



**C.I.R.I.T.A.**

*Centro Interdipartimentale di Ricerche sulla Interazione Tecnologia-Ambiente*

(C.I.R.I.T.A.) Università degli studi di Palermo Via Archirafi, 28 - 90123

Tel. Direzione 0916171170 - fax 0916162057

E-Mail [cirita@unipa.it](mailto:cirita@unipa.it)

**GASDOTTO ITALIA – LIBIA**

**MONITORAGGIO DELL'AREA MARINA**

**INTERESSATA DALL'APPRODO IN TERRITORIO ITALIANO**

**Quarta campagna di indagine  
Giugno 2006**

**Sintesi dei risultati delle indagini condotte  
sulla matrice acquosa e sui sedimenti**

**Attuatore:**

Dott.ssa Loredana Culotta  
Dott.ssa Roberta D'Ambrosio

**Responsabile Scientifico**  
*Prof. Santino Orecchio*

**Responsabile Scientifico  
del Progetto**

Prof. R. Catalano

*Palermo, 26 febbraio 2007*



C.I.R.I.T.A.

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>APPROCCIO METODOLOGICO ALLE INDAGINI</b>	<b>4</b>
2.1	Punti di campionamento	4
2.2	Considerazioni sulle metodiche analitiche	5
<b>3.</b>	<b>PARAMETRI DETERMINATI</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>METALLI</b>	<b>6</b>
4.1	Estrazione selettiva dei metalli dai sedimenti	6
4.2	Metalli nei campioni d'acqua	13
<b>5.</b>	<b>ANALISI DEGLI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</b>	<b>13</b>
5.1	Estrazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici dai sedimenti	13
5.2	IPA nei campioni d'acqua	15
<b>6.</b>	<b>TOC NEI CAMPIONI D'ACQUA</b>	<b>16</b>
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI OTTENUTI</b>	<b>16</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>16</b>



C.I.R.I.T.A.

## 1. PREMESSA

Per valutare l'impatto del gasdotto sull'ambiente sono stati presi in considerazione i seguenti parametri delle acque:

- Idrocarburi Policiclici Aromatici (16 composti);
- Metalli pesanti totali (arsenico, cadmio, nichel, piombo, rame e zinco);
- Total Organic Carbon.

Nei sedimenti sono stati considerati i seguenti analiti:

- Idrocarburi Policiclici Aromatici (16 composti);
- Metalli pesanti nelle seguenti frazioni:
  1. scambiabile;
  2. legata ai carbonati;
  3. legata ad idrossidi di ferro e manganese;
  4. legata alla frazione organica;
  5. legata ai silicati.

Si riportano di seguito i risultati e le considerazioni relative alle analisi chimiche condotte su campioni di acqua e di sedimenti provenienti dal Canale di Sicilia relativamente al campionamento Giugno 2006.



C.I.R.I.T.A.

## 2. APPROCCIO METODOLOGICO ALLE INDAGINI

### 2.1 Punti di campionamento

Per l'esecuzione della ricerca sono state selezionate complessivamente 24 stazioni (tabella 1) dalle quali sono stati prelevati i campioni di sedimento mentre soltanto da 8 di esse sono stati prelevati campioni d'acqua. Le stazioni di campionamento sono ubicate a 10, 50, 100 e 200 metri a est ed a ovest dal gasdotto e rispettivamente alle batimetrie di 10, 20, 30 e 40 metri.

Stazione	Linea batimetrica (m)	Distanza dal gasdotto (m)	Campione
1-10 ovest	10	10	Sedimento - Acqua
1-10 est	10	10	Sedimento - Acqua
1-50 ovest	10	50	Sedimento
1-50 est	10	50	Sedimento
1-100 ovest	10	100	Sedimento
1-100 est	10	100	Sedimento
1-200 ovest	10	200	Sedimento
1-200-est	10	200	Sedimento
2-10 ovest	20	10	Sedimento - Acqua
2-10 est	20	10	Sedimento - Acqua
2-50 ovest	20	50	Sedimento
2-50 est	20	50	Sedimento
2-100 ovest	20	100	Sedimento
2-100 est	20	100	Sedimento
2-200 ovest	20	200	Sedimento
2-200 est	20	200	Sedimento
3-10 ovest	30	10	Sedimento - Acqua
3-10 est	30	10	Sedimento - Acqua
3-50 ovest	30	50	Sedimento
3-50 est	30	50	Sedimento
4-10 ovest	40	10	Sedimento - Acqua
4-10 est	40	10	Sedimento - Acqua
4-50 ovest	40	50	Sedimento
4-50 est	40	50	Sedimento

Tabella 1. Stazioni di campionamento



C.I.R.I.T.A.

## 2.2 Considerazioni sulle metodiche analitiche

Le determinazioni analitiche sono state eseguite utilizzando i metodi e gli strumenti illustrati in tabella 2.

Parametro	Metodo	Strumentazione	Riferimento Bibliografico
Idrocarburi Policiclici Aromatici	Gascromatografico	GC-MS	-C.M. Reddy, J.G. Quinn. (1990) -V.U. Fossato, <i>et al.</i> , (1995) -G. Spinelli, <i>et al.</i> , (1999)
Metalli	Spettrofotometrico	ICP-MS	-Metodi di analisi per acque di mare. I.R.S.A. CNR Quaderni 59 -M. Camusso, <i>et al.</i> , I.R.S.A. CNR
TOC		Effettuate presso CADA - Menfi	- Seritti, <i>et al.</i> , (1998)

**Tabella 2.** Riepilogo dei metodi e degli strumenti utilizzati per le determinazioni analitiche

## 3. Parametri determinati

Su ciascuna delle stazioni sono stati rilevati i parametri riportati nella seguente tabella:

PARAMETRO	
<b>Metalli</b>	Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Rame (Cu), Zinco (Zn).
<b>Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)</b>	Naftalene, Acenaftilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene



C.I.R.I.T.A.

## 4. Metalli

### 4.1 Estrazione selettiva dei metalli dai sedimenti

La metodica d'estrazione utilizzata è una modifica di quella riportata da Tessier et al. (1979). Il metodo permette l'individuazione della distribuzione dei metalli investigati (As, Cd, Cu, Ni, Pb e Zn) in 5 frazioni.

**Frazione 1**     *Metalli scambiabili*

Il campione è stato trattato con una soluzione di NaOAc, mantenendo in agitazione fino al completamento dell'estrazione (verificato mediante analisi ripetute a tempi diversi).

**Frazione 2**     *Metalli legati ai carbonati*

Al residuo, separato dall'estratto per centrifugazione, è stata aggiunta una soluzione di NH<sub>4</sub>OAc portata a pH 5 per aggiunta di acido acetico mantenendo in costante agitazione.

**Frazione 3**     *Metalli legati ad idrossidi di Fe e Mn*

Il residuo è stato estratto con una soluzione 1:1 di NH<sub>2</sub>OH·HCl e acido acetico al 25%, mantenendolo in continua agitazione.

**Frazione 4**     *Metalli legati alla sostanza organica*

Il residuo è stato trattato con HNO<sub>3</sub> concentrato in mineralizzatore a microonde.

**Frazione 5**     *Metalli legati ai silicati*

La frazione residua è stata trattata con HF concentrato in mineralizzatore a microonde.

I risultati delle analisi sono di seguito riportati.



C.I.R.I.T.A.

**Arsenico (As) concentrazioni espresse in µg/Kg (ppb)**

Stazioni	Scambiabile	Carbonati	Ossidi di Fe e Mn	Sostanza organica	Silicati
1-10 OVEST	164	252	7888	7002	294
1-10 EST	103	142	6274	9751	487
1-50 OVEST	73	213	6993	6558	296
1-50 EST	76	293	6190	7761	160
1-100 OVEST	74	190	6071	6392	343
1-100 EST	76	307	6070	6379	239
1-200 OVEST	79	262	5575	6770	374
1-200 EST	71	216	5848	6301	346
2-10 OVEST	76	164	5705	7030	427
2-10 EST	145	265	5946	7888	611
2-50 OVEST	99	183	7081	5749	367
2-50 EST	86	223	6457	6255	488
2-100 OVEST	88	265	7351	5876	326
2-100 EST	80	270	11198	5109	340
2-200 OVEST	124	176	6218	7400	443
2-200 EST	105	191	6940	6821	309
3-10 OVEST	154	265	7178	11913	681
3-10 EST	117	227	6364	11436	743
3-50 OVEST	180	184	7867	10497	568
3-50 EST	134	221	6995	10217	824
4-10 OVEST	243	253	8815	8251	928
4-10 EST	191	205	7729	9487	1001
4-50 OVEST	259	256	9871	7613	820
4-50 EST	202	345	12068	9091	906

**Cadmio (Cd) concentrazioni espresse in µg/Kg (ppb)**

Stazioni	Scambiabile	Carbonati	Ossidi di Fe e Mn	Sostanza organica	Silicati
1-10 OVEST	1	46	19	28	1
1-10 EST	41	44	20	8	1
1-50 OVEST	1	30	13	2	1
1-50 EST	1	39	10	4	1
1-100 OVEST	1	33	13	2	1
1-100 EST	1	41	11	5	1
1-200 OVEST	1	36	10	0	1
1-200 EST	1	40	13	1	1
2-10 OVEST	1	40	13	41	1
2-10 EST	1	50	17	3	1
2-50 OVEST	1	31	14	54	1
2-50 EST	1	31	12	0	1
2-100 OVEST	1	31	10	0	1
2-100 EST	1	30	15	0	1
2-200 OVEST	1	51	11	1	1
2-200 EST	1	31	16	3	1
3-10 OVEST	1	48	11	2	1
3-10 EST	1	59	15	4	1
3-50 OVEST	1	46	44	2	1
3-50 EST	1	57	18	3	1
4-10 OVEST	1	67	13	6	1
4-10 EST	1	70	19	8	1
4-50 OVEST	1	52	19	4	1
4-50 EST	1	57	17	5	1



C.I.R.I.T.A.

**Nichel (Ni)** concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  (ppb)

Stazioni	Scambiabile	Carbonati	Ossidi di Fe e Mn	Sostanza organica	Silicati
1-10 OVEST	149	2058	10588	6276	712
1-10 EST	125	2020	10776	7200	688
1-50 OVEST	77	2136	6494	3129	610
1-50 EST	80	2506	6946	4460	128
1-100 OVEST	76	1943	6514	3121	332
1-100 EST	71	2714	6531	4287	316
1-200 OVEST	76	2009	5734	2878	476
1-200 EST	77	2239	6150	2779	501
2-10 OVEST	68	1829	4400	1852	719
2-10 EST	115	2594	8706	5346	757
2-50 OVEST	54	1830	3850	8175	460
2-50 EST	83	2154	4852	2058	441
2-100 OVEST	86	2041	3913	1349	221
2-100 EST	61	2259	5543	1478	286
2-200 OVEST	76	1850	5006	2438	499
2-200 EST	84	1982	5241	2292	375
3-10 OVEST	122	2115	9359	5539	1193
3-10 EST	146	3065	14463	8260	1481
3-50 OVEST	92	1693	8141	4030	931
3-50 EST	167	2978	25786	6401	2007
4-10 OVEST	94	1940	28767	7134	2068
4-10 EST	146	2760	30640	9245	2206
4-50 OVEST	102	1742	28257	5476	1630
4-50 EST	140	2274	29446	7811	1720

**Piombo (Pb)** concentrazioni espresse in  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  (ppb)

Stazioni	Scambiabile	Carbonati	Ossidi di Fe e Mn	Sostanza organica	Silicati
1-10 OVEST	105	2681	3881	1751	1274
1-10 EST	393	1481	3090	1173	1525
1-50 OVEST	73	1575	1796	741	1579
1-50 EST	280	1353	993	742	754
1-100 OVEST	81	1495	1838	761	1152
1-100 EST	220	1382	973	565	1016
1-200 OVEST	107	1853	1556	667	1292
1-200 EST	207	1320	1066	445	1011
2-10 OVEST	147	1693	1225	510	1108
2-10 EST	133	2666	1726	1120	1221
2-50 OVEST	213	1208	1042	510	971
2-50 EST	313	1215	901	442	1057
2-100 OVEST	227	1336	967	371	989
2-100 EST	267	1185	1086	322	1159
2-200 OVEST	107	1809	1422	743	1086
2-200 EST	213	1113	1020	436	1014
3-10 OVEST	93	4275	3173	1697	1578
3-10 EST	113	4238	3718	2027	1635
3-50 OVEST	90	3543	3616	1427	1486
3-50 EST	113	4146	3700	1634	1705
4-10 OVEST	100	5951	6923	2777	1643
4-10 EST	93	4567	7882	2931	1726
4-50 OVEST	93	5603	6438	2398	1702
4-50 EST	67	4397	7272	2760	1677



C.I.R.I.T.A.

**Rame (Cu)** concentrazioni espresse in  $\mu\text{g/Kg}$  (ppb)

Stazioni	Scambiabili	Carbonati	Ossidi di Fe e Mn	Sostanza organica	Silicati
1-10 OVEST	30	416	2990	50337	714
1-10 EST	7	217	1344	46736	785
1-50 OVEST	7	65	1259	17102	439
1-50 EST	7	76	684	15580	890
1-100 OVEST	6	98	1336	18472	487
1-100 EST	5	109	571	13962	458
1-200 OVEST	4	126	995	15972	623
1-200 EST	9	66	684	12689	398
2-10 OVEST	38	76	621	10344	560
2-10 EST	1	787	1727	28919	695
2-50 OVEST	10	17	404	8909	445
2-50 EST	4	12	375	7415	586
2-100 OVEST	27	20	359	6819	501
2-100 EST	1	10	515	6695	1139
2-200 OVEST	1	143	846	14238	549
2-200 EST	3	15	465	8676	375
3-10 OVEST	11	566	1899	43124	881
3-10 EST	6	1196	3237	57350	990
3-50 OVEST	15	216	1828	36795	672
3-50 EST	14	1147	3506	52690	1021
4-10 OVEST	26	397	3109	70799	1094
4-10 EST	18	910	4008	79181	1361
4-50 OVEST	23	290	2923	61940	1145
4-50 EST	19	446	2862	72486	1184

**Zinco (Zn)** concentrazioni espresse in  $\mu\text{g/Kg}$  (ppb)

Stazioni	Scambiabili	Carbonati	Ossidi di Fe e Mn	Sostanza organica	Silicati
1-10 OVEST	300	3262	25989	18716	4495
1-10 EST	550	2666	17576	17265	3546
1-50 OVEST	324	1862	15509	9067	1708
1-50 EST	639	2244	10981	9441	1698
1-100 OVEST	440	2036	15548	9184	1928
1-100 EST	446	2241	11331	8063	1072
1-200 OVEST	405	1956	14229	8078	2307
1-200 EST	469	2027	11402	6204	3554
2-10 OVEST	349	1621	10890	5490	2834
2-10 EST	424	3285	16996	11914	4466
2-50 OVEST	378	1236	9412	12427	1933
2-50 EST	422	1471	8955	4922	3013
2-100 OVEST	468	1391	10944	5819	1543
2-100 EST	509	1814	10245	7739	2317
2-200 OVEST	330	1983	14022	8033	1914
2-200 EST	389	1505	10301	6100	1534
3-10 OVEST	297	3072	22137	17610	4353
3-10 EST	369	4902	29172	21338	6219
3-50 OVEST	279	2360	21135	15392	3187
3-50 EST	449	4695	30452	18268	6559
4-10 OVEST	332	3499	46796	24212	7141
4-10 EST	357	6399	38927	25932	8608
4-50 OVEST	431	3139	36413	21849	6888
4-50 EST	360	3572	35801	24340	7413



C.I.R.I.T.A.

In generale, le concentrazioni totali di tutti i metalli tranne quelle dell'arsenico, tenendo conto delle incertezze sul campionamento e sull'analisi, si mantengono costanti fino alla seconda linea batimetrica. Da questo punto in poi, pressoché dalla stazione 2-200 est, si nota che le concentrazioni tendono ad aumentare.

### Arsenico (As)

L'arsenico è presente principalmente nella fase organica e negli ossidi di Fe e Mn. Le concentrazioni si mantengono costanti nei carbonati e nei silicati. Molto basse risultano le concentrazioni di arsenico scambiabile.

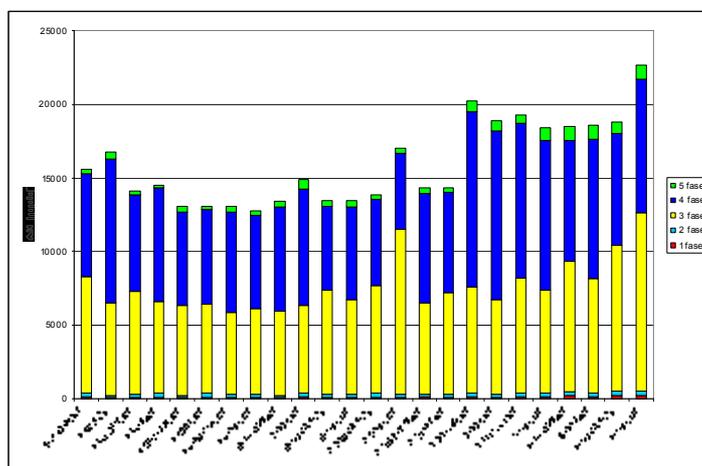


Figura 1 – concentrazioni di As ( $\mu\text{g}/\text{Kg d.w.}$ )

### Cadmio (Cd)

Le concentrazioni di questo metallo legato labilmente ai sedimenti risultano, nella maggior parte delle stazioni, minori dei limiti di rivelabilità del metodo. In quasi tutti i campioni, si riscontrano basse concentrazioni di Cd legato ai carbonati, agli ossidi di ferro e manganese e alla sostanza organica.

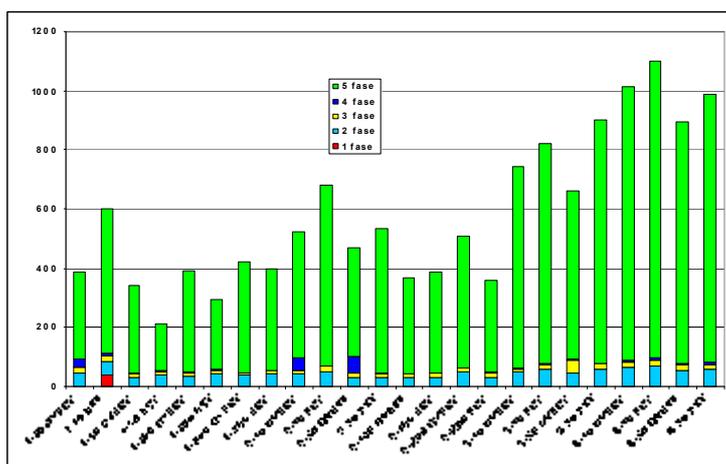


Figura 2 – concentrazioni di Cd ( $\mu\text{g}/\text{Kg d.w.}$ )



C.I.R.I.T.A.

## Nichel (Ni)

La concentrazione di Nichel riscontrata nella prima fase è trascurabile rispetto a quella totale. Il metallo è presente nei campioni principalmente sotto forma organica e/o di solfuri. I carbonati si mantengono pressoché costanti in tutta la zona investigata.

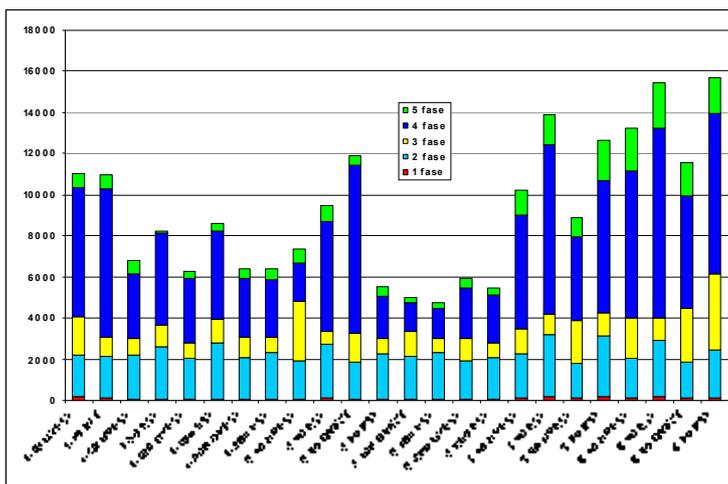


Figura 3 – concentrazioni di Ni ( $\mu\text{g}/\text{Kg d.w.}$ )

## Piombo (Pb)

Le concentrazioni totali di piombo aumentano dalla stazione 3-10 ovest. In quasi tutte le stazioni l'analita è distribuito principalmente nella seconda e nella terza fase.

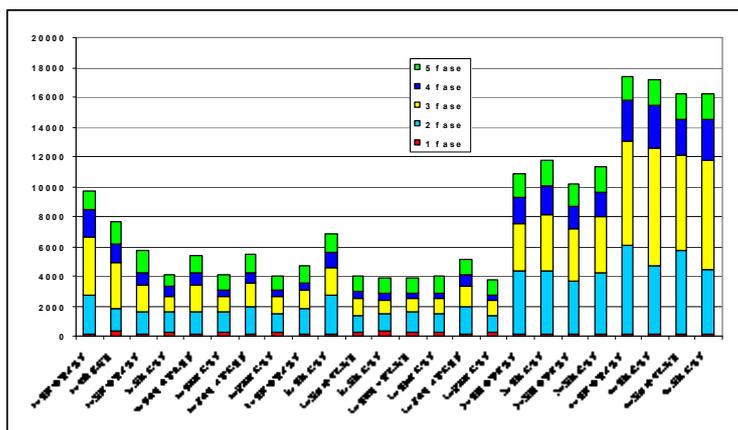


Figura 4 – concentrazioni di Pb ( $\mu\text{g}/\text{Kg d.w.}$ )



C.I.R.I.T.A.

### Rame (Cu)

Elevate concentrazioni di rame si riscontrano nelle stazioni 1-10 est ed 1-10 ovest ed in quelle a partire dalla 3-10 ovest. Il metallo è presente nei campioni sotto forma di sostanze organiche o, più probabilmente, sotto forma di solfuro.

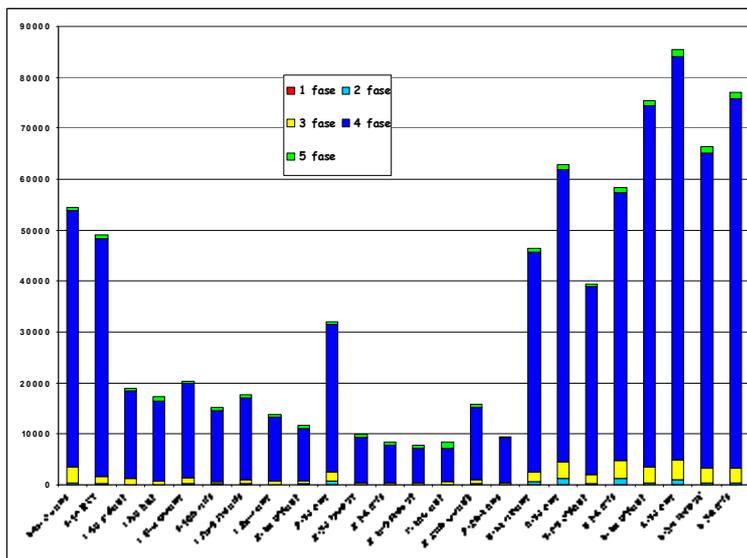


Figura 5 – concentrazioni di Cu (µg/Kg d.w.)

### Zinco (Zn)

La concentrazione di zinco scambiabile è trascurabile rispetto a quella del metallo legato agli ossidi di ferro e manganese ed alle sostanze organiche e/o ai solfuri. Non varia apprezzabilmente la concentrazione di metallo legato ai carbonati, mentre si osserva un aumento della concentrazione di zinco legato agli ossidi di Ferro e Manganese e di quello legato alla frazione organica all'aumentare della batimetria.

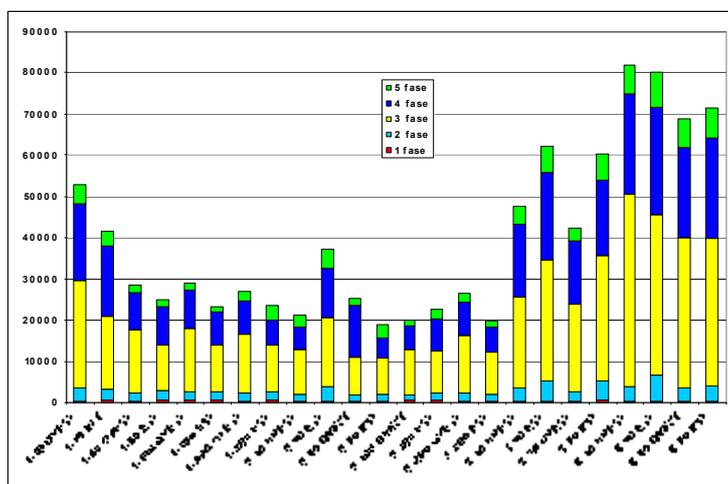


Figura 6 – concentrazioni di Zn (µg/Kg d.w.)



C.I.R.I.T.A.

## 4.2 Metalli nei campioni d'acqua

Dalla figura 7 si può osservare che i metalli presenti in maggior concentrazione nelle stazioni prese in considerazione sono il piombo ed il rame. In particolare, le loro concentrazioni sono comprese, rispettivamente, tra 1 e 6.2 ppb e tra 1,4 e 6,9 ppb, mentre le concentrazioni di nichel variano tra 0.1 e 0.91 ppb. Cadmio ed Arsenico, presenti in concentrazione minori variano, rispettivamente, da 0,16 a 0,75 ppb e da 0.035 a 0.11 ppb.

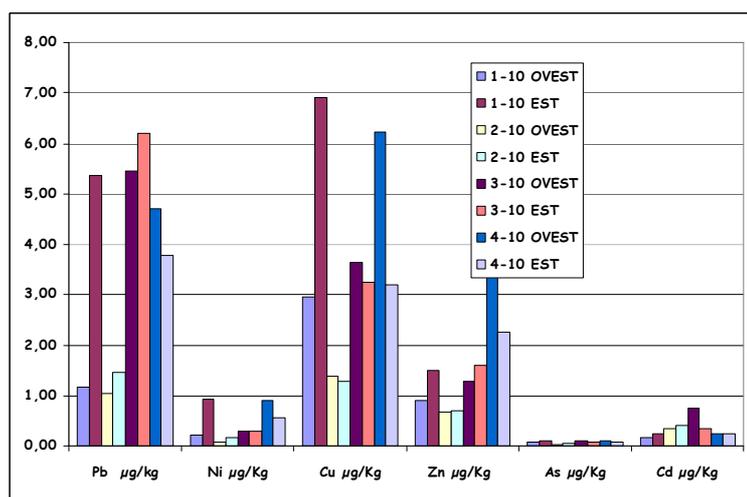


Figura 7 – concentrazioni di metalli nelle acque (ppb)

## 5. Analisi degli Idrocarburi Policiclici Aromatici

### 5.1 Estrazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici dai sedimenti

Prima dell'estrazione, ad una quantità accuratamente pesata di sedimento, precedentemente scongelato ed omogeneizzato con Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anidro in polvere, sono stati aggiunti 400 mg di rame granulare lavato con HCl 1N, acqua distillata, acetone e diclorometano.

Il campione così trattato è stato estratto in Soxhlet, per 24 ore, con una miscela 1:1 n-pentano e diclorometano (Simoneit, 1998). Il riscaldamento è stato regolato in modo tale che il solvente effettuasse 5 cicli l'ora. L'estratto ottenuto è stato ridotto a piccolo volume usando un evaporatore rotante termostato a 40 °C. Mediante una debole corrente d'azoto, l'estratto è stato portato completamente a secco e successivamente addizionato di 1 ml di una soluzione cicloesamica contenente quattro standard deuterati (concentrazione 0.2 mg/l):

- ↘ Acenafte  $d_{10}$ ;
- ↘ Fenantrene  $d_{10}$ ;
- ↘ Crisene  $d_{12}$ ;
- ↘ Perilene  $d_{12}$ .



C.I.R.I.T.A.

L'analisi è stata condotta con GC-MS utilizzando il metodo SIM.

Nelle tabelle 3 e 4 sono riportate le concentrazioni parziali dei singoli IPA espresse in  $\mu\text{g}/\text{Kg}$

Composti	1-10-est	1-10-ovest	1-50-est	1-50-ovest	1-100-est	1-100-ovest	1-200-est	1-200-ovest	2-10-est	2-10-ovest	2-50-est	2-50-ovest
Naftalina	16,9	21,4	3,8	4,2	16,3	4,0	14,0	40,8	19,9	12,8	19,7	3,9
acenaftilene	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,4	1,7	0,7	1,5
Acenaftene	1,6	0,5	0,1	0,6	0,4	0,4	1,4	0,6	0,6	2,7	2,1	1,5
Fluorene	1,1	0,9	0,6	0,4	0,4	0,5	2,1	0,6	1,2	2,2	1,0	1,2
Fenantrene	2,8	4,6	3,0	2,5	1,5	2,8	3,3	3,5	7,5	10,1	1,5	4,1
Antracene	0,4	0,5	0,5	0,3	0,1	0,4	0,3	0,3	0,3	1,3	0,1	0,2
Fluorantene	1,4	3,7	1,3	1,9	0,7	2,9	2,9	2,5	2,3	7,9	0,5	2,4
Pirene	1,7	4,4	1,4	2,0	1,0	3,2	3,7	2,4	1,9	6,6	0,4	2,6
benzo (a) antracene	0,5	1,9	0,1	0,3	0,1	0,8	0,5	0,7	0,1	0,9	0,1	0,4
Crisene	1,1	2,8	0,7	1,4	0,2	1,3	0,7	2,3	0,8	6,5	0,5	1,1
benzo (b) fluorantene	0,5	1,7	0,4	1,0	0,4	0,8	0,8	1,1	0,5	2,6	0,1	0,1
benzo (k) fluorantene	0,2	1,5	0,6	0,7	0,2	0,7	0,8	0,9	0,4	1,9	0,1	0,2
benzo (a) pirene	0,2	2,0	0,6	0,6	0,3	0,8	0,9	0,3	0,1	0,8	0,1	0,2
indeno(1,2,3-cd) pyrene	0,1	1,9	0,2	0,1	0,1	0,8	0,6	0,3	0,2	0,5	0,2	0,5
dibenzo (a,h) anthracene	0,2	1,9	0,3	0,3	0,2	0,7	0,2	0,5	0,4	0,9	0,3	0,8
benzo (g,h,i) perilene	0,2	3,3	0,2	0,2	0,1	1,1	1,0	0,3	0,2	0,8	0,3	0,7

Tabella 3 - contrazioni dei singoli IPA ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$  d.w.)

Composti	2-100-est	2-100-ovest	2-200-est	2-200-ovest	3-10-est	3-10-ovest	3-50-est	3-50-ovest	4-10-est	4-10-ovest	4-50-est	4-50-ovest
Naftalene	2,6	10,1	7,9	39,7	3,3	42,4	6,6	4,4	269,7	20,9	3,5	22,2
acenaftilene	0,1	0,0	1,2	1,0	0,2	0,3	0,2	2,6	17,5	0,7	0,1	0,4
Acenaftene	1,6	0,4	2,5	1,4	2,6	1,1	0,6	16,2	6,7	4,7	2,3	1,0
Fluorene	0,3	0,5	0,8	2,7	2,5	1,1	0,7	10,5	7,6	6,3	1,3	1,1
fenantrene	1,3	2,5	1,6	5,5	24,5	5,6	4,0	48,1	21,0	70,2	10,5	9,1
antracene	0,2	0,3	0,2	0,5	5,6	0,9	0,4	14,1	3,5	19,8	2,4	1,2
fluorantene	0,4	1,7	0,7	6,1	19,1	6,3	5,3	38,6	25,1	56,4	10,1	8,6
Pirene	0,6	1,9	0,8	6,9	21,2	5,2	4,4	28,7	23,0	43,5	9,1	8,0
benzo (a) antracene	0,1	0,3	0,2	0,8	7,2	2,2	1,2	7,4	5,4	30,8	4,1	4,0
Crisene	0,4	1,1	0,4	1,3	15,4	5,7	2,7	26,3	13,5	41,3	8,2	8,1
benzo (b) fluorantene	0,0	0,6	0,3	1,2	7,8	2,9	3,4	9,2	12,2	28,4	4,0	4,4
benzo (k) fluorantene	0,0	0,5	0,3	1,2	7,4	3,5	3,1	9,5	10,7	29,2	3,0	5,0
benzo (a) pirene	0,2	0,5	0,3	1,0	10,4	2,3	1,9	5,7	9,5	33,5	4,3	4,8
indeno(1,2,3-cd) pyrene	0,1	0,1	0,1	0,8	5,6	4,0	1,9	5,2	4,4	13,2	0,3	3,4
dibenzo (a,h) anthracene	0,3	0,2	0,1	0,4	2,7	1,1	0,6	6,6	4,0	6,3	0,6	1,1
benzo (g,h,i) perilene	0,2	0,1	0,1	0,9	8,9	4,5	2,8	9,3	7,2	16,3	0,3	3,8

Tabella 4 - contrazioni dei singoli IPA ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$  d.w.)



C.I.R.I.T.A.

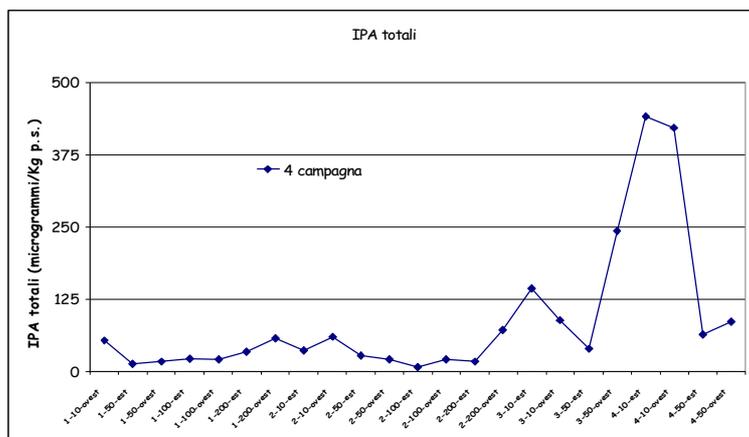


Figura 8 - contrazioni di IPA totali ( $\mu\text{g}/\text{Kg d.w.}$ )

Nei campioni di sedimento, le concentrazioni totali di Idrocarburi Policiclici Aromatici variano da 8 a 441  $\mu\text{g}/\text{Kg p.s.}$ . A prescindere da pochi campioni, la maggior parte presenta concentrazioni molto simili tra loro. Si nota soltanto una leggera diminuzione delle concentrazioni di IPA allontanandosi ad est e ad ovest dalla posizione del gasdotto, come si può osservare dalla figura 9 in cui sono riportate le concentrazioni totali di IPA contro la distanza dal tubo, a cui è stata attribuita coordinata 0. Lo stesso andamento si riscontra anche per alcuni IPA considerati singolarmente.

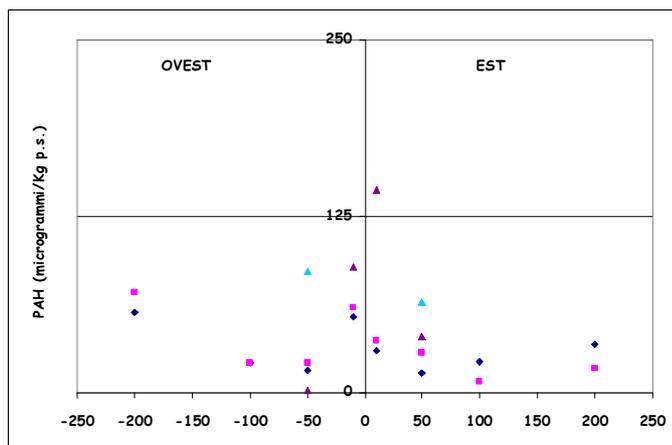


Figura 9 – concentrazioni totali di IPA ( $\mu\text{g}/\text{Kg d.w.}$ )

## 5.2 IPA nei campioni d'acqua

L'estrazione degli IPA dai campioni di acqua è stata effettuata mediante tecnica SPE (Envy Disk). Prima dell'estrazione il disco è stato condizionato con diclorometano e acetonitrile. Dopo il passaggio del campione di acqua attraverso il filtro, gli analiti sono stati eluiti con diclorometano e n-esano in successione. L'analisi è stata condotta con GC-MS utilizzando il metodo SIM.



C.I.R.I.T.A.

### Analisi IPA

Per quanto riguarda la determinazione degli IPA nei campioni d'acqua, i risultati ottenuti mostrano valori nulli o molto vicini al limite di rivelabilità della metodica.

Concentrazioni così basse ci hanno indotto ad effettuare ulteriori verifiche (confronto di bianchi, prove di recupero, ripetizione delle analisi su campioni già analizzati). Pertanto, possiamo considerare assenti gli IPA nei campioni d'acqua.

### 6. TOC nei campioni d'acqua

I risultati della determinazione del total organic carbon nei campioni d'acqua sono sotto riportati. In pratica, a meno della stazione 4-10 W non si osservano variazioni apprezzabili delle concentrazioni relativamente alla diversa posizione delle stazioni di campionamento. Il valore medio risulta 4,1 mg/l.

Stazioni	1-10 E	1-10 W	2-10 E	2-10 W	3-10 E	3-10 W	4-10 E	4-10 W
TOC (mg/l)	3,1	1,9	2,8	2,1	3	3,6	4,1	12,5

Tabella 5 – TOC (mg/l)

### 7. Considerazioni sui risultati ottenuti

In generale, le concentrazioni degli analiti (IPA e metalli) presi in considerazione non fanno ipotizzare condizioni ambientali allarmanti, comunque si nota un lieve peggioramento rispetto a quello riscontrato con la 3° campagna.

### 8. Bibliografia

- I.R.S.A., 1986. Atti del convegno «Criteri e limiti per il controllo delle acque, dieci anni di esperienze». C.N.R., Roma, Quaderno 75.
- Fossato V.U., 1983. Metodologie di analisi di idrocarburi da petrolio. Metodologie analitiche per lo studio della qualità dell'Ambiente Marino. CNR Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini.
- Spinelli G., M. Mazzetti, P. Colombini, D. Greco, F. Righini e B. Pisani. Boll. Chim. Igien., Vol 50 (1999)
- Reddy C.M., J.G. Quinn., 1990. Marine Pollution Bulletin, Vol 38, 2, 126-135 (1990)
- Seritti D., Russo, L., Nannicini, R., Del Vecchio, 1998. Chem. Spec. and Biovail. 10 (3)
- Simoneit B.R.T., PAHs and related compounds, vol.3-I, Springer (1998)
- Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Analytical Chemistry, vol.51,7 (1979)