.56	1.49
11	20/11/2009	12:03:31	9.56	17.8	37.6	8.25	74.8	11.62	1.37
11	20/11/2009	12:03:31	15.23	17.7	37.6	8.25	74	14.4	1.87

**Tabella 3.3 - Confronto dati idrologici**

I valori di torbidità hanno oscillato tra 8.68 NTU nella St. 7 e 9.44 NTU nella St. 11 in superficie, non mostrando differenze di rilievo rispetto al precedente campionamento in cui era già stata osservata una diminuzione dei valori dopo l'incremento in fase di dragaggio.

È stata, invece, osservata una diminuzione dei valori di torbidità nel fondo con un range compreso tra 5.72 NTU nella St.7 e 7.1 NTU nella St. 6.

La clorofilla *a* ha continuato a non mostrare variazioni, i valori sono risultati sempre bassi e mai superiori a 1.6 mg/mc. Le concentrazioni di ossigeno non sono mai scese sotto il 70%.



<b>PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011</b>		<b>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</b>
--	---	---------------------------------------

Le concentrazioni dei nutrienti (fosforo e forme ammoniacali) non hanno mostrato variazioni rispetto ai risultati dei precedenti campionamenti.

I valori del fosforo e delle tre forme dell'azoto sono state confrontate con i valori soglia indicati dalla letteratura (Smith et al., 1999) e con le curve di probabilità di Vollenweider (OECD, 1982) per la valutazione delle condizioni di eutrofizzazione delle acque (tab. 3.4).

STAZIONE 6		
Parametro	Risultato	U.M.
Azoto Ammoniacale	<0.004	mg/l
Azoto Nitroso	<0.0012	mg/l
Azoto Nitrico	0.016	mg/l
Solidi sospesi totali	23.60	mg/l
Ortofosfato	<0.003	mg/l
Fosforo totale	<0.003	mg/l
Fluoruri	0.67	mg/l
Solfati	2962	µg/l
Cd	<0.7	µg/l
Co	<1.4	µg/l
Cr tot.	<1.2	µg/l
Cu	<1.4	µg/l
Fe	164	µg/l
Mn	<1	µg/l
Ni	8.6	µg/l
Pb	<0.5	µg/l
V	<2.7	µg/l
Zn	<5.5	µg/l
Somma IPA	<0.001	µg/l
Idrocarburi totali	<4.3	µg/l
PCB	<0.005	µg/l

Tab. 3.4 – risultati analisi acque st. 6

STAZIONE 7		
Parametro	Risultato	U.M.
Azoto Ammoniacale	<0.004	mg/l
Azoto Nitroso	<0.0012	mg/l
Azoto Nitrico	0.018	mg/l
Solidi sospesi totali	26.48	mg/l
Ortofosfato	<0.003	mg/l
Fosforo totale	<0.003	mg/l
Fluoruri	0.83	mg/l
Solfati	2887	mg/l
Cd	<0.7	µg/l
Co	<1.4	µg/l
Cr tot.	<1.2	µg/l
Cu	<1.4	µg/l
Fe	189	µg/l
Mn	<1	µg/l
Ni	9.3	µg/l
Pb	<0.5	µg/l
V	<2.7	µg/l
Zn	<5.5	µg/l
Somma IPA	<0.001	µg/l
Idrocarburi totali	<4.3	µg/l
PCB	<0.005	µg/l

Tab. 3.5 – risultati analisi acque st. 7

STAZIONE 11		
Parametro	Risultato	U.M.
Azoto Ammoniacale	<0.004	mg/l
Azoto Nitroso	<0.0012	mg/l
Azoto Nitrico	0.015	mg/l
Solidi sospesi totali	27.56	mg/l
Ortofosfato	<0.003	mg/l
Fosforo totale	<0.003	mg/l
Fluoruri	1.21	mg/l
Solfati	2902	mg/l
Cd	<0.7	µg/l
Co	<1.4	µg/l
Cr tot.	<1.2	µg/l
Cu	<1.4	µg/l
Fe	193	µg/l
Mn	<1	µg/l
Ni	9.63	µg/l
Pb	<0.5	µg/l
V	<2.7	µg/l
Zn	3.64	µg/l
Somma IPA	<0.001	µg/l
Idrocarburi totali	<4.3	µg/l
PCB	<0.005	µg/l

**Tab. 3.6 – risultati analisi acque st. 11**

Le concentrazioni degli ortofosfati sono risultate, in tutte le stazioni, al di sotto dei 3 mg/m<sup>3</sup> stabiliti da Smith, confermate dalle curve di probabilità di Vollenweider. Anche l'azoto totale (come somma delle 3 forme) è risultato sempre molto al di sotto del valore soglia dell'oligotrofia di 260 mg/m<sup>3</sup>.

La clorofilla *a* ha mostrato concentrazioni inferiori ai limiti dell'oligotrofia in superficie e tendenti alla mesotrofia più in profondità in tutte le stazioni.

Le basse concentrazioni di nutrienti fanno escludere la possibilità di fenomeni eutrofici, e la torbidità rende le condizioni ambientali poco adatte allo sviluppo algale (fitoplancton e macroalghe).

Trophic state		TN (mg m-3)	TP (mg m-3)	chl a (mg m-3)	SD (mg m-3)
<b>Lake</b>	Oligotrophic	<350	<10	<3.5	>4
	Mesotrophic	350-650	10-30	3.5-9	2-4
	Eutrophic	650-1200	30-100	9-25	1-2
	Hypertrophic	>1200	>100	>25	<1
<b>Stream</b>	Oligotrophic	<700	<25	<10	<20
	Mesotrophic	700-1500	25-70	10-30	20-70
	Eutrophic	>1500	>75	>30	>70
<b>Coastal Marin water</b>				<b>chl a (mg m-3)</b>	<b>SD (mg m-3)</b>
	Oligotrophic	<260	<10	<1	>6
	Mesotrophic	260-350	10-30	1-3	3-6
	Eutrophic	350-400	30-40	3-5	1.5-3
	Hypertrophic	>400	>40	>5	<1.5

Tabella 3.7 – Valori utilizzati per valutare lo stato trofico dei laghi (Nurnberg, 1996), dei fiumi (Dodds et al, 1998) e delle acque costiere (Hakanson, 1994) - N: total nitrogen, TP: total phosphorus, TIN: total inorganic nitrogen, Chl a: chlorophyll a, SD: Secchi disk transparency.

### 3.1.3 *Materiali e metodi monitoraggio sedimenti marini*

Sono stati effettuati i campionamenti dei sedimenti superficiali con benna Vann Veen gestita sul fondo da sommozzatore.

Il monitoraggio ha previsto le seguenti due fasi:

- prelievo dei campioni;
- analisi chimica in laboratorio.

Nei sedimenti - seguendo i riferimenti normativi del "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini ICRAM-APAT" - sono stati analizzati i parametri elencati di seguito con le relative metodiche :

As	mg/kg	EPA 6010C
Cd	mg/kg	EPA 6010C
Cr totale	mg/kg	EPA 6010C
Pb	mg/kg	EPA 6010C
Ni	mg/kg	EPA 6010C
Cu	mg/kg	EPA 6010C
V	mg/kg	EPA 6010C
Zn	mg/kg	EPA 6010C
PCB	mg/kg	UNI-EN 12766/1-2
IPA	mg/kg	I-132
Idrocarburi leggeri	mg/kg	I-181
Idrocarburi totali		I-182
PCB	mg/kg	UNI-EN 12766/1-2
PCDD+PCDF	mg/kg	EPA 1613 (1994)

Tab. 3.8 - Parametri e metodiche analizzati nei sedimenti marini

ST 6	mg/kg	Livello Chimico Limite (LCL) Manuale per la movimentazione di sedimenti marini ISPRA-APAT (mg/kg)
As	15	32
Cd	0.4	0.8
Cr totale	37	360
Pb	21.6	70
Ni	18	75
Cu	30.7	52
V	65.3	-
Zn	102	170
SOMMA IPA	<1.43	4
Idroc leggeri <C12	<0.25	-
Idroc pesanti >C12	7.1	-
PCB	<0.1	189
PCDD+PCDF	0	-

Tab. 3.9 – risultati analisi sedimenti marini st.6

ST 07	mg/kg	Livello Chimico Limite (LCL) Manuale per la movimentazione di sedimenti marini ISPRA-APAT (mg/kg)
As	21	32
Cd	0.5	0.8
Cr totale	41.6	360
Pb	33.05	70
Ni	25	75
Cu	46.3	52
V	76.3	-
Zn	118	170
SOMMA IPA	<1.43	4
Idroc leggeri <C12	<0.25	-
Idroc pesanti >C12	7.6	-
PCB	<0.1	189
PCDD+PCDF	0	-

Tab. 3.10 – risultati analisi sedimenti marini st.7

ST 11	mg/kg	Livello Chimico Limite (LCL) Manuale per la movimentazione di sedimenti marini ISPRA-APAT (mg/kg)
As	17.06	32
Cd	0.5	0.8
Cr totale	30.8	360
Pb	33.7	70
Ni	18.1	75
Cu	37.6	52
V	57.7	-
Zn	105.7	170
SOMMA IPA	<1.43	4
Idroc leggeri <C12	<0.25	-
Idroc pesanti >C12	17.2	-
PCB	<0.1	189
PCDD+PCDF	0	-

**Tab. 3.11 – risultati analisi sedimenti marini st.11**

### **3.1.4 Materiali e metodi monitoraggio sedimenti risospesi**

Nel mese di novembre sono stati misurati anche i sedimenti risospesi nella colonna d'acqua. Sono stati posizionati sul fondo del mare dei deposimetri, dopo un mese il materiale raccolto è stato analizzato.

Il monitoraggio ha previsto le seguenti due fasi:

- prelievo dei campioni;
- analisi chimica in laboratorio.

Sono stati analizzati i parametri elencati di seguito con le relative metodiche:

<b>PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011</b>	 <b>SARTEC</b> <small>SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</small>	<b>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</b>
--	--	---------------------------------------

As	mg/kg	EPA 6010C
Cd	mg/kg	EPA 6010C
Cr totale	mg/kg	EPA 6010C
Pb	mg/kg	EPA 6010C
Ni	mg/kg	EPA 6010C
Cu	mg/kg	EPA 6010C
V	mg/kg	EPA 6010C
Zn	mg/kg	EPA 6010C
PCB	mg/kg	UNI-EN 12766/1-2
IPA	mg/kg	I-132

Tab. 3.12 – Parametri e metodiche analizzati nei sedimenti risospesi

I deposimetri hanno raccolto le particelle in sospensione e ri-sedimentate nell'arco di un mese, tempo necessario per raccogliere abbastanza materiale per poter eseguire le analisi sulla qualità in laboratorio.

Lo strumento posizionato nella St. 6 non è stato ritrovato al momento del recupero.

I risultati sono stati confrontati con le analisi dei sedimenti marini, non sono stati rilevati superamenti ad eccezione del Cd nella St. 7 che ha fatto registrare un valore pari a 1.25 mg/kg.

ST 07	mg/kg
As	<1.46
Cd	1.25
Cr totale	38.8
Pb	23.9
Ni	18.6
Cu	37.5
V	52.2
Zn	80.2
SOMMA IPA	<1.43

Tab. 3.13 – risultati analisi sedimenti risospesi nella colonna d'acqua nella st.7



<b>PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011</b>		<b>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</b>
--	---	---------------------------------------

ST 11	mg/kg
As	<1.46
Cd	<0.16
Cr totale	40.8
Pb	22.6
Ni	18.6
Cu	39.5
V	54.4
Zn	85.23
SOMMA IPA	<1.43

Tab. 3.14 – risultati analisi sedimenti risospesi nella colonna d’acqua nella st.11

PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011		<b>AUTORITÀ PORTUALE          CAGLIARI</b>
---	---	--

## 4. ATTIVITÀ MONITORAGGIO BIOCENOSI

Di seguito si riportano i risultati del monitoraggio sulla comunità dei foraminiferi nei sedimenti marini.

### 4.1 MONITORAGGIO FORAMINIFERI BENTONICI NEI SEDIMENTI MARINI

#### 4.1.1 *Materiali e metodi monitoraggio foraminiferi sedimenti*

Di seguito si commentano i risultati ottenuti sulla base dell'analisi delle associazioni a foraminiferi bentonici, ricavati da n° 3 campioni denominati rispettivamente PC6, PC7 e PC11 (corrispondenti rispettivamente alle stazioni di monitoraggio acque St.1, St.2, St.3), prelevati a mezzo benna Van Veen il 17/11/2010 nell'area del Porto Canale di Cagliari.

I campioni al momento del prelievo sono stati colorati con il Rosa Bengala, per evidenziare l'eventuale presenza di protoplasma nei gusci dei Foraminiferi presenti. Tale metodica permette di distinguere le forme viventi al momento della campionatura (biocenosi) da quelle già morte (tanatocenosi).

In laboratorio ogni campione è stato asciugato e pesato a secco e da ogni campione sono stati prelevati circa 100 g di sedimento secco per il trattamento in laboratorio. Successivamente ogni campione è stato sottoposto a lavaggio e separato mediante 6 setacci calibrati di dimensioni rispettivamente di 500 µm, 250 µm, 180 µm, 125 µm, 90 µm e 53 µm.

Sulle frazioni ottenute da ogni campione è stato applicato il metodo della quartatura, consistente nella suddivisione del residuo in parti minori, che però conservano in modo proporzionale le componenti microfaunistiche (foraminiferi bentonici), necessarie per il conteggio statistico. Tale metodo viene comunemente utilizzato in questo tipo di analisi in quanto permette di conservare e analizzare in toto la biodiversità.

Ogni parte splitata di ciascun campione è stata osservata e analizzata al microscopio ottico binoculare, per il riconoscimento tassonomico delle specie dei foraminiferi presenti.

Descrizione delle associazioni a Foraminiferi.

Rispetto ai risultati dei precedenti campionamenti (2° e 3°) effettuati rispettivamente in data 30/03/2010 e 23/06/2010, si evidenzia un'apprezzabile ripresa della biocenosi (esemplari vivi).

In Tab. 4.1 si può osservare come i valori della densità faunistica (numero di esemplari per 1 grammo di sedimento secco) si presentino nella più recente campionatura (17.11.2010) superiori rispetto ai precedenti 2° (30.03.2010) e 3° (23.06.2010).

### Densità Faunistica

	PC6	PC7	PC11
21/11/2009	18,16	25,78	19,94
30/03/2010	0,38	0,20	0,43
23/06/2010	0,75	0,45	2,70
17/11/2010	5,83	11,26	6,77

**Tab. 4.1 – Valori di densità faunistica della biocenosi nel corso delle 4 campagne di campionamento**

Nonostante questa ripresa della comunità vivente a foraminiferi bentonici, il numero di esemplari colorati per campione risulta ancora troppo basso (<300) per poter effettuare una significativa analisi statistica: per questo motivo è stato calcolato il n° totale degli esemplari ed comprendendo anche l'analisi della tanatocenosi.

La tanatocenosi (associazioni di esemplari non viventi) risulta invece ben diversificata e ricca e non presenta importanti variazioni rispetto ai campioni delle precedenti campagne per cui si può ipotizzare che la loro presenza sia anteriore all'inizio dei lavori.

In totale sono state riconosciute e determinate 42 specie, appartenenti a 25 generi (Tab. 4.2). Il 59% delle specie presenta un guscio ialino, il 36% un guscio porcellanaceo e il 5% un guscio arenaceo (Fig. 4.1).

L'abbondanza relativa delle singole specie varia da stazione a stazione, con 9 specie che mostrano un'abbondanza superiore al 3% in almeno un campione (Tab. 1). L'associazione è dominata da *Ammonia tepida* (36%), *Quinqueloculina stelligera* (9%), *Rosalina floridana* (9%), *Haynesina germanica* (8%), *Quinqueloculina laevigata* (5%), *Bolivina spathulata* (4%), *Quinqueloculina seminula* (4%), *Asterigerinata mamilla* (3%) e *Elphidium oceanensis* (3%) (Fig. 4.2).

Questi valori corrispondono a quanto riportato in letteratura su l'area lagunare di S. Gilla in prossimità della bocca (ved. Frontalini et al., 2009). Gli indici biotici non mostrano una elevata variabilità da campione a campione (Tab. 4.3).

In particolare, S (diversità specifica) varia da 23 (PC6) a 31 (PC7/PC11). Il campione PC7 presenta il valore più alto per la Densità Faunistica (1600), mentre la media nell'area di studio è di 1227.

<b>PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011</b>	 <b>SARTEC</b> <small>SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</small>	<b>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</b>
--	--	---------------------------------------

L'indice di Shannon–Weaver oscilla tra 2.11 (PC6) e 2.66 (PC11), Equitability (J) tra 0.67 (PC6) e 0.77 (PC11), Dominance (D) tra 0.11 (PC11) e 0.22 (PC6), Evenness tra 0.36 (PC6) e 0.46 (PC11), infine Simpson (1-D) tra 0.78 (PC6) e 0.89 (PC11).

L'indice di Fisher a presenta un range di variabilità compreso tra 5.71 (PC6) e 9.28 (PC11), con un valore medio di 7.93.

	PC6	PC7	PC11	%PC6	%PC7	%PC11
<i>Adelosina carinata-striata</i>	3	1	0	0,95	0,32	0,00
<i>Adelosina cliarensis</i>	3	0	3	0,95	0,00	0,95
<i>Ammonia tepida</i>	137	91	77	43,49	35,97	26,74
<i>Asterigerinata mamilla</i>	7	6	13	2,22	2,37	4,51
<i>Bolivina spathulata</i>	12	5	15	3,81	1,98	5,21
<i>Bolivina striatula</i>	4	0	4	1,27	0,00	1,39
<i>Bolivina variabilis</i>	1	1	2	0,32	0,40	0,69
<i>Bulimina elongata</i>	0	0	3	0,00	0,00	1,04
<i>Cornuspira involvens</i>	0	2	0	0,00	0,79	0,00
<i>Cycloforina sp.</i>	0	0	1	0,00	0,00	0,35
<i>Cycloforina villafranchiana</i>	0	0	1	0,00	0,00	0,35
<i>Eggerella scabra</i>	1	2	0	0,32	0,79	0,00
<i>Elphidium aculeatum</i>	0	1	0	0,00	0,40	0,00
<i>Elphidium granosum</i>	0	0	3	0,00	0,00	1,04
<i>Elphidium jenseni</i>	0	6	17	0,00	2,37	5,90
<i>Elphidium macellum</i>	3	1	3	0,95	0,40	1,04
<i>Elphidium oceanensis</i>	9	10	8	2,86	3,95	2,78
<i>Elphidium sp.</i>	1	0	0	0,32	0,00	0,00
<i>Fissurina lucida</i>	0	2	2	0,00	0,79	0,69
<i>Fursenkoina punctata</i>	0	1	2	0,00	0,40	0,69
<i>Haynesina germanica</i>	36	19	15	11,43	7,51	5,21
<i>Lagena plumigera</i>	0	1	0	0,00	0,40	0,00
<i>Lobatula lobatula</i>	4	7	7	1,27	2,77	2,43
<i>Lenticulina gibba</i>	0	0	1	0,00	0,00	0,35
<i>Miliolinella subrotunda</i>	0	1	0	0,00	0,40	0,00
<i>Neoconorbina nitida</i>	3	1	4	0,95	0,40	1,39
<i>Nonionella turgida</i>	1	11	3	0,32	4,35	1,04
<i>Palliolatella orbignyana</i>	0	1	0	0,00	0,40	0,00
<i>Quinqueloculina juleana</i>	1	0	0	0,32	0,00	0,00
<i>Quinqueloculina laevigata</i>	16	11	16	5,08	4,35	5,56
<i>Quinqueloculina parvula</i>	0	2	0	0,00	0,79	0,00
<i>Quinqueloculina seminula</i>	10	13	12	3,17	5,14	4,17
<i>Quinqueloculina sp.</i>	0	2	1	0,00	0,79	0,35
<i>Quinqueloculina stelligera</i>	31	20	30	9,84	7,91	10,42
<i>Rosalina bradyi</i>	3	2	1	0,95	0,79	0,35
<i>Rosalina floridana</i>	23	18	34	7,30	7,11	11,81
<i>Rosalina globularis</i>	3	8	5	0,95	3,16	1,74
<i>Sigmoilimita costata</i>	0	1	1	0,00	0,40	0,35
<i>Siphonaperta aspera</i>	0	0	1	0,00	0,00	0,35
<i>Triloculina marioni</i>	3	4	0	0,95	1,58	0,00
<i>Triloculina schreiberiana</i>	0	0	2	0,00	0,00	0,69
<i>Uvigerina sp.</i>	0	2	1	0,00	0,79	0,35

Tab. 4.2 – Elenco delle specie rinvenute (tanatocenosi) nei campioni del Porto Canale, con il numero degli esemplari e loro relativa abbondanza.

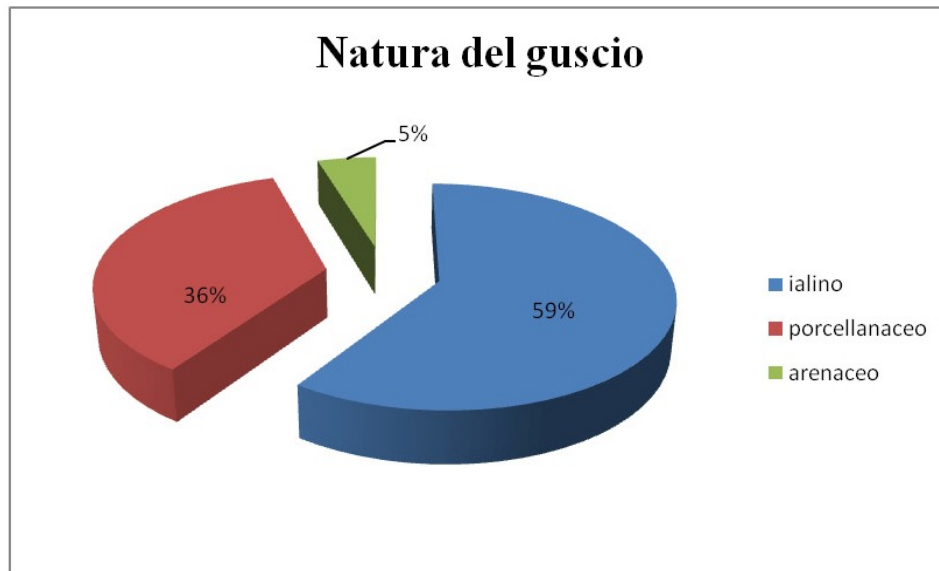


Fig. 4.1 - Diagramma mostrante la percentuale delle specie con guscio porcellanaceo, ialino e arenaceo, rinvenute nel Porto Canale.

Le anomalie morfologiche riscontrate sono attribuite a morfogenesi patologica. Il FAI (Foraminiferal Abnormality Index) presenta valori variabili da stazione a stazione, in particolare il valore più basso è relativo al campione PC6 (3.49) e quello più alto al campione PC11 (4.51), con una media di 3.85. L'FMI è compreso tra 12.90 (PC7) e 26.09 (PC6). Le specie che presentano il maggior numero di individui deformati sono *Ammonia tepida*, *Bolivina spathulata*, *Haynesina germanica* e *Elphidium oceanensis*.

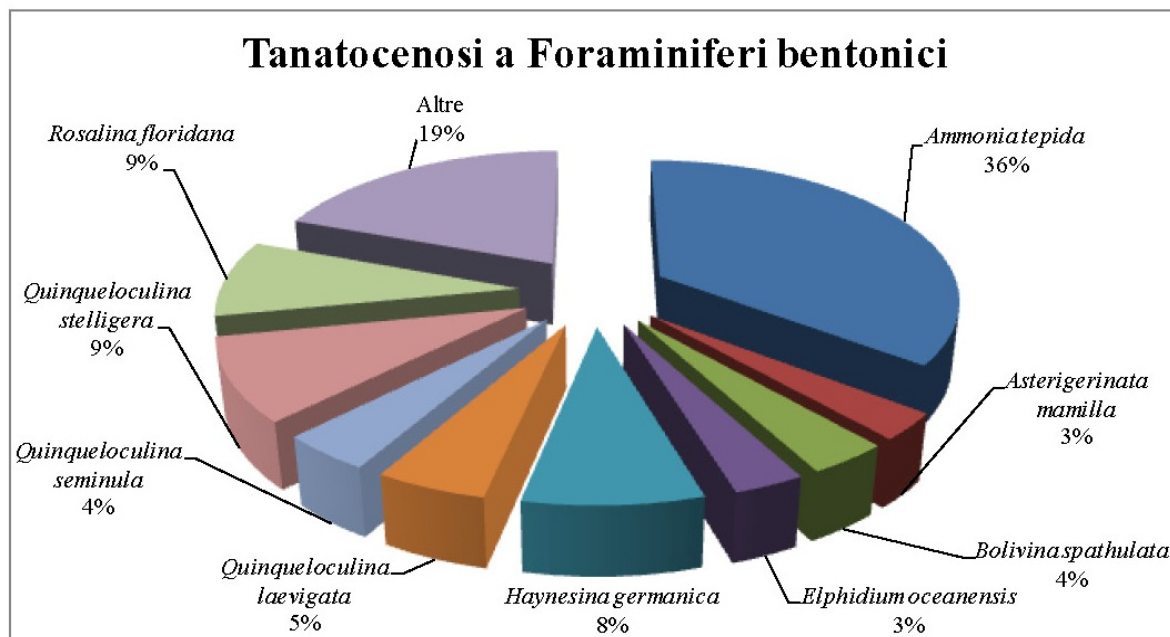


Fig. 4.2 – Specie dominanti (oltre 3%) la tanatocenosi a foraminiferi bentonici del Porto Canale

	PC6	PC7	PC11	MEAN
Diversità specifica tanatocenosi - S	23	31	31	28
N° esemplari	315	253	288	285
Dominance - D	0,22	0,16	0,11	0,17
Shannon - H	2,11	2,52	2,66	2,43
Simpson - 1-D	0,78	0,84	0,89	0,83
Evenness - e <sup>H/S</sup>	0,36	0,40	0,46	0,41
Menhinick	1,30	1,95	1,83	1,69
Margalef	3,82	5,42	5,30	4,85
Equitability - J	0,67	0,73	0,77	0,73
Fisher alpha	5,71	9,28	8,82	7,93
Berger-Parker	0,43	0,36	0,27	0,35
FAI	3,49	3,56	4,51	3,85
FMI	26,09	12,90	16,13	18,37
Densità faunistica tanatocenosi - DF	875	1205	1600	1227

Tab. 4.3 – Indici biotici relativi ai campioni analizzati

Sulla base delle analisi effettuate e dei dati ottenuti e confrontandoli con quelli delle precedenti campionature, si è osservato un'apprezzabile ripresa dell'associazione vivente (biocenosi) a foraminiferi bentonici.

Tuttavia, i valori relativi alla Densità Faunistica si presentano assai inferiori rispetto a quelli



<b>PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011</b>		<b>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</b>
--	---	---------------------------------------

registrati nel primo campionamento del 21/11/2009, effettuato prima dell'inizio dei lavori. Questa tendenza era già emersa dalle analisi relative al 3° campionamento del 23.06.2010 e potrebbe essere relazionata al graduale ristabilirsi delle condizioni ambientali, quali minore torbidità, e di conseguenza ad una tendenza verso la ripresa dell'associazione microfaunistica.

La tanatocenosi documenta condizioni marine normali di ambiente ossigenato e risulta invece sempre ben diversificata e ricca, ma costituita da individui con guscio di medio-piccole dimensioni; non vi sono sostanziali differenze rispetto ai dati delle precedenti campagne.

L'associazione risulta ancora dominata dalle specie spiraliformi, soprattutto *Ammonia tepida*, seguita da *Haynesina germanica* e *Rosalina floridana*. Tra i porcellanacei risultano abbondanti *Quinqueloculina stelligera*, *Q. laevigata* e *Q. seminula*, mentre le forme con guscio allungato sono rappresentate soprattutto dalle Bolivine.

I valori degli indici biotici indicano una leggera condizione di stress ambientale, in particolare i valori di Fisher a index e Shannon-Weaver risultano leggermente inferiori rispetto ai precedenti campioni analizzati (tanatocenosi del 23/06/2010), con valori medi rispettivamente di 7,93 e 2,43.

Invece, i due indici di anormalità FAI e FMI mostrano ancora valori >1%; secondo Alve (1991) questo è il valore limite di gusci anormali in un'associazione di ambiente non inquinato. Le anormalità riscontrate sono da attribuire a morfogenesi patologica piuttosto che a danno meccanico derivante ad esempio da trasporto, forti correnti, etc..

In conclusione, allo stato attuale, l'analisi dell'associazione a foraminiferi bentonici nell'area indagata denota la tendenza ad un ristabilimento dell'ambiente deposizionale successivo ad una fase di deterioramento (torbidità che comporta carenza di O<sub>2</sub> e diminuzione della microflora a causa della scarsa penetrazione in acqua dei raggi solari). Tuttavia l'associazione rinvenuta è ancora indicativa di condizioni anormali di stress ambientale, ma cominciano a delinearsi in modo più significativo i primi segnali di ripresa, già lievemente evidenziati nel precedente campionamento (23.06.2010).

Confrontando i valori tra la 3a e la 4a campionatura emerge una ripresa più marcata dopo 12 mesi dall'inizio dei lavori. Ulteriori campionature nelle stesse stazioni potrebbero confermare il perdurare di tale trend positivo e fornire indicazioni sullo stato di salute dei fondali in relazione all'attività cantieristica.

PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI  
BANCHINAMENTO DEL PORTO  
CANALE  
-VI SAL-  
Novembre 2010-Gennaio 2011



AUTORITÀ PORTUALE  
CAGLIARI



PIANO MONITORAGGIO LAVORI DI BANCHINAMENTO DEL PORTO CANALE -VI SAL- Novembre 2010-Gennaio 2011		<b>AUTORITÀ PORTUALE          CAGLIARI</b>
---	---	--

## 5. CONCLUSIONI

Nel periodo analizzato le concentrazioni delle polveri totali sono risultate sempre inferiori al limite di rilevabilità e dunque molto al di sotto del valore limite soglia di 3000 µg/m<sup>3</sup> individuato dall'ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists).

Le deposizioni umide e secche non hanno mostrato grandi variazioni rispetto ai campionamenti precedente e con valori abbastanza in linea con quelli già rilevati.

Il monitoraggio della qualità dell'aria con il laboratorio mobile ha consentito di misurare le concentrazioni di PM10, CO, SO2, NO2, Benzene, Toluene e Xilene. È stato rilevato un unico superamento per i PM10 nel mese di dicembre. Il rilevamento della qualità dell'aria nei giorni in cui il cantiere era chiuso non ha evidenziato rilevanti differenze con i valori registrati durante le attività.

I risultati del monitoraggio della qualità dell'acqua sono risultati in linea con quelli precedenti, la torbidità ha mostrato un lieve miglioramento, i valori dei nutrienti e della clorofilla *a* sono risultati sempre piuttosto bassi.

I risultati dei controlli sui foraminiferi hanno evidenziato un'apprezzabile ripresa delle biocenosi.