

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| <p>SAL Piano Monitoraggio Lavori banchinamento Porto Canale</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|--|--|---------------------------------------|

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

**II TRIMESTRE
NOVEMBRE 2009 – GENNAIO 2010**

| | | |
|--|--|--|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|--|--|--|

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|---|--|---------------------------------------|

Gruppo di lavoro

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Prof. Antonio Viola

RESPONSABILE SEZIONE INGEGNERIA AMBIENTALE

Ing. Davide Carta

RESPONSABILE SEZIONE ANALITICA

Dott. Edoardo Suardi

COORDINAMENTO ATTIVITA'

Dr. Felicina Trebini

ATTIVITA'

Felicina Trebini

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|---|--|---------------------------------------|

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | ATTIVITÀ MONITORAGGIO PORTO CANALE | 5 |
| 1.1 | Obiettivi..... | 5 |
| 2. | ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELL'ARIA | 7 |
| 2.1 | ATTIVITÀ MONITORAGGIO POLVERI TOTALI | 8 |
| 2.1.1 | Materiali e metodi monitoraggio polveri totali | 8 |
| 2.2 | ATTIVITÀ MONITORAGGIO DEPOSIZIONI AL SUOLO | 12 |
| 2.2.1 | Materiali e metodi monitoraggio deposizioni atmosferiche..... | 12 |
| 3. | ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELLE ACQUE | 25 |
| 3.1 | PROFILI IDROLOGICI COLONNA D'ACQUA..... | 25 |
| 3.1.1 | Materiali e metodi monitoraggio profili idrologici acqua | 25 |
| 3.1.2 | Risultati monitoraggio profili idrologici acqua | 26 |
| 4. | ATTIVITÀ MONITORAGGIO BIOCENOSI | 30 |
| 4.1 | MONITORAGGIO FORAMINIFERI NEI SEDIMENTI MARINI..... | 30 |
| 5. | CONCLUSIONI | 37 |

| | | |
|--|--|--|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|--|--|--|

1. ATTIVITÀ MONITORAGGIO PORTO CANALE

1.1 Obiettivi

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;
- monitoraggio qualità delle acque:
 - ✓ analisi delle acque
 - ✓ misure di torbidità;
 - ✓ analisi sedimenti;
 - ✓ analisi biologica delle biocenosi.

Tali attività sono finalizzate al controllo:

- delle concentrazioni di inquinanti e delle polveri generati durante la fase di costruzione e utilizzazione della banchina;
- delle concentrazioni di inquinanti, dei solidi sospesi nelle acque marine generati dalle attività di costruzione e utilizzazione della banchina;
- delle alterazioni alle biocenosi.

Nel II semestre, in funzione di quanto previsto dall'offerta tecnica per la fase operativa (F.O.) del monitoraggio qualità dell'aria e per la fase Ante Operam (A.O.) per il monitoraggio delle acque e dei sedimenti, sono state svolte le seguenti attività:

- determinazione polveri totali per mezzo di strumentazione portatile con misura di tipo gravimetrico;
- determinazione deposizioni atmosferiche per mezzo di deposimetri;
- monitoraggio profili idrologici acque;
- analisi comunità foraminiferi.

| | | |
|--|--|--|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|--|--|--|

Essendo ancora in fase Ante Operam, non sono state eseguite le analisi integrali delle acque avendo già effettuato le analisi complete, come bianco, nel I° trimestre.

Sono stati tuttavia monitorati i profili idrologici in concomitanza con il campionamento delle comunità dei foraminiferi a novembre.

È stato ritenuto utile aggiungere anche questo ulteriore monitoraggio, pur non essendo previsto nel piano delle attività, per arricchire ulteriormente i dati a disposizione al fine di poter avere maggiori informazioni per una più completa valutazione di eventuali impatti sull'ambiente.

Infatti i foraminiferi sono degli ottimi indicatori di fenomeni di inquinamento e la letteratura recente gli riconosce un ruolo sempre più importante nella valutazione della qualità ambientale degli ecosistemi marini. In allegato sono riportate alcune delle pubblicazioni scientifiche internazionali sui foraminiferi (Allegati 1-2).

2. ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELL'ARIA

Nel II secondo trimestre, secondo quanto previsto dal P.M., sono proseguiti i monitoraggi delle polveri totali per la Fase Operativa e sono state eseguite le misurazioni delle deposizioni al suolo nelle quattro stazioni individuate: tre all'interno del cantiere e una posta in prossimità della zona umida del complesso lagunare di Santa Gilla (vedi fig. 2.1).

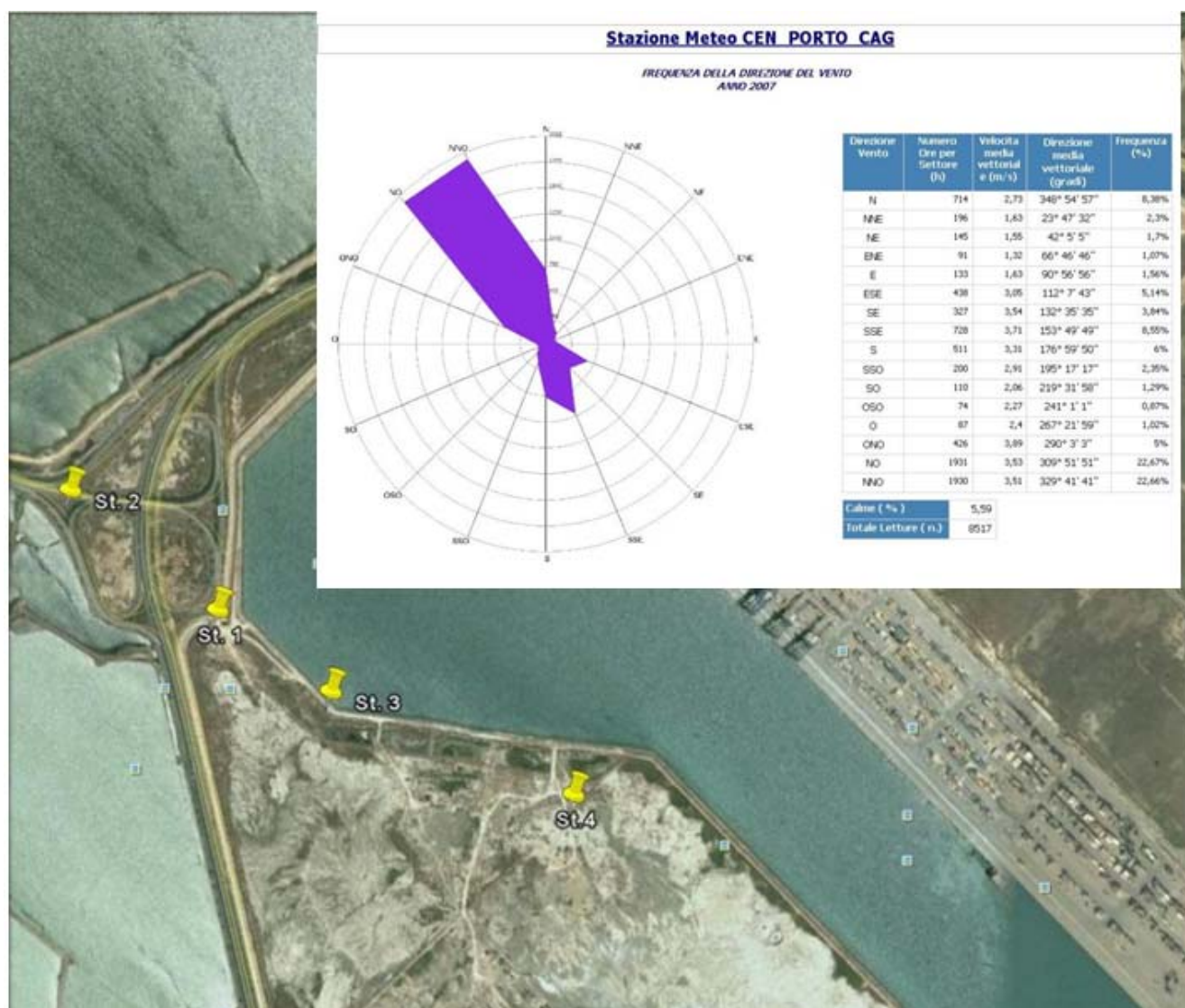


Fig. 2.1 - ubicazione stazioni monitoraggio aria con rosa dei venti.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|---|--|---------------------------------------|

2.1 ATTIVITÀ MONITORAGGIO POLVERI TOTALI

2.1.1 *Materiali e metodi monitoraggio polveri totali*

Per la determinazione delle polveri totali con strumentazione portatile è stato utilizzato il metodo NIOSH 0500. Le misurazioni sono state effettuate con gli strumenti Universal Pump Model 224-PCXR8 (campionatore elettronico con controllo automatico del flusso) della SKC Instruments Inc. in grado di individuare le polveri totali sospese (TSP). 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 materiale particolato è stato determinato attraverso la filtrazione dell'aria con conseguente raccolta del particolato in sospensione.

Nelle quattro stazioni prescelte sono state posizionate le pompe e lasciate in funzione durante il tempo di attività del cantiere. Ogni mese per cinque giorni sono stati posizionati gli strumenti nelle 4 stazioni durante le ore di lavoro del cantiere.

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 le operazioni 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.

Durante tutto il II trimestre solo nel mese di gennaio non è stato possibile eseguire tutti i campionamenti programmati a causa del continuo maltempo, in quanto le piogge ininterrotte hanno reso inattendibili i risultati.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|---|--|---------------------------------------|

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 sarà caratterizzata da polverosità di intensità non costante, dipendente dal numero e dal tipo di macchinari e attrezzature in uso.

Di seguito si commentano i risultati registrati nel II trimestre.

Dalla tabella 2.1 si osserva come i valori più elevati siano stati registrati nel campionamento di novembre con un valore massimo di 1112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (postazione 3) e di 1166 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (postazione 1); nel campionamento di dicembre con 973.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione 2 e 249 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione 3.

Dalla seconda metà di dicembre in poi le concentrazioni non hanno più raggiunto picchi così alti e il valore massimo è stato registrato nella stazione 2 (53.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nel complesso è stato osservato un modesto incremento nei valori delle concentrazioni rispetto al primo trimestre.

I risultati relativi al secondo trimestre hanno mostrato valori sempre ben 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.

Inoltre se si confrontano i risultati con i risultati dei bianchi - ovvero dei monitoraggi effettuati a cantiere fermo - non si notano differenze significative.

Questo è dovuto sicuramente all'efficacia delle opere di mitigazione poste in essere nel cantiere durante le attività. Infatti per il contenimento dei potenziali impatti sono state poste in essere tutte quelle misure mitigative previste dallo Studio di Impatto Ambientale:

- 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 valori più alti registrati con i campionamenti a cantiere chiuso (bianchi) sono stati rilevati nella stazione esterna al cantiere (st.2). Poiché la stazione 2 ha fatto registrare valori elevati e superiori alle altre stazioni sia con le attività in esercizio sia con il cantiere chiuso è evidente che tali concentrazioni superiori non sono attribuibili alle attività di cantiere. In conclusione per le polveri totali non sono state rilevati impatti di alcun tipo per l'ambiente e per le persone.

| | Conc. polveri tot. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | |
|-------|---|-------|-------|-------|
| | St.1 | St.2 | St.3 | St.4 |
| Blank | 1.06 | 1.08 | 1.07 | 1.07 |
| Blank | 6.28 | 39.95 | 21.94 | 21.74 |
| Blank | 13.91 | 56.39 | 12.79 | 54.78 |

Tab 2.1 – concentrazioni polveri monitoraggio Ante Operam

| | Conc. polveri tot. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | |
|------------|---|-------|-------|-------|
| | St.1 | St.2 | St.3 | St.4 |
| 16/11/2009 | 43.8 | 10.9 | 28.6 | 8.9 |
| 17/11/2009 | 34.2 | 22.0 | 1112 | 29.8 |
| 18/11/2009 | 73.6 | 36.7 | 68.9 | 127.3 |
| 19/11/2009 | 22.6 | 25.9 | 12.4 | 20.5 |
| 20/11/2009 | 1166 | 37.7 | 1.1 | 10.9 |
| 11/12/2009 | 10.75 | 10.6 | 22.6 | 10.7 |
| 14/12/2009 | 128.9 | 973.3 | 249.5 | 52.1 |
| 18/12/2009 | 26.8 | 42.8 | 22.2 | 22.3 |
| 21/12/2009 | 35.9 | 35.6 | 23.9 | 24.1 |
| 22/12/2009 | 31.1 | 23.7 | 35.9 | 24.1 |
| 28/01/2010 | 37.3 | 53.6 | 44.8 | 61.3 |
| 29/01/2010 | 11.8 | 24.5 | 9.5 | 23.9 |

Tab. 2.2 – Concentrazioni polveri monitoraggio secondo trimestre Fase Operativa

| | | |
|--|--|--|
| <p>SAL Piano Monitoraggio Lavori banchinamento Porto Canale</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|--|--|--|

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.

Dunque questi appositi strumenti hanno 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*

La raccolta dell'acqua piovana, eseguita con specifici criteri, e con essa del particolato, sia esso di origine antropica, che di origine naturale (si pensi alle piogge "rosse" causate dal trasporto eolico di sabbie provenienti dal Nord Africa), costituiscono le basi del cosiddetto *monitoraggio delle deposizioni atmosferiche*.

| | | |
|--|--|--|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|--|--|--|

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 (metalli significativi per la salute);
3. le quantità di metalli presenti nel particolato raccolto;
4. le quantità totali di sali (somma dei parametri precedentemente descritti).

Sono state registrate mensilmente le ricadute al suolo nell'area del cantiere del Porto Canale e nella zona limitrofa da novembre 2009 a gennaio 2010.

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

La collocazione dei deposimetri ha tenuto conto ovviamente delle esigenze di rappresentatività dei campioni all'interno del cantiere, anche se va comunque considerata la particolare posizione del Porto Canale – limitrofo ad un aeroporto, ad una strada statale, ad un porto, ad una zona industriale e al mare – che comunque può rendere di difficile interpretazione i dati ottenuti.

Le maggiori concentrazioni delle sostanze saline in soluzione sono state registrate nei mesi di dicembre 2009 e a gennaio 2010 (rispettivamente 32325 kg/km²/mese e 11943 kg/km²/mese) entrambe nella stazione 4. La stazione 4 ha sicuramente risentito dell'aerosol marino, infatti è quella più vicina al mare e le sostanze marine in soluzione hanno mostrato elevati valori di NaCl (uno dei principali costituenti dell'aerosol marino).

In questi due mesi, inoltre, è stato anche registrato un notevole volume di precipitazioni, in particolare a gennaio 2010 sono stati raccolti, come media, 6.7 litri di acqua per stazione.

Le elevate precipitazioni hanno influenzato i risultati aumentando le concentrazioni delle sostanze presenti nelle deposizioni raccolte nell'arco di un intero mese.

Infatti anche per i metalli in soluzione i mesi in cui sono stati osservati i valori più elevati di deposizioni sono stati quelli più piovosi: dicembre 2009 con 500 kg/km²/mese (stazione 3) e gennaio 2010 con 177 kg/km²/mese (stazione 4), mentre le concentrazioni più basse sono state osservate nel mese di novembre 2009 nelle stazioni 1 e 2 (2.13 e 1.29 kg/km²/mese rispettivamente).

| | | |
|--|--|--|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|--|--|--|

Le deposizioni dei metalli su filtro hanno oscillato tra 0.4 kg/km²/mese (St.2 e st. 4, novembre 2009) e 49 kg/km²/mese nella stazione 4 nel mese di dicembre 2009.

Dall'analisi dei risultati è emerso che i mesi di dicembre e gennaio sono stati quelli che hanno fatto registrare le concentrazioni maggiori.

I dati ottenuti evidenziano che le deposizioni umide e secche sono state influenzate sicuramente dalle condizioni meteorologiche e dalla variabilità dei complessi meccanismi che influenzano la dispersione atmosferica, rendendo difficile effettuare una correlazione diretta tra emissioni e concentrazioni.

Questo si evince anche dal confronto dei dati delle deposizioni con i risultati delle misure delle polveri totali che hanno fatto registrare i valori più alti nel mese di novembre mentre le deposizioni umide e secche sono risultate maggiori nei mesi di dicembre e gennaio 2010. Le sostanze saline in soluzione hanno, inoltre, mostrato una forte influenza dell'aerosol marino sul sistema.

| | | |
|---|---|--|
| SAL Piano Monitoraggio Lavori banchinamento Porto Canale Data: APRILE 2010 Rev 1 |  SARTEC <small>SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</small> | AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI |
|---|---|--|

**Campionamento mediante deposimetri
 Sostanze saline in soluzione**

| novembre- 09 | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|---------------|--------------------|-------------------------------|
| Stazioni | MgSO₄ | Ca | Sr | Ba | NaCl | KCl | Volume | mg assoluti | kg/km²/mese |
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | ml | | |
| St.1 | 9261 | 7652 | 28 | 1 | 27356 | 1086 | 1100 | 50 | 785 |
| St. 2 | 25770 | 22890 | 79 | 15 | 48362 | 5121 | 1700 | 174 | 2732 |
| St. 3 | 28121 | 38740 | 321 | 48 | 86131 | 6759 | 950 | 152 | 2391 |
| St. 4 | 19574 | 24065 | 139 | 17 | 47846 | 230 | 623 | 57 | 900 |

Tab. 2.2.4 – Sostanze saline in soluzione nelle quattro stazioni nel mese di novembre 2009

**Campionamento mediante deposimetri
Metalli in soluzione**

| novembre-09 | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|--------|-------------|--------------------------|
| Stazioni | Zn | Pb | Cd | Ni | V | Cu | Hg | Volume | mg assoluti | kg/km ² /mese |
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | ml | | |
| St.1 | 108.9 | <2.90 | 1.2 | 1.6 | 1.5 | 6.7 | <0.2 | 1100 | 0.135 | 2.13 |
| St. 2 | 32.7 | <2.90 | 1.2 | 1.6 | <1.50 | 8.2 | <0.2 | 1700 | 0.082 | 1.29 |
| St. 3 | 360.0 | <2.90 | 1.2 | 1.6 | 1.5 | 17.0 | <0.2 | 950 | 0.365 | 5.74 |
| St. 4 | 623.0 | <6.30 | 2.6 | 3.5 | 3.3 | 11.5 | <0.43 | 623 | 0.405 | 6.37 |

Tab. 2.2.5 – Metalli in soluzione nelle quattro stazioni nel mese di novembre 2009

**Campionamento mediante deposimetri
Metalli su filtro**

| novembre-09 | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------------------------|
| 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 | 7,615.0 | 13.2 | <5.5 | 7.3 | 6.8 | 103.5 | 0.9 | 1.3 |
| St. 2 | 1,565.0 | 10.1 | <4.2 | 56.6 | 110.0 | 94.4 | 0.7 | 0.4 |
| St. 3 | 4,460.0 | <0.6 | <0.2 | 38.5 | <54.9 | 51.7 | 0.04 | 18.1 |
| St. 4 | 3969.0 | <23.05 | 27.0 | 12.7 | 11.9 | 127.2 | <1.59 | 0.4 |

Tab. 2.2.6 – Metalli su filtro nelle quattro stazioni nel mese di novembre 2009

**Campionamento mediante deposimetri
Sostanze saline in soluzione**

| dicembre 2009 | | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|---------------|--------------------|-------------------------------|
| Stazioni | MgSO₄ | Ca | Sr | Ba | NaCl | KCl | Volume | mg assoluti | kg/km²/mese |
| | μg/l | μg/l | μg/l | μg/l | μg/l | μg/l | ml | | |
| St.1 | 53609 | 6285 | 65 | 20 | 204 | 6945 | 2800 | 188 | 3053 |
| St. 2 | 28670 | 7541 | 47 | 12 | 106 | 5146 | 2200 | 91 | 1484 |
| St. 3 | 53015 | 9601 | 92 | 10 | 19763 | 7315 | 5000 | 1338 | 21735 |
| St. 4 | 66520 | 20280 | 178 | 27 | 24434 | 8309 | 5860 | 1990 | 32325 |

Tab. 2.2.7 – Sostanze saline in soluzione nelle quattro stazioni nel mese di dicembre 2009

| | | |
|---|---|--|
| SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE Data: APRILE 2010 Rev 1 |  SARTEC <small>SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</small> | AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI |
|---|---|--|

**Campionamento mediante deposimetri
 Metalli in soluzione**

| dicembre 2009 | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------|--------------------|-------------------------------|
| 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 | 5352 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.30 | 2800 | 14.9 | 243 |
| St. 2 | 208 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.001 | 2200 | 0.45 | 7.4 |
| St. 3 | 6163 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.003 | 5000 | 30.81 | 500 |
| St. 4 | 2234 | <0.02 | <0.03 | <0.02 | <0.00 | 0.02 | 0.0003 | 5860 | 13.09 | 212 |

Tab. 2.2.8 – Metalli in soluzione nelle quattro stazioni nel mese di dicembre 2009

**Campionamento mediante deposimetri
Metalli su filtro**

| dicembre-09 | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------------------------|
| 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 | 19,097 | 101 | 2.3 | 33.1 | 62.1 | 78.8 | 6.8 | 15.7 |
| St. 2 | 975 | 103 | 4.4 | 37.1 | 81.8 | 77.8 | 7.9 | 0.9 |
| St. 3 | 10,125 | 29.7 | 1.1 | 19.9 | 50.1 | 28.8 | 0.0001 | 21.2 |
| St. 4 | 5,421 | 31 | 0.001 | 20.2 | 54.3 | 41.4 | 1.5 | 48.8 |

Tab. 2.2.9 – Metalli su filtro nelle quattro stazioni nel mese di dicembre 2009

**Campionamento mediante deposimetri
Sostanze saline in soluzione**

| gennaio-10 | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|---------------|--------------------|-------------------------------|
| Stazioni | MgSO₄ | Ca | Sr | Ba | NaCl | KCl | Volume | mg assoluti | kg/km²/mese |
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | ml | | |
| St.1 | 24636 | 1745 | 11 | 2 | 35789 | 1387 | 2700 | 172 | 2787 |
| St. 2 | 10855 | 1903 | 6 | 0.01 | 12720 | 519 | 8420 | 219 | 3556 |
| St. 3 | 46198 | 26310 | 455 | 0.01 | 25832 | 2070 | 5300 | 535 | 8682 |
| St. 4 | 30537 | 5926 | 28 | 0.01 | 32537 | 1546 | 10420 | 735 | 11943 |

Tab. 2.2.10 – Sostanze saline in soluzione nelle quattro stazioni nel mese di gennaio 2010

**Campionamento mediante deposimetri
Metalli in soluzione**

| gennaio-10 | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------|--------------------|-------------------------------|
| 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 | 5256 | 0.03 | 0.01 | 3.00 | 0.02 | 0.02 | 0.001 | 2700 | 14 | 231 |
| St. 2 | 169 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.001 | 8420 | 1 | 23 |
| St. 3 | 1875 | 0.03 | 0.01 | 2.00 | 0.02 | 0.02 | 0.001 | 5300 | 10 | 162 |
| St. 4 | 1045 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.001 | 10420 | 11 | 177 |

Tab. 2.2.11 - Metalli in soluzione nelle quattro stazioni nel mese di gennaio 2010

| | | |
|---|---|--|
| SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE Data: APRILE 2010 Rev 1 |  SARTEC <small>SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</small> | AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI |
|---|---|--|

**Campionamento mediante deposimetri
 Metalli su filtro**

| gennaio-10 | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-------------------------------|
| 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 | 53093 | 0 | 85 | 130 | 44 | 66 | 0.03 | 3 |
| St. 2 | 912 | 331 | 10 | 39 | 68 | 129 | 0.0001 | 1 |
| St. 3 | 7397 | 14 | 3 | 24 | 42 | 29 | 0.001 | 10 |
| St. 4 | 4883 | 22 | 3 | 15 | 33 | 34 | 0.001 | 8 |

Tab. 2.2.12 – Metalli su filtro nelle quattro stazioni nel mese gennaio 2010

Campionamento con deposimetri - Ricadute totali trimestre

| Nov-2009 | | |
|----------|---|--|
| Stazione | Ricaduta sostanze solubili kg/km ² /mese | Ricaduta Corpuscolato kg/km ² /mese |
| St.1 | 2213 | 173 |
| St. 2 | 4382 | 226 |
| St. 3 | 4076 | 3929 |
| St. 4 | 1405 | 99 |

Tab. 2.2.1 – Deposizioni totali nelle quattro stazioni nel mese di novembre 2009

| Dic-2009 | | |
|----------|---|--|
| Stazione | Ricaduta sostanze solubili kg/km ² /mese | Ricaduta Corpuscolato kg/km ² /mese |
| St.1 | 14551 | 812 |
| St. 2 | 5013 | 666 |
| St. 3 | 21518 | 2063 |
| St. 4 | 41493 | 8770 |

Tab. 2.2.2 – Deposizioni totali nelle quattro stazioni nel mese di dicembre 2009

| Gen-2010 | | |
|----------|---|--|
| Stazione | Ricaduta sostanze solubili kg/km ² /mese | Ricaduta Corpuscolato kg/km ² /mese |
| St.1 | 3245 | 57 |
| St. 2 | 3952 | 708 |
| St. 3 | 14392 | 1315 |
| St. 4 | 15873 | 1543 |

Tab. 2.2.3 – Deposizioni totali nelle quattro stazioni nel mese di gennaio 2010

3. ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELLE ACQUE

3.1 PROFILI IDROLOGICI COLONNA D'ACQUA

Di seguito si riportano i risultati dei profili idrologici rilevati nella colonna d'acqua nelle 3 stazioni (vedi fig. 3.1) in concomitanza con il monitoraggio dei foraminiferi bentonici per la fase Ante Operam (i cui risultati verranno esposti nel cap. 4).

3.1.1 *Materiali e metodi monitoraggio profili idrologici 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. Sono state individuate le seguenti stazioni :

- 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.



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

3.1.2 Risultati monitoraggio profili idrologici acqua

Sono stati osservati valori di torbidità piuttosto elevati, nonostante le attività di dragaggio in mare non fossero ancora iniziate. Tali valori potrebbero essere messi in correlazione con la circolazione navale all'interno dell'area indagata, la quale può infatti provocare rimescolamenti degli strati superficiali del sedimento. Inoltre i valori di torbidità sono risultati maggiori in questi mesi caratterizzati da intense e frequenti piogge. Non è stata rilevata correlazione tra i valori di torbidità e le concentrazioni di clorofilla *a* che sono risultate basse; questo consente di escludere concause dovute a presenza di elevate concentrazioni algali.



Fig. 3.1 - Canale circondariale ovest (in blu) della Laguna di Santa Gilla che collega le foci dei fiumi Fluminimannu e Cixerri al Porto Canale.

| stazione | data | ora | Profondità m | T° C | Sal psu | pH | O2 ppm | O2 % | Torbidità NTU | clor.a mg/mc |
|----------|------------|----------|-----------------|---------|------------|------|-----------|-------|------------------|-----------------|
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.38 | 0.53 | 17.87 | 37.66 | 8.24 | 5.45 | 71.98 | 9.31 | 1.2 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.39 | 0.61 | 17.87 | 37.66 | 8.24 | 5.44 | 71.85 | 9.58 | 1.21 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.40 | 0.89 | 17.87 | 37.66 | 8.24 | 5.46 | 72.13 | 9.69 | 1.24 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.42 | 0.99 | 17.87 | 37.66 | 8.24 | 5.48 | 72.3 | 9.44 | 1.3 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.43 | 1.52 | 17.87 | 37.66 | 8.24 | 5.5 | 72.62 | 9.38 | 1.41 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.44 | 2.14 | 17.86 | 37.66 | 8.24 | 5.53 | 72.99 | 9.24 | 1.58 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.45 | 2.76 | 17.86 | 37.66 | 8.24 | 5.56 | 73.45 | 9.18 | 1.71 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.46 | 3.39 | 17.86 | 37.67 | 8.24 | 5.6 | 73.96 | 9.17 | 1.78 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.47 | 4.04 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.62 | 74.18 | 9.21 | 1.65 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.48 | 4.72 | 17.85 | 37.67 | 8.24 | 5.63 | 74.37 | 9.06 | 1.52 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.50 | 5.25 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.65 | 74.58 | 9.18 | 1.45 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.51 | 5.74 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.66 | 74.71 | 9.31 | 1.43 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.52 | 6.32 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.67 | 74.91 | 9.1 | 1.43 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.53 | 6.99 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.68 | 75.01 | 8.91 | 1.43 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.54 | 7.78 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.69 | 75.14 | 9.08 | 1.48 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.55 | 8.37 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.7 | 75.24 | 8.87 | 1.46 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.56 | 9.04 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.71 | 75.38 | 8.96 | 1.44 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.58 | 9.52 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.72 | 75.51 | 8.77 | 1.44 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.08.59 | 9.91 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.73 | 75.57 | 8.78 | 1.47 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.00 | 10.51 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.73 | 75.6 | 8.7 | 1.52 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.01 | 11 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.74 | 75.71 | 8.78 | 1.53 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.02 | 11.5 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.74 | 75.81 | 8.59 | 1.52 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.03 | 12.02 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.75 | 75.84 | 8.67 | 1.52 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.04 | 12.52 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.74 | 75.83 | 8.56 | 1.5 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.06 | 13.1 | 17.85 | 37.66 | 8.24 | 5.75 | 75.85 | 8.47 | 1.47 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.07 | 13.66 | 17.84 | 37.66 | 8.24 | 5.75 | 75.89 | 8.76 | 1.42 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.08 | 14.09 | 17.84 | 37.66 | 8.24 | 5.75 | 75.95 | 9.19 | 1.36 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.09 | 14.4 | 17.83 | 37.67 | 8.24 | 5.76 | 75.97 | 9.36 | 1.32 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.10 | 14.63 | 17.83 | 37.66 | 8.24 | 5.75 | 75.86 | 9.12 | 1.31 |
| 6 | 20/11/2009 | 12.09.11 | 15 | 17.83 | 37.66 | 8.24 | 5.73 | 75.68 | 9.5 | 1.31 |

Tab. 3.1 – profili idrologici St.6

| | | |
|--|--|---|
| SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE Data: APRILE 2010 Rev 1 |  | AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI |
|--|--|---|

| stazione | data | ora | Profondità m | T° C | Sal psu | pH | O2 ppm | O2 % | Torbidità NTU | clor.a mg/mc |
|----------|------------|----------|-----------------|---------|------------|------|-----------|-------|------------------|-----------------|
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.30 | 0.63 | 17.82 | 37.49 | 8.25 | 5.47 | 72.06 | 12.69 | 3.31 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.31 | 0.83 | 17.82 | 37.47 | 8.26 | 5.52 | 72.78 | 11.67 | 3.3 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.32 | 1.2 | 17.81 | 37.48 | 8.26 | 5.56 | 73.32 | 12.22 | 3.19 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.34 | 1.84 | 17.8 | 37.48 | 8.26 | 5.6 | 73.81 | 11.31 | 3.09 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.35 | 2.33 | 17.8 | 37.49 | 8.26 | 5.65 | 74.46 | 11.78 | 3.1 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.36 | 2.48 | 17.8 | 37.5 | 8.26 | 5.69 | 74.98 | 11.64 | 3.06 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.37 | 2.77 | 17.8 | 37.5 | 8.26 | 5.72 | 75.37 | 11.32 | 2.96 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.38 | 3.32 | 17.8 | 37.51 | 8.26 | 5.73 | 75.45 | 11.05 | 2.9 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.39 | 3.99 | 17.79 | 37.5 | 8.26 | 5.74 | 75.66 | 11.93 | 2.87 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.40 | 4.58 | 17.79 | 37.51 | 8.26 | 5.77 | 75.96 | 12.18 | 2.88 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.41 | 4.74 | 17.79 | 37.51 | 8.26 | 5.79 | 76.29 | 12.41 | 2.84 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.43 | 5.29 | 17.78 | 37.52 | 8.26 | 5.8 | 76.35 | 13.41 | 2.81 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.44 | 5.72 | 17.78 | 37.52 | 8.26 | 5.8 | 76.43 | 13.69 | 2.82 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.45 | 6.48 | 17.77 | 37.53 | 8.26 | 5.82 | 76.66 | 13.44 | 2.92 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.46 | 7.05 | 17.77 | 37.54 | 8.26 | 5.86 | 77.19 | 13.94 | 2.99 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.47 | 7.27 | 17.78 | 37.54 | 8.26 | 5.88 | 77.41 | 14.7 | 2.96 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.48 | 7.89 | 17.77 | 37.54 | 8.26 | 5.86 | 77.12 | 14.61 | 3 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.49 | 8.54 | 17.77 | 37.55 | 8.26 | 5.84 | 76.95 | 13.88 | 3.03 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.51 | 9.3 | 17.77 | 37.55 | 8.26 | 5.85 | 77.1 | 15.44 | 3.12 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.52 | 9.88 | 17.76 | 37.55 | 8.26 | 5.87 | 77.31 | 16.4 | 3.07 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.53 | 10.58 | 17.75 | 37.55 | 8.26 | 5.88 | 77.35 | 16.19 | 2.98 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.54 | 11.12 | 17.74 | 37.57 | 8.26 | 5.85 | 76.96 | 16.58 | 2.92 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.55 | 11.69 | 17.74 | 37.57 | 8.26 | 5.82 | 76.57 | 16.53 | 2.96 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.56 | 12.3 | 17.74 | 37.58 | 8.26 | 5.8 | 76.42 | 15.98 | 2.95 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.57 | 12.7 | 17.74 | 37.58 | 8.27 | 5.81 | 76.44 | 16.74 | 2.94 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.49.59 | 13.09 | 17.73 | 37.58 | 8.26 | 5.82 | 76.61 | 18.15 | 2.95 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.50.00 | 13.58 | 17.72 | 37.59 | 8.26 | 5.82 | 76.65 | 17.14 | 2.96 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.50.01 | 13.97 | 17.74 | 37.58 | 8.26 | 5.82 | 76.69 | 17.06 | 2.93 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.50.02 | 14.07 | 17.73 | 37.58 | 8.27 | 5.83 | 76.72 | 16.52 | 2.9 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.50.03 | 14.46 | 17.72 | 37.58 | 8.26 | 5.83 | 76.71 | 16.93 | 2.89 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.50.04 | 14.85 | 17.72 | 37.59 | 8.27 | 5.83 | 76.78 | 16.77 | 2.88 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.50.05 | 15.06 | 17.69 | 37.57 | 8.26 | 5.85 | 76.9 | 20.91 | 2.91 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.50.07 | 15.11 | 17.67 | 37.6 | 8.26 | 5.85 | 76.97 | 20.55 | 2.95 |
| 7 | 20/11/2009 | 11.50.08 | 15.13 | 17.68 | 37.59 | 8.26 | 5.85 | 76.88 | 19.75 | 2.94 |

Tab. 3.2- profili idrologici St.7

| | | |
|--|---|---------------------------------------|
| SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE Data: APRILE 2010 Rev 1 |  SARTEC <small>SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</small> | AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI |
|--|---|---------------------------------------|

| stazione | data | ora | Profondità m | T° C | Sal psu | pH | O2 ppm | O2 % | Torbidità NTU | clor.a mg/mc |
|----------|------------|----------|-----------------|---------|------------|------|-----------|-------|------------------|-----------------|
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.31 | 0.63 | 17.86 | 37.62 | 8.25 | 5.42 | 71.48 | 10.56 | 1.49 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.32 | 1.06 | 17.85 | 37.62 | 8.25 | 5.45 | 71.87 | 10.51 | 1.51 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.34 | 1.83 | 17.85 | 37.62 | 8.25 | 5.49 | 72.42 | 10.42 | 1.58 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.35 | 2.61 | 17.85 | 37.63 | 8.25 | 5.53 | 73.02 | 10.58 | 1.69 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.36 | 3.24 | 17.85 | 37.63 | 8.25 | 5.58 | 73.63 | 10.37 | 1.72 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.37 | 3.65 | 17.85 | 37.63 | 8.25 | 5.62 | 74.13 | 10.22 | 1.65 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.38 | 4.02 | 17.85 | 37.64 | 8.25 | 5.64 | 74.5 | 10.26 | 1.58 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.39 | 4.78 | 17.85 | 37.64 | 8.25 | 5.65 | 74.62 | 10.02 | 1.53 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.41 | 5.42 | 17.85 | 37.64 | 8.25 | 5.67 | 74.81 | 10.13 | 1.53 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.42 | 6.07 | 17.84 | 37.64 | 8.25 | 5.68 | 74.96 | 10.36 | 1.52 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.43 | 6.73 | 17.84 | 37.64 | 8.25 | 5.69 | 75.1 | 10.74 | 1.51 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.44 | 7.4 | 17.82 | 37.65 | 8.25 | 5.7 | 75.19 | 11.63 | 1.43 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.45 | 8.01 | 17.82 | 37.65 | 8.25 | 5.7 | 75.2 | 11.36 | 1.39 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.46 | 8.59 | 17.82 | 37.66 | 8.25 | 5.7 | 75.19 | 11.49 | 1.41 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.47 | 9.07 | 17.82 | 37.66 | 8.25 | 5.7 | 75.18 | 11.4 | 1.42 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.48 | 9.23 | 17.82 | 37.66 | 8.25 | 5.69 | 75.09 | 11.84 | 1.4 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.50 | 9.56 | 17.82 | 37.66 | 8.25 | 5.67 | 74.86 | 11.62 | 1.37 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.51 | 10.09 | 17.82 | 37.66 | 8.25 | 5.66 | 74.67 | 12.52 | 1.39 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.52 | 10.6 | 17.81 | 37.66 | 8.25 | 5.65 | 74.57 | 12.59 | 1.45 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.53 | 11.22 | 17.81 | 37.67 | 8.25 | 5.64 | 74.45 | 12.76 | 1.52 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.54 | 11.6 | 17.81 | 37.66 | 8.25 | 5.64 | 74.33 | 12.21 | 1.56 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.55 | 12.05 | 17.81 | 37.67 | 8.25 | 5.62 | 74.08 | 12.7 | 1.62 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.56 | 12.52 | 17.81 | 37.67 | 8.25 | 5.6 | 73.84 | 12.17 | 1.57 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.58 | 13.03 | 17.81 | 37.67 | 8.25 | 5.59 | 73.71 | 12.09 | 1.55 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.03.59 | 13.49 | 17.79 | 37.65 | 8.25 | 5.59 | 73.74 | 12.21 | 1.68 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.04.00 | 13.85 | 17.76 | 37.65 | 8.25 | 5.6 | 73.85 | 13.27 | 1.82 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.04.01 | 14.22 | 17.75 | 37.66 | 8.25 | 5.61 | 73.95 | 13 | 2 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.04.02 | 14.58 | 17.74 | 37.66 | 8.25 | 5.62 | 74 | 13.34 | 2 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.04.03 | 14.91 | 17.74 | 37.67 | 8.25 | 5.62 | 74.09 | 13.19 | 1.93 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.04.05 | 15.14 | 17.73 | 37.66 | 8.25 | 5.62 | 74.07 | 13.56 | 1.84 |
| 11 | 20/11/2009 | 12.04.06 | 15.23 | 17.73 | 37.67 | 8.25 | 5.62 | 74 | 14.4 | 1.87 |

Tab. 3.3- profili idrologici St.8

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|---|--|---------------------------------------|

4. ATTIVITÀ MONITORAGGIO BIOCENOSI

In allegato si riportano i risultati del monitoraggio delle comunità di foraminiferi a cura del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari. Tale indagine ha avuto lo scopo di valutare la qualità dell'ambiente e dei sedimenti prima dell'inizio dei lavori di dragaggio per avere un bianco di confronto per le successive analisi.

4.1 MONITORAGGIO FORAMINIFERI NEI SEDIMENTI MARINI

I campioni sono stati prelevati nelle stesse stazioni di monitoraggio delle acque e dei sedimenti marini.

I campioni al momento del prelievo sono stati colorati con il Rosa Bengala, per la colorazione dell'eventuale presenza di protoplasma nei gusci dei foraminiferi presenti. Tale metodica permette di mettere in evidenza i Foraminiferi viventi al momento della campionatura (biocenosi) da quelli già morti (tanatocenosi). In laboratorio ogni campione è stato asciugato e pesato a secco. Da ogni campione sono stati prelevati circa 70 g di sedimento secco. 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 di ogni campione è stato applicato il metodo della quartatura, consistente nella suddivisione del residuo in parti più piccole, che però conservano completamente e 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.

Si commentano di seguito i risultati sulla base delle associazioni a foraminiferi bentonici, ricavati da n° 3 campioni e denominati rispettivamente PC6, PC7 e PC11, corrispondenti alle stazioni di campionamento delle acque e dei sedimenti St. 6, ST. 7, St. 11.

I campioni sono stati prelevati dalla barca utilizzando una Benna Van Venn.

In totale sono state riconosciute e determinate 37 specie, appartenenti a 27 generi (Tab. 4.1). Il 59% delle specie presenta un guscio ialino, il 22% un guscio arenaceo e il 19% un guscio porcellanaceo (Fig. 4.1).

| | PC6 | PC7 | PC11 | PC6 | PC7 | PC11 |
|-----------------------------------|-----|-----|------|------|-------|-------|
| <i>Adelosina carinata-striata</i> | 1 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Ammonia tepida</i> | 30 | 32 | 19 | 0,00 | 12,45 | 9,95 |
| <i>Bolivina dilatata</i> | 2 | 4 | 0 | 0,31 | 1,56 | 0,00 |
| <i>Bolivina spathulata</i> | 11 | 20 | 7 | 0,31 | 7,78 | 3,66 |
| <i>Bolivina striatula</i> | 30 | 15 | 24 | 1,22 | 5,84 | 12,57 |
| <i>Bolivina variabilis</i> | 78 | 28 | 35 | 0,61 | 10,89 | 18,32 |
| <i>Bulimina elongata</i> | 2 | 7 | 1 | 0,31 | 2,72 | 0,52 |
| <i>Bulimina marginata</i> | 8 | 2 | 11 | 0,00 | 0,78 | 5,76 |
| <i>Cassidulina laevigata</i> | 0 | 1 | 0 | 0,00 | 0,39 | 0,00 |
| cf. <i>Adercotryma sp.</i> | 1 | 5 | 0 | 0,00 | 1,95 | 0,00 |
| <i>Cornuspira involvens</i> | 0 | 2 | 0 | 0,00 | 0,78 | 0,00 |
| <i>Eggerella scabra</i> | 3 | 2 | 3 | 0,00 | 0,78 | 1,57 |
| <i>Eggerelloides advenum</i> | 9 | 2 | 3 | 0,00 | 0,78 | 1,57 |
| <i>Elphidium oceanensis</i> | 3 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Elphidium sp.</i> | 1 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Fissurina lucida</i> | 1 | 2 | 2 | 0,00 | 0,78 | 1,05 |
| <i>Fursenkoina punctata</i> | 28 | 12 | 12 | 0,00 | 4,67 | 6,28 |
| <i>Fursenkoina sp.</i> | 0 | 3 | 0 | 0,00 | 1,17 | 0,00 |
| <i>Haynesina germanica</i> | 4 | 10 | 0 | 0,00 | 3,89 | 0,00 |
| <i>Hyalinea cf. baltica</i> | 1 | 0 | 3 | 0,00 | 0,00 | 1,57 |
| <i>Lagena cf. doveyensis</i> | 0 | 1 | 0 | 0,00 | 0,39 | 0,00 |
| <i>Lobatula lobatula</i> | 1 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Miliolinella subrotunda</i> | 2 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Noniella turgida</i> | 9 | 6 | 4 | 0,00 | 2,33 | 2,09 |
| <i>Quinqueloculina laevigata</i> | 23 | 12 | 7 | 0,00 | 4,67 | 3,66 |
| <i>Quinqueloculina semimula</i> | 18 | 9 | 1 | 0,31 | 3,50 | 0,52 |
| <i>Quinqueloculina stelligera</i> | 2 | 6 | 3 | 0,00 | 2,33 | 1,57 |
| <i>Reophax cf. namus</i> | 7 | 25 | 18 | 0,31 | 9,73 | 9,42 |
| <i>Rosalina floridensis</i> | 7 | 0 | 3 | 0,00 | 0,00 | 1,57 |
| <i>Rosalina globularis</i> | 0 | 13 | 4 | 0,00 | 5,06 | 2,09 |
| <i>Siphonaperta aspera</i> | 0 | 0 | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,52 |
| <i>Spirillina vivipara</i> | 0 | 2 | 0 | 0,00 | 0,78 | 0,00 |
| <i>Spiroplectammina earlandi</i> | 0 | 1 | 0 | 0,00 | 0,39 | 0,00 |
| <i>Textularia bocki</i> | 1 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Textularia truncata</i> | 0 | 1 | 0 | 0,00 | 0,39 | 0,00 |
| <i>Triloculina schreiberiana</i> | 1 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Uvigerina sp.</i> | 43 | 34 | 30 | 0,61 | 13,23 | 15,71 |

Tab. 4.1 – Elenco specie rinvenute nel Porto Canale e relativa abbondanza

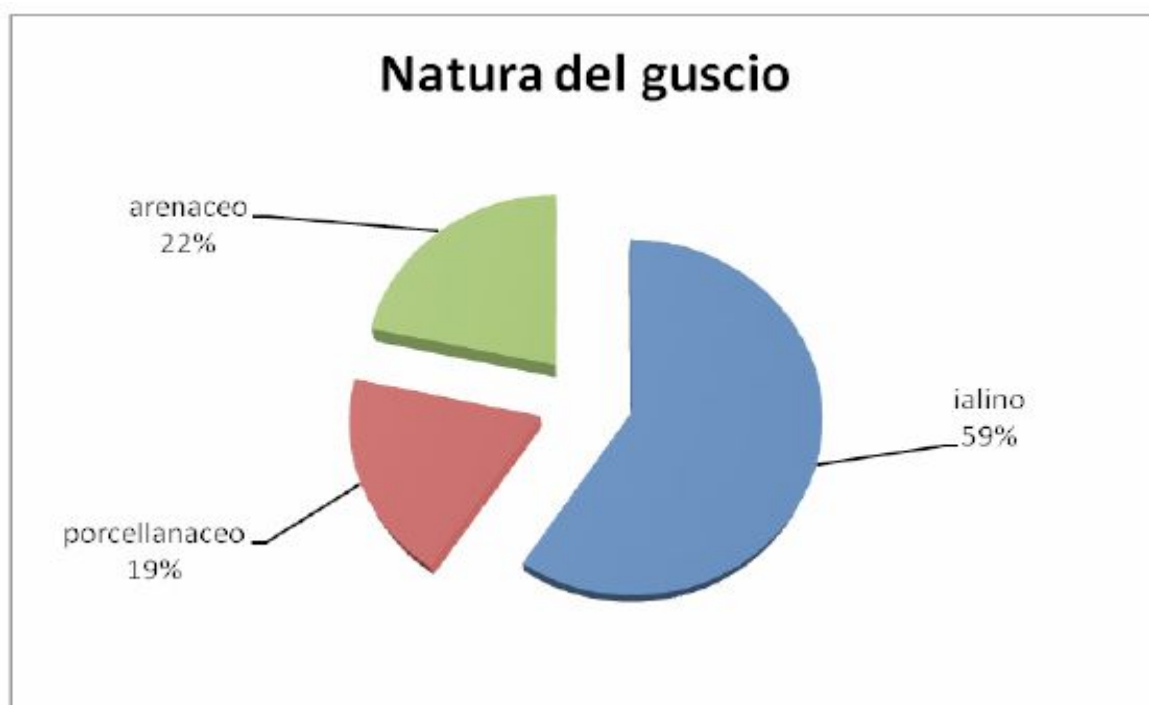


Fig. 4.1 - Diagramma mostrante la percentuale delle specie con guscio porcellanaceo, ialino e arenaceo, rinvenuti nel Porto Canale

L'abbondanza relativa delle singole specie varia da stazione a stazione, con 12 specie che mostrano un'abbondanza superiore al 3% in almeno un campione (Tab. 4.1). L'associazione è dominata da *Bolivina variabilis* (18%), *Uvigerina* sp. (14%), *Ammonia tepida* (11%), *Bolivina striatula* (9%), *Reophax* cf. *nanus* (7%), *Fursenkoina punctata* (6%), *Bolivina spathulata* (5%) e *Quinqueloculina laevigata* (5%) (Fig. 4.2). Gli indici biotici non mostrano una elevata variabilità da campione a campione (Tab. 4.2).

In particolare, *S* (diversità specifica) varia da 20 (PC11) a 28 (PC6). Il campione PC7 presenta il valore più alto per la Densità Faunistica (25,77), mentre la media nell'area di studio è di 21,29. L'indice di Shannon-Weaver oscilla tra 2.51 (PC11) e 2.82 (PC7), Equitability (*J*) tra 0.77 (PC6) e 0.85 (PC7), Dominance (*D*) tra 0.07 (PC7) e 0.11 (PC6), Evenness tra 0.47 (PC6) e 0.62 (PC7), infine Simpson (1-*D*) tra 0.89 (PC6 e PC11) e 0.92 (PC7).

L'indice di Fisher a presenta un range di variabilità compreso tra 5,62 (PC11) e 7.60 (PC7), con un valore medio di 6,86.

Nell'area del Porto Canale sono state osservate anomalie morfologiche in tutte le stazioni campionate e 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 (3.67) e quello più alto al campione PC11 (7,85), con una media di 5.53. L'FMI è compreso tra 21.43 (PC6) e 29,63 (PC7). Le specie che presentano il maggior numero di individui deformi sono *Bolivina striatula*, *B. variabilis*, *Ammonia tepida*, *Reophax cf. nanus* e *Uvigerina sp.* (Fig. 4.3).

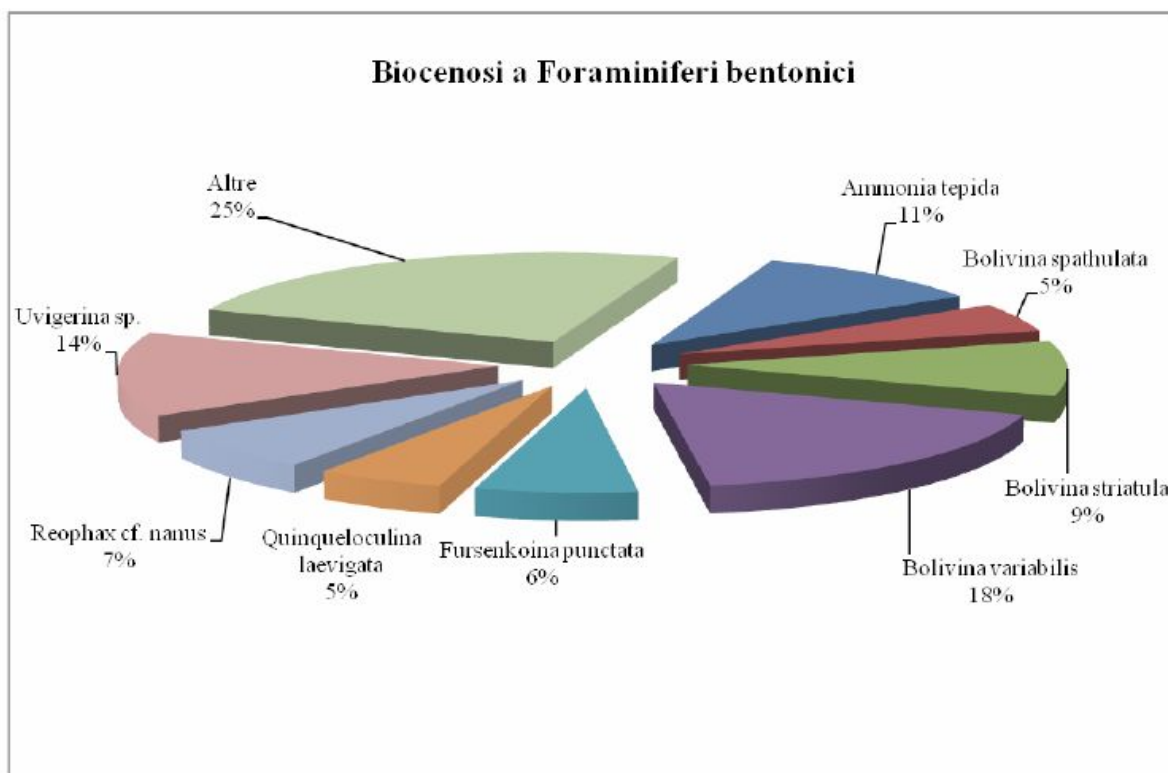


Fig. 4.2 – Specie dominanti la biocenosi a foraminiferi bentonici del Porto Canale

| | PC6 | PC7 | PC11 | MEAN |
|-----------------------------|-------|--------|-------|--------|
| Diversità specifica - S | 28 | 27 | 20 | 25,00 |
| N° esemplari | 327 | 257 | 191 | 258,33 |
| Dominance - D | 0,11 | 0,0765 | 0,105 | 0,10 |
| Shannon - H | 2,58 | 2,821 | 2,513 | 2,64 |
| Simpson - 1-D | 0,89 | 0,9235 | 0,895 | 0,90 |
| Evenness - e ^{H/S} | 0,47 | 0,6217 | 0,617 | 0,57 |
| Menhinick | 1,55 | 1,684 | 1,447 | 1,56 |
| Margalef | 4,66 | 4,685 | 3,617 | 4,32 |
| Equitability - J | 0,77 | 0,8558 | 0,839 | 0,82 |
| Fisher alpha | 7,33 | 7,608 | 5,628 | 6,86 |
| Berger-Parker | 0,24 | 0,1323 | 0,183 | 0,18 |
| FAI | 3,67 | 5,06 | 7,85 | 5,53 |
| FMI | 21,43 | 29,63 | 25,00 | 25,35 |
| Densità faunistica - DF | 18,16 | 25,777 | 19,94 | 21,29 |

Tab. 4.2 – Indici biotici relativi ai campioni analizzati

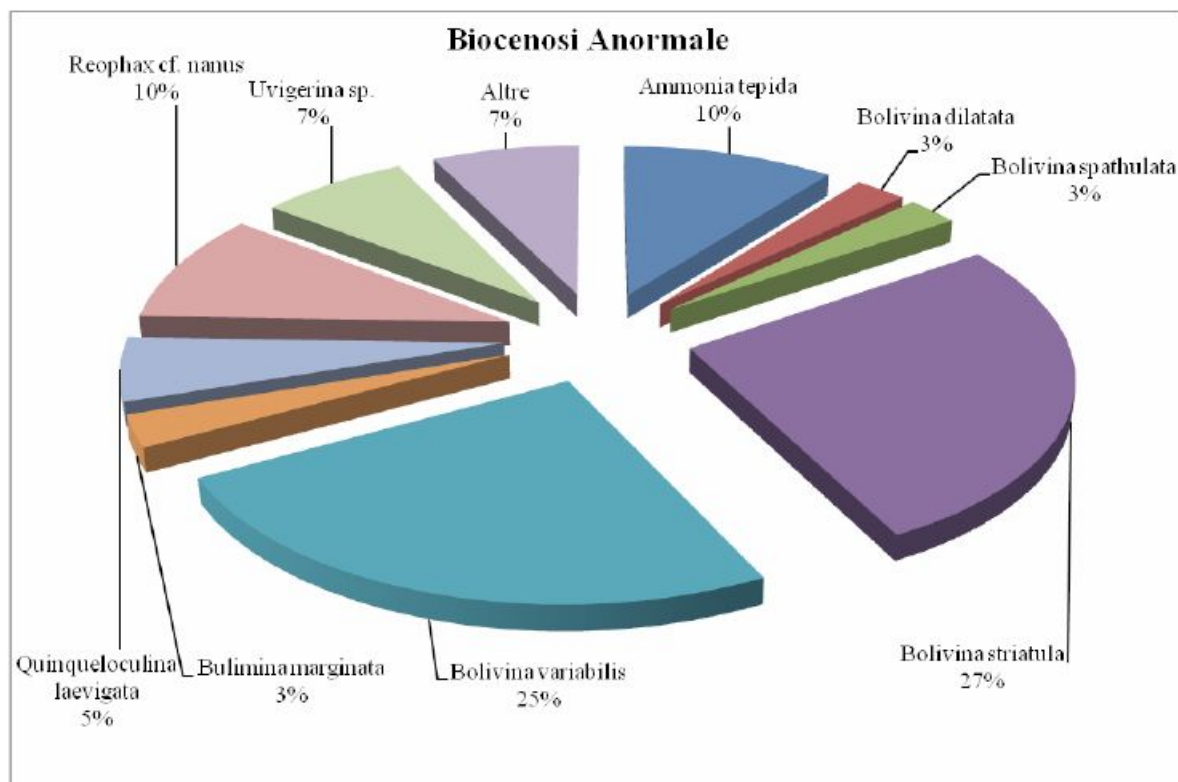


Fig. 4.3 – Biocenosi anormale del Porto Canale

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|---|--|---------------------------------------|

Secondo Alve (1991), Sharifi et al. (1991), Almogi-Labin et al. (1992) e Yanko et al. (1994, 1998), si possono distinguere 9 diversi tipi di anormalità: (1) camera con forme aberranti e assenza di ornamentazioni; (2) doppie aperture; (3) crescita anormale dell'ultima camera; (4) avvolgimento irregolare; (5) protuberanze anormali; (6) gemelli siamesi; (7) spira alta nelle forme spiro convesse; (8) camere addizionali; (9) individui non perfettamente sviluppati.

Sulla base dei dati ottenuti e delle osservazioni realizzate si possono effettuare una serie di considerazioni. I campioni esaminati sono costituiti da sedimenti fini di tipo fangoso con bassissime percentuali di sabbia. La biocenosi (individui vivi) è dominata da esemplari di piccole dimensioni <90 µm a guscio allungato (Bolivine, Bulimine, Uvigerine); risultano invece meno abbondanti le forme con guscio pianoconvesso e trocospirale (Rotaliidae e Elphidiidae). Gli indici di diversità non risultano particolarmente elevati se paragonati a quelli riscontrati in altri ambienti costieri sardi (vedi Golfo di Cagliari e Bocche di Bonifacio), mentre si avvicinano a quelli riscontrati per la Laguna di S. Gilla, che tuttavia presenta valori inferiori.

L'indice di Fisher α rappresenta la ricchezza delle associazioni bentoniche. Questo rappresenta una relazione tra il numero di specie e il numero di individui in un'associazione, nei campioni prelevati nel Porto Canale presenta valori bassi (<10) indicanti condizioni di stress. L'indice di Shannon-Weaver-Weaver tiene conto del numero di individui per ciascun taxon e del numero di taxa presenti in ogni campione. I valori più bassi si registrano generalmente in corrispondenza di condizioni ambientali stressanti (con specie opportuniste o pioniere); con una sola specie questo indice presenta valore pari a 0. Di solito assume valori variabili tra 1 e 3.5, superando raramente 4.5; i valori inferiori ad 1, indicano stress ambientale particolarmente elevato, riscontrabile in aree pesantemente inquinate. Nei campioni esaminati presenta un valore medio di 2,63 indicando un ambiente sottoposto ad un leggero stress ambientale.

I valori di FAI e FMI, i due indici relativi alle anormalità morfologiche riscontrate nella biocenosi, risultano superiori ai valori riportati in letteratura per ambienti non inquinati (<1%). Inoltre, le anormalità riscontrate sono da attribuire a morfogenesi patologica. Le specie a guscio allungato sono taxa caratterizzati da un microhabitat infaunale (vivono vengono riconosciuti inoltre come taxa opportunisti (Murray, 1991). In generale, le specie tolleranti a deficit di ossigeno sono tipiche di ambienti caratterizzati da sedimenti di tipo fangoso che spesso contengono elevate quantità di carbonio organico (Van der Zwaan et al., 1999).

| | | |
|---|--|--|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|---|--|--|

Tra le forme a guscio calcareo perforato le Bolivine sono particolarmente influenzate dalla natura del sedimento, dalla salinità, dal potenziale di ossido-riduzione e dalla batimetria.

I foraminiferi a guscio agglutinato allungato (tipo "Textularia") sono considerati come forme infaunali, caratteristiche di ambienti disossici (Kaminski et al., 1995).

Ammonia tepida è la specie più abbondante nella aree lagunari è stata anche ritrovata in ambienti marini poco profondi, lagune e zone deltizie (Almogi-Labin et al., 1992; Debenay et al., 2000, 2005). In letteratura è nota per la sua grande tolleranza ad agenti chimici, inquinamento termico, fertilizzanti e idrocarburi (p.e Setty e Nigam, 1984; Yanko e Flexer, 1991; Coccioni, 2000, etc). Inoltre è in grado di sopportare alte concentrazioni di elementi in tracce e di resistere in ambienti anche molto inquinati (p.e. Ferraro et al., 2006).

In conclusione allo stato attuale della ricerca l'associazione a foraminiferi bentonici dell'area indagata denota un ambiente deposizionale non normale, in quanto la biocenosi risulta costituita da esemplari rari e di piccole dimensioni, tolleranti a basse concentrazioni di ossigeno e affetti da anormalità patologiche. La presenza di un fondale fangoso risulta il fattore limitante per alcune specie di foraminiferi bentonici (p.e. Miliolidi, Elphidiidae) e favorisce invece i taxa opportunisti (p.e. Bolivine, Bulimine, Uvigerine), in grado di vivere anche in condizioni di basse concentrazioni di ossigeno.

L'elevata abbondanza di Ammonia tepida e la presenza di anormalità patologiche indicano un ambiente caratterizzato da inquinamento da metalli pesanti, facilitato dalla presenza di sedimento fine che intrappola e trattiene i contaminanti. Ulteriori campionature nelle stesse stazioni potranno fornire variazioni ambientali sullo stato di salute dei fondali in relazione all'attività cantieristica in corso.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| <p>SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE</p> <p>Data: APRILE 2010 Rev 1</p> |  | <p>AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI</p> |
|---|--|---------------------------------------|

5. CONCLUSIONI

I risultati del monitoraggio, in fase costruttiva, delle polveri totali non hanno mostrato mai superamenti dei limiti di legge, ma anzi hanno mostrato concentrazioni sempre ben al di sotto del valore limite soglia di 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ individuato dall'ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists). Anche a fronte di un modesto incremento delle concentrazioni rispetto al primo trimestre non sono state, tuttavia, rilevati valori a rischio per la salute umana e neanche per la componente biotica della zona umida limitrofa.

Le deposizioni umide e secche al suolo hanno mostrato i valori più alti nel mese di dicembre e in particolar modo nelle stazioni 3 e 4, mostrando una variabilità sicuramente condizionata dalle condizioni meteo climatiche e soprattutto dalle precipitazioni (più intense proprio nei mesi sopraccitati). Questi risultati evidenziano sicuramente una forte influenza dell'aerosol marino sull'area del Porto Canale, una evidente influenza delle attività presenti nelle aree limitrofe (aeroporto, porto, zona industriale, S.S. 195), un'assenza di correlazione con i risultati delle polveri totali, e soprattutto fanno intuire i complessi meccanismi che influenzano la dispersione atmosferica.

I risultati del monitoraggio delle acque, risultante ancora in fase Ante Operam, hanno confermato i dati del primo campionamento Ante Operam effettuato a settembre.

È risultata piuttosto alta la torbidità, e i valori di clorofilla *a* hanno consentito di escludere come concausa eventuali fioriture algali. Tale torbidità è dovuta più che alla risospensione dei sedimenti da parte delle navi che transitano all'interno del porto canale alle deposizioni fluviali che arrivano dal canale circondariale ovest della Laguna di Santa Gilla che sversa parte delle acque del Fluminimannu e del Cixerri all'interno del Porto Canale stesso, deposizioni che sono aumentate infatti nei periodi caratterizzati da frequenti e intense piogge (dicembre 2009 e gennaio 2010).

Il monitoraggio in fase Ante Operam delle comunità dei foraminiferi hanno evidenziato, come già emerso dalle analisi delle comunità bentoniche a settembre, un sistema già compromesso. Infatti, le specie e le tipologie di foraminiferi rilevate sono tipiche di condizioni ambientali stressanti. In sintesi le nuove analisi - in fase Ante Operam - delle acque e delle comunità biotiche presenti nei sedimenti hanno confermato quanto emerso già dai precedenti campionamenti, ovvero la presenza di un sistema già perturbato e stressato sia per l'ubicazione, sia per la storia del luogo.