

4.3 SEDIMENTI

I risultati della ricerca di contaminanti nei sedimenti marini sono stati confrontati, ove possibile, con gli SQA – MA (Standard di qualità ambientale espressi come valore medio annuo) del **DM 56/09**, tab.2/A e tab.3/B dell'allegato 1, relativi allo stato chimico e allo stato ecologico.

In Tabella 71 si riportano gli Standard di qualità ambientale dei sedimenti per i metalli e per le altre sostanze, non appartenenti all'elenco di priorità, nei corpi idrici marino-costieri e di transizione.

Nel corso della campagna 2009 è stato seguito il piano di campionamento previsto dall'allegato 1 al Programma di monitoraggio: in ogni stazione, scelta in una zona caratterizzata da fondale con sedimento fangoso, sono state prelevate tre carote indisturbate della lunghezza di 20 cm. Dalle tre carote sono state prelevate e mescolate le porzioni "superficiali" delle carote (0 – 5 cm) e quelle "profonde" (15 – 20 cm). In ogni punto di indagine è quindi stato ottenuto un campione "superficiale" ed uno "profondo" sul quale eseguire le determinazioni analitiche che si riportano di seguito. I risultati ottenuti sono stati rappresentati su di un unico grafico che permette il raffronto dei risultati ottenuti alle due profondità.



NUMERO CAS	PARAMETRI	SQA-MA
	Metalli	mg/kg s.s
7440-38-2	Arsenico	12
7440-43-9	Cadmio	0,3
7439-97-6	Mercurio	0,3
7440-02-0	Nichel	30
7439-92-1	Piombo	30
7440-47-3	Cromo totale	50
	Cromo VI	2
	Composti organo metallici	µg/ kg s.s
	Tributilstagno	5
	Policiclici Aromatici	µg/ kg s.s
	IPA totali [1]	800
50-32-8	Benzo(a)pirene *	30
205-99-2	Benzo(b) fluorantene *	40
207-08-9	Benzo(k)fluorantene *	20
191-24-2	Benzo(g,h,i)perilene *	55
193-39-5	Indenopirene *	70
120-12-7	Antracene	45
206-44-0	Fluorantene	110
91-20-3	Naftalene	35
	Pesticidi	µg/ kg s.s
309-00-2	Aldrin	0,2
319-84-6	Alfa esaclorocicloesano	0,2
319-85-7	Beta esaclorocicloesano	0,2
58-89-9	Gamma esaclorocicloesano lindano	0,2
	DDT [2]	1
	DDD [2]	0,5
	DDE [2]	1,8
60-57-1	Dieldrin	0.2
118-74-1	Esaclorobenzene	0,4
	Diossine e Furani	µg/ kg
	Sommat. PCDD, PCDF e PCB diossina simili (T.E.)	2×10^{-3}
	PCB	µg/ kg
	PCB totali [3]	8

[1]La somma è riferita ai seguenti IPA: (Naftalene, acenaftene, Acenaftilene, Fenantrene,Fluorantene, Benz(a) antracene, Crisene, Benz(b) fluorantene, Benzo(k) fluorantene,Benz(a)pirene, dibenzo(a,h)antracene, antracene, pirene, benzo(g,h,i) perilene,Indeno(1,2,3)c,d pirene, fluorene).

[2] DDE, DDD, DDT: lo standard è riferito alla somma degli isomeri 2,4 e 4,4 di ciascuna sostanza.

[3]: sommatoria dei segg. congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180.

Tabella 71



4.3.1 Granulometria

Di seguito si riportano i valori relativi alla granulometria dei sedimenti "superficiali" e "profondi" campionati nella campagna di monitoraggio effettuata nei mesi di marzo e aprile 2009.

Stazione	Campagna marzo-aprile 2009		
	ghiaia	sabbia	pelite
IMPS	16.1	83.7	0.2
VADS	63.7	36.2	0
LERS	50.9	46.6	2.5
MESS	7.7	89.2	3.1
MARS	40.2	55.1	4.7

Tabella 72 valori granulometrici nei campioni "superficiali"

Stazione	Campagna marzo-aprile 2009		
	ghiaia	sabbia	pelite
IMPS	0	80.3	19.6
VADS	0	21.4	78.5
LERS	1.9	24.2	73.9
MESS	0.8	90.9	8.3
MARS	32.3	46.7	21

Tabella 73 valori granulometrici nei campioni "profondi"

I successivi grafici a torta riportano le percentuali di frazioni granulometriche superficiali e profonde per ogni stazione.



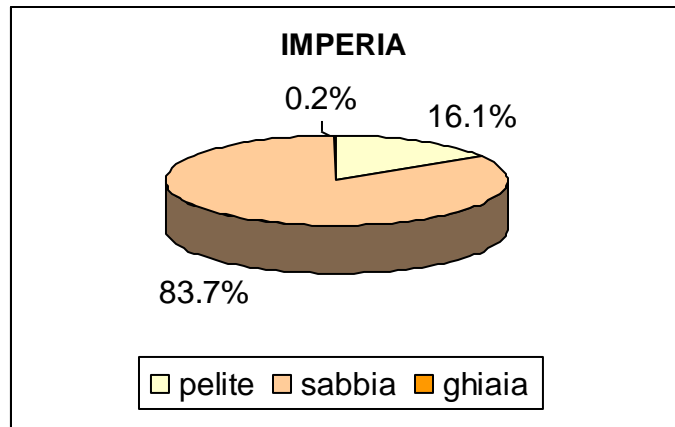


Figura 128 - Imperia, granulometria sedimenti "Superficiali"

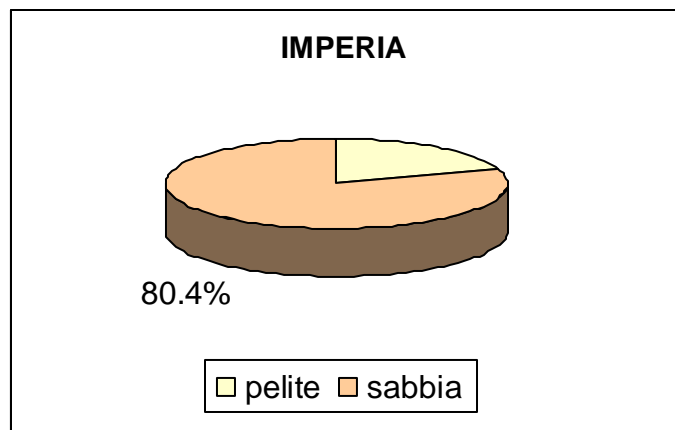


Figura 129 - Imperia, granulometria sedimenti "Profondi"

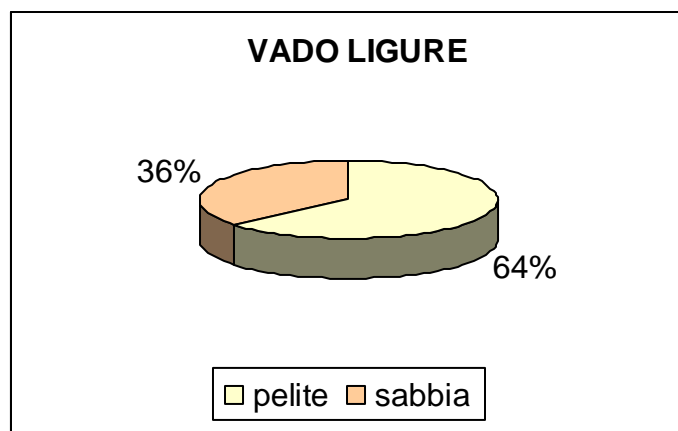


Figura 130 - Vado Ligure. Granulometria sedimenti "Superficiali"

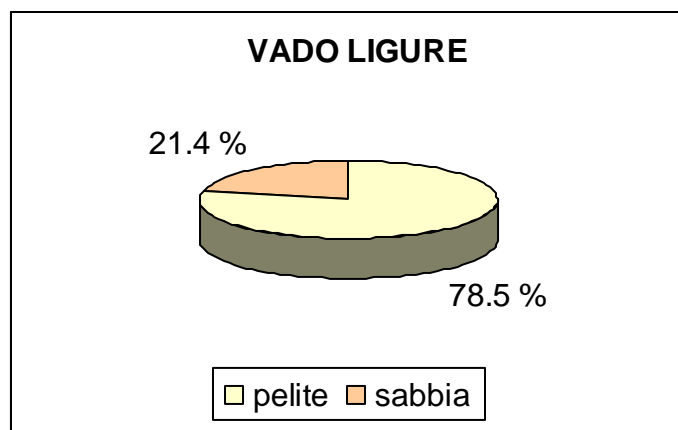


Figura 131 - Vado Ligure. Granulometria sedimenti "Profondi"

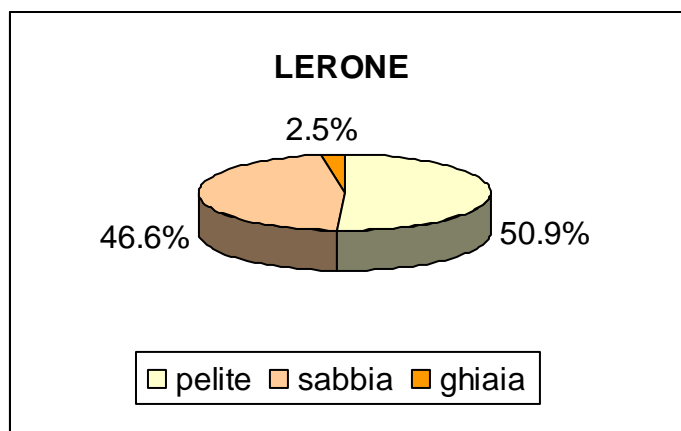


Figura 132 - Lerone. Granulometria sedimenti "Superficiali"

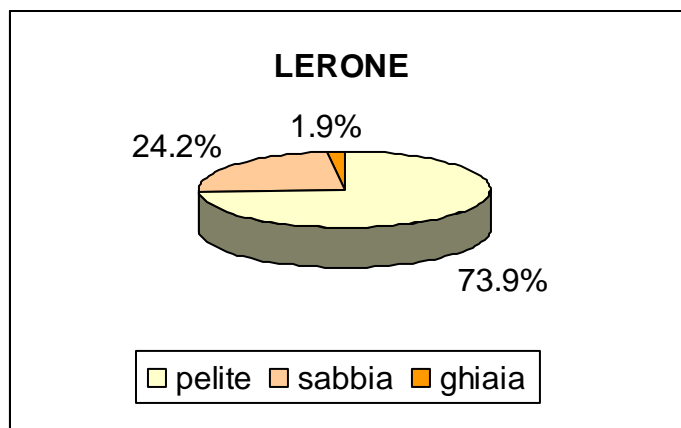


Figura 133 - Lerone. Granulometria sedimenti "Profondi"

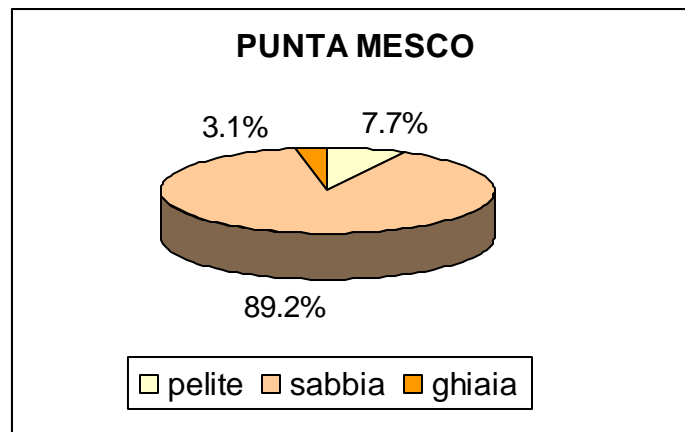


Figura 134 - Punta Mesco. Granulometria sedimenti "Superficiali"

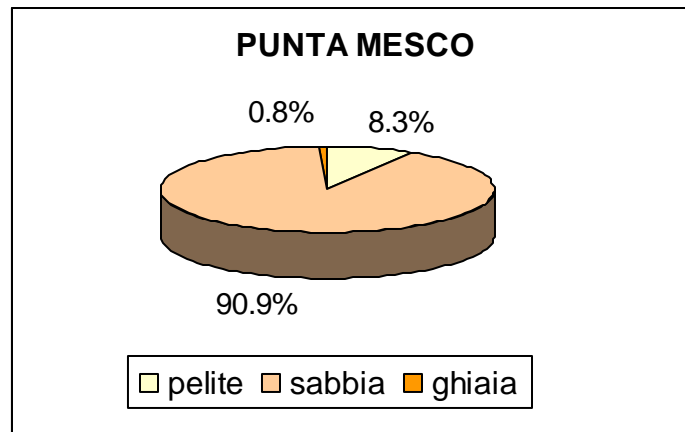


Figura 135 - Punta Mesco. Granulometria sedimenti "Profondi"

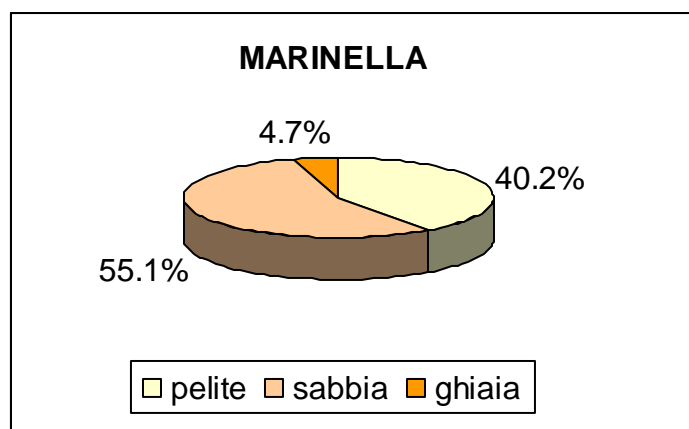


Figura 136 - Marinella. Granulometria sedimenti "Superficiali"

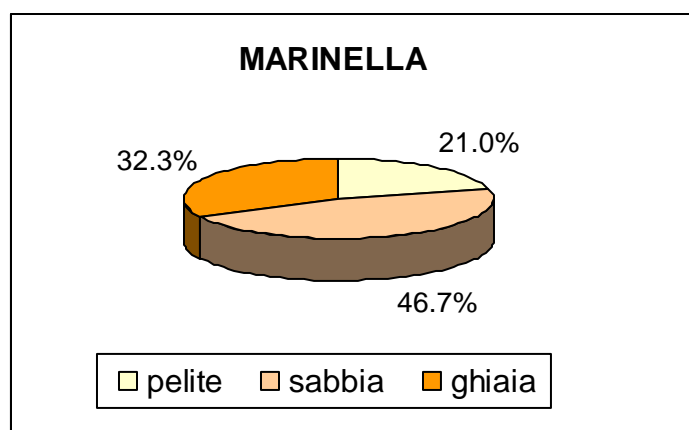


Figura 137 - Marinella. Granulometria sedimenti "Profondi"

I grafici successivi permettono un confronto delle percentuali di frazione granulometrica tra le diverse stazioni monitorate.

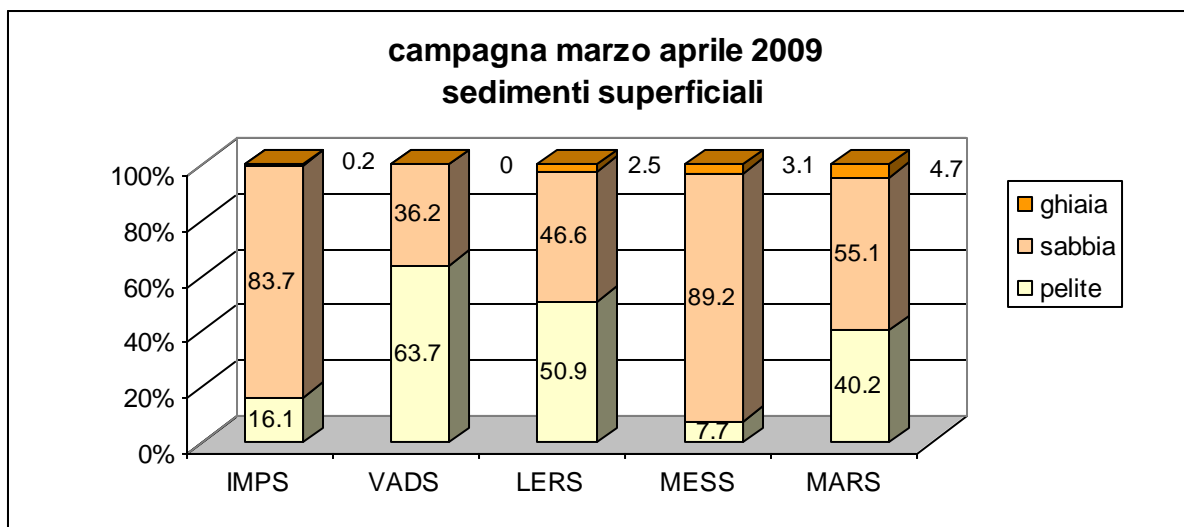


Figura 138 - Frazioni granulometriche "Superficiali"

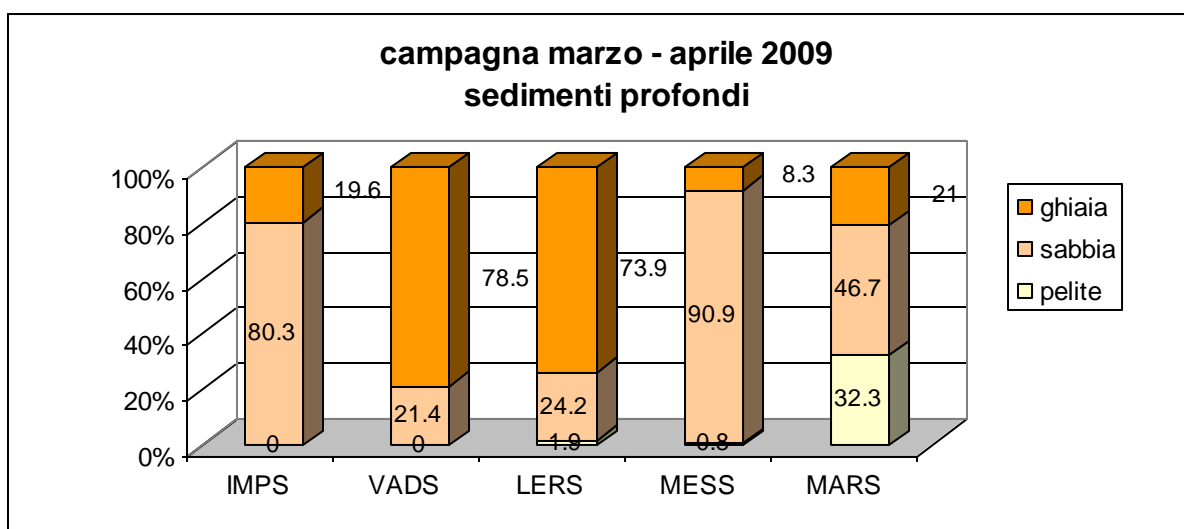


Figura 139 - Frazioni granulometriche "Profonde"

Dai grafici si può notare come la frazione pelitica e sabbiosa siano quelle maggiormente presenti a livello superficiale in tutte le cinque stazioni rispetto alla frazione ghiaiosa. Nei sedimenti "Profondi" è invece la frazione pelitica a risultare assente o trascurabile rispetto alle frazioni sabbiose, preponderanti a Imperia e Mesco, e ghiaiose, preponderanti a Vado e Lerone. Solo Marinella presenta, a livello profondo, una frazione pelitica apprezzabile e pari a



poco più del 30%. La variabilità della composizione granulometrica, tra le diverse stazioni evidenziata con gli studi precedenti a livello superficiale è confermata da questo studio sia a livello superficiale che profondo..

4.3.2 Metalli

I risultati relativi alle concentrazioni di metalli nei sedimenti "Superficiali" vengono riportati nella Tabella 74; mentre la Tabella 75 riporta le concentrazioni di metalli riscontrate nei sedimenti "Profondi". Le scale dei grafici sono state adattate al range di valori di ogni metallo al fine di ottenere il miglior risultato visivo. Gli istogrammi dei diversi metalli non sono quindi direttamente confrontabili tra loro.

I risultati sono illustrati nelle figure successive, una per ciascun metallo. Dove definito dal DM56/09 un valore di SQA-MA lo stesso è stato riportato nel grafico.

I valori di concentrazione del cromo nei sedimenti, raffigurati in Figura 142 sono espressi in scala logaritmica.



Metalli nei sedimenti superficiali mg/Kg s.s.												
Stazione	Alluminio	Arsenico	Cadmio	Cromo	Cromo VI	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Ferro	Vanadio	Zinco
IMPS	5878	11.9	0.06	8	0	0.02	15	14	6	10800	18	32
VADS	6119	17.3	0.46	49	0	1.56	41	66	27	23923	38	199
LEERS	14715	44.6	0.1	2538	0	0.13	591	85	29	59036	179	188
MESS	5885.7	6.4	0	26.1	0.3	0.03	22.8	8.2	5.5	10327.2	12.3	53.9
MARS	12386.5	5.1	0.07	73.5	0.5	0.04	62.5	11.5	13.5	15036.3	27.7	86.3

Tabella 74. Metalli nei sedimenti "Superficiali"

Metalli nei sedimenti profondi mg/Kg s.s.												
Stazione	Alluminio	Arsenico	Cadmio	Cromo	Cromo VI	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Ferro	Vanadio	Zinco
IMPS	5546	8.5	0.05	7	0	0.03	15	12	6	9877	15	28
VADS	5922	29.9	1.6	54	0	3.6	47	154	43	28350	44	397
LEERS	15506	31.5	0.13	3208	0	0.22	600	96	33	63073	204	196
MESS	6078.8	6.9	0	33.1	0.5	0.08	27.4	7.6	5.71	10987.5	13.2	66.4
MARS	9878.4	6.7	0.06	55	0.4	0.03	49.2	9.3	9.9	7859.3	23.2	78.2

Tabella 75. Metalli nei sedimenti "Profondi"



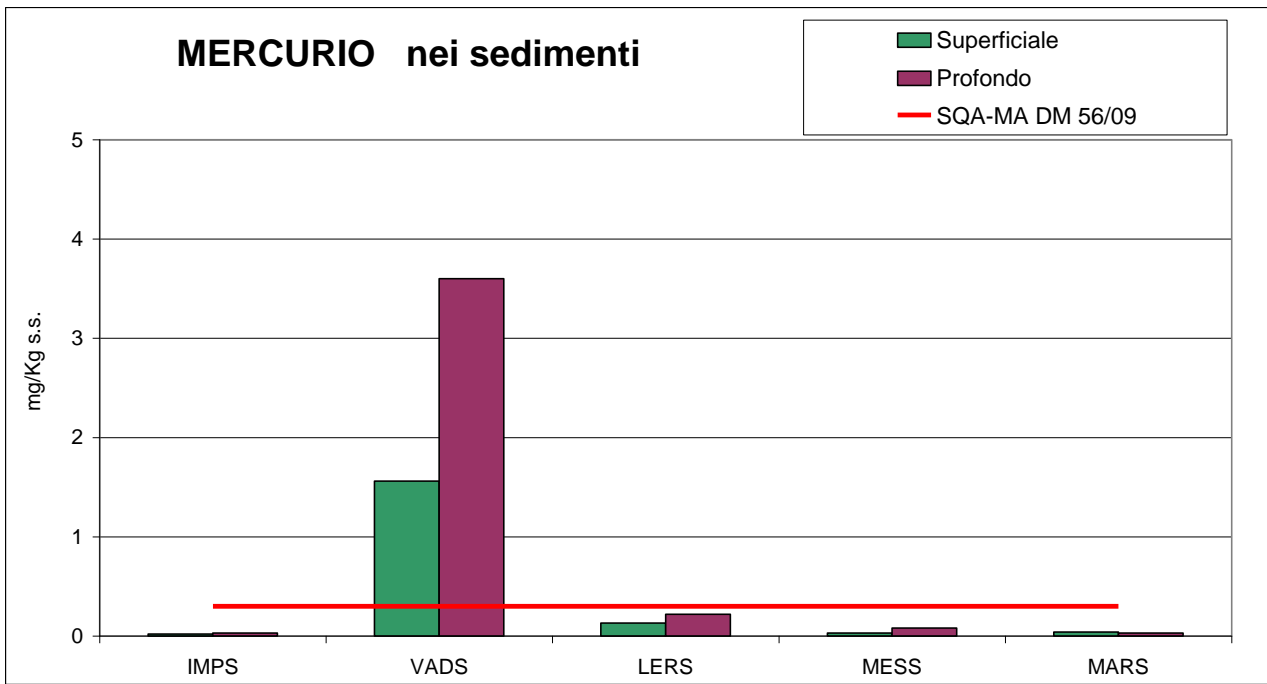


Figura 140. Mercurio

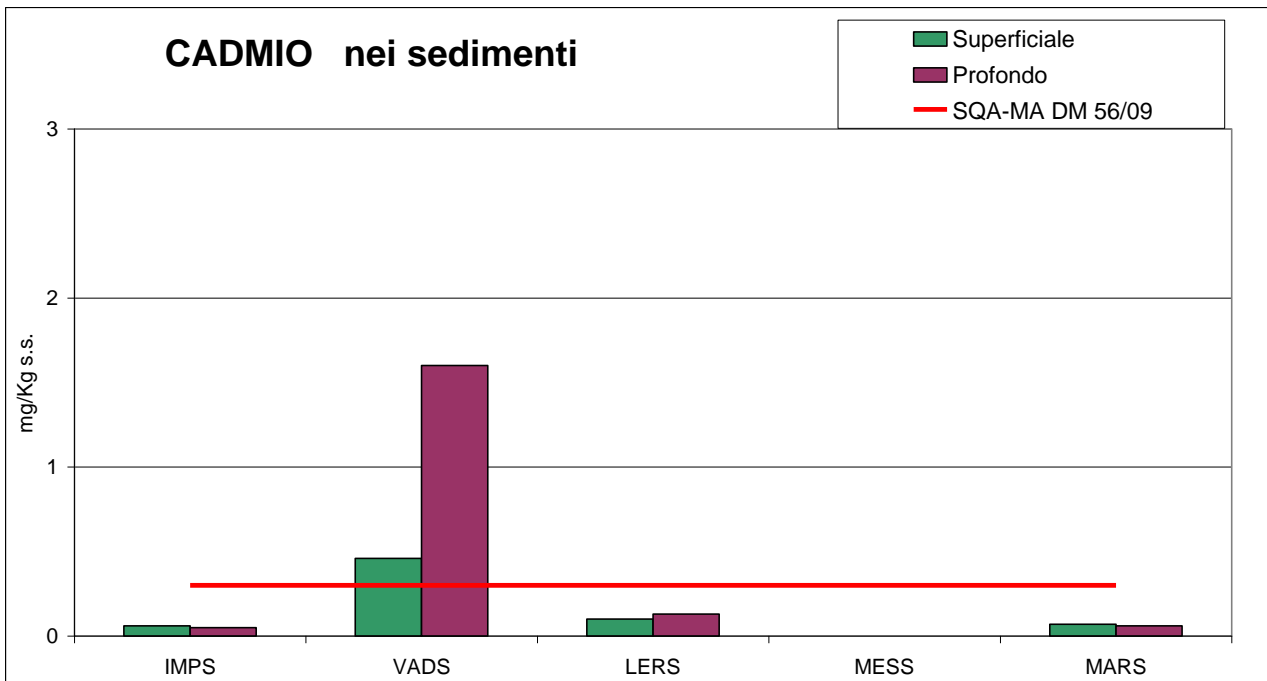


Figura 141 - Cadmio



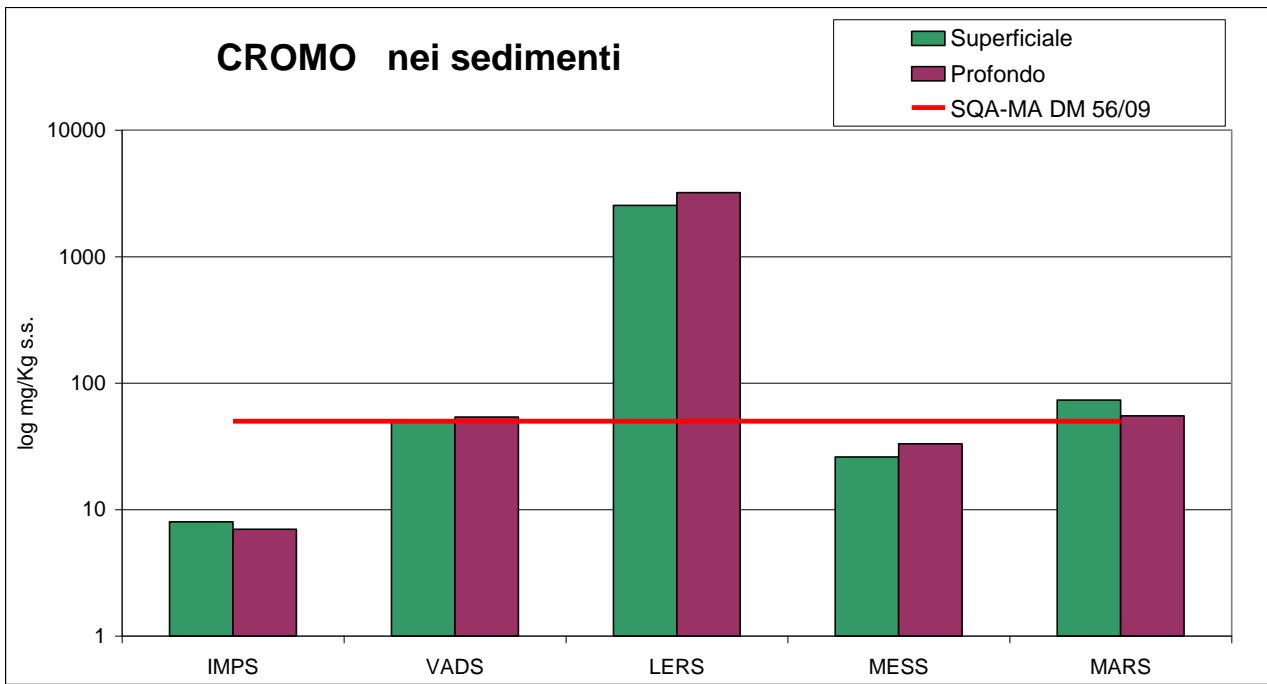


Figura 142 - Cromo

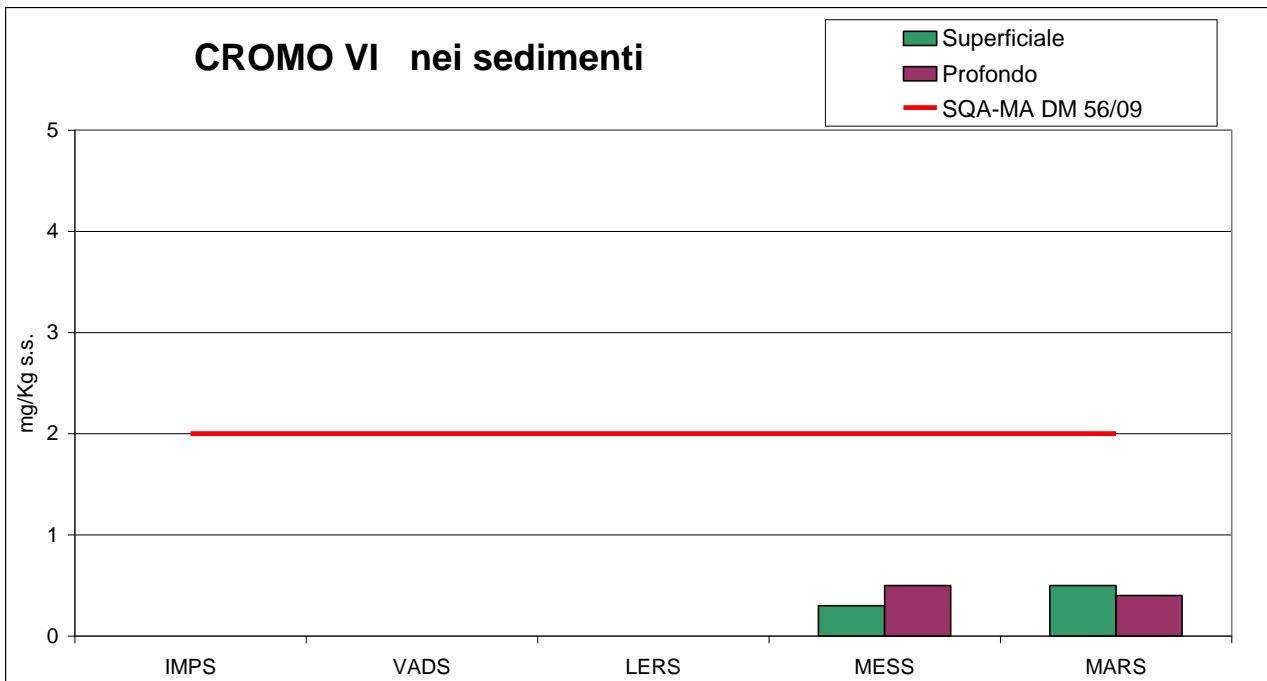


Figura 143 - Cromo VI



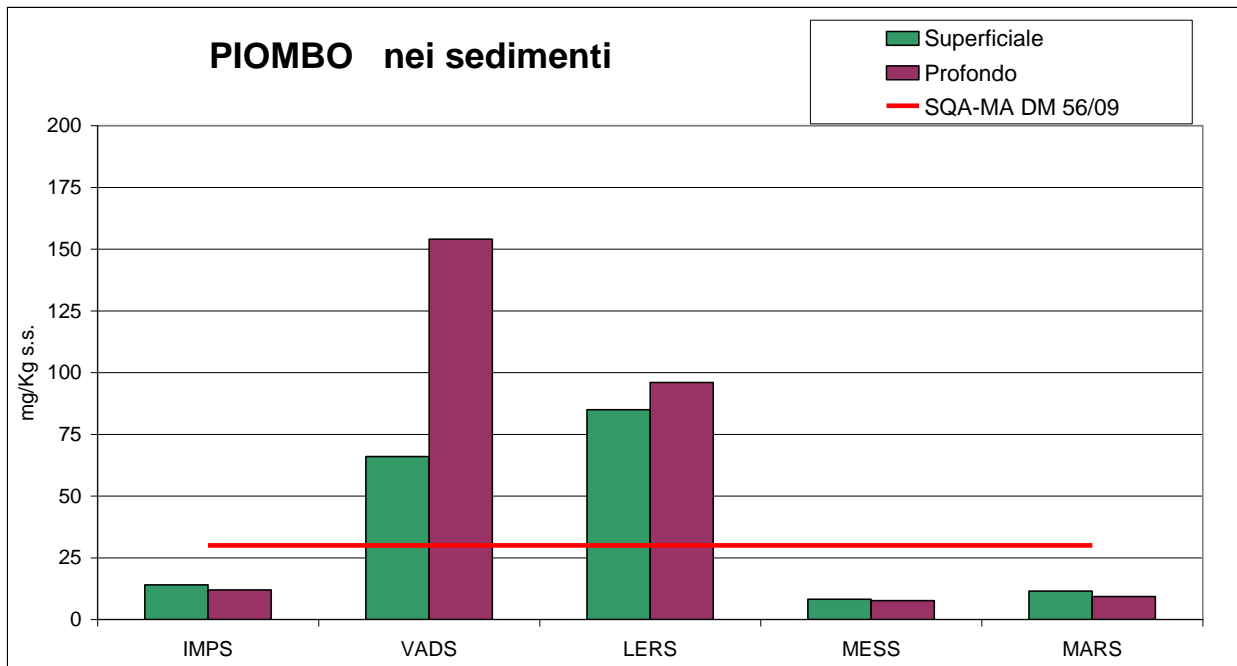


Figura 144 - Piombo

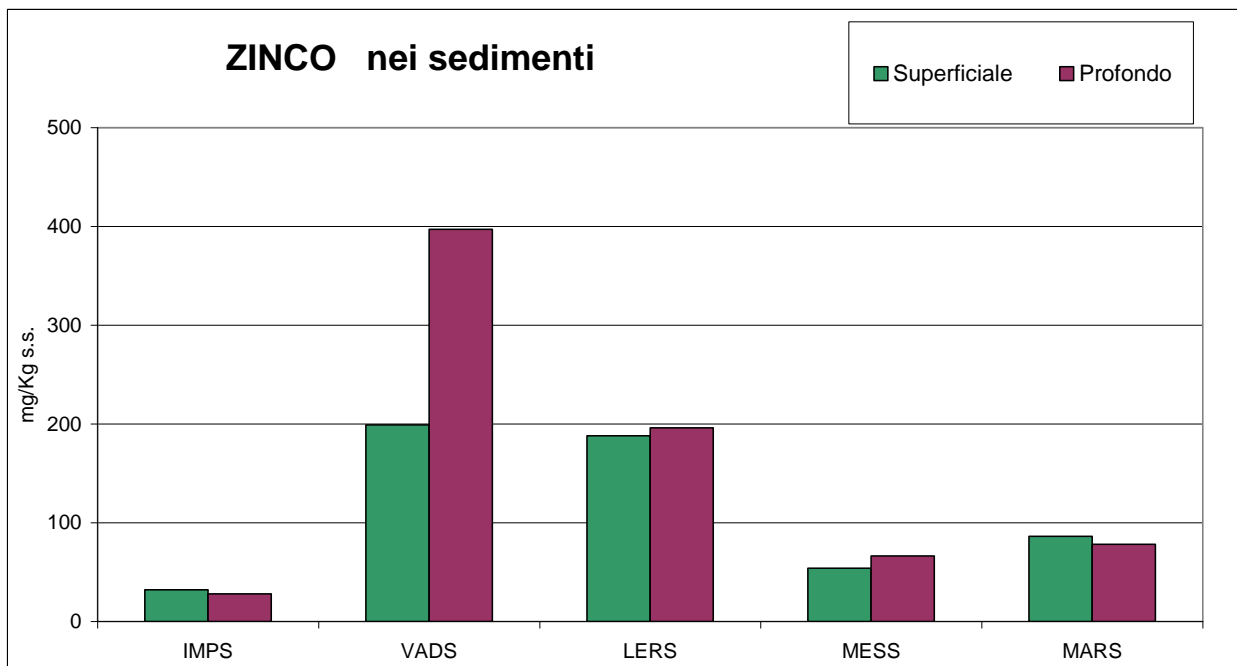


Figura 145 - Zinco



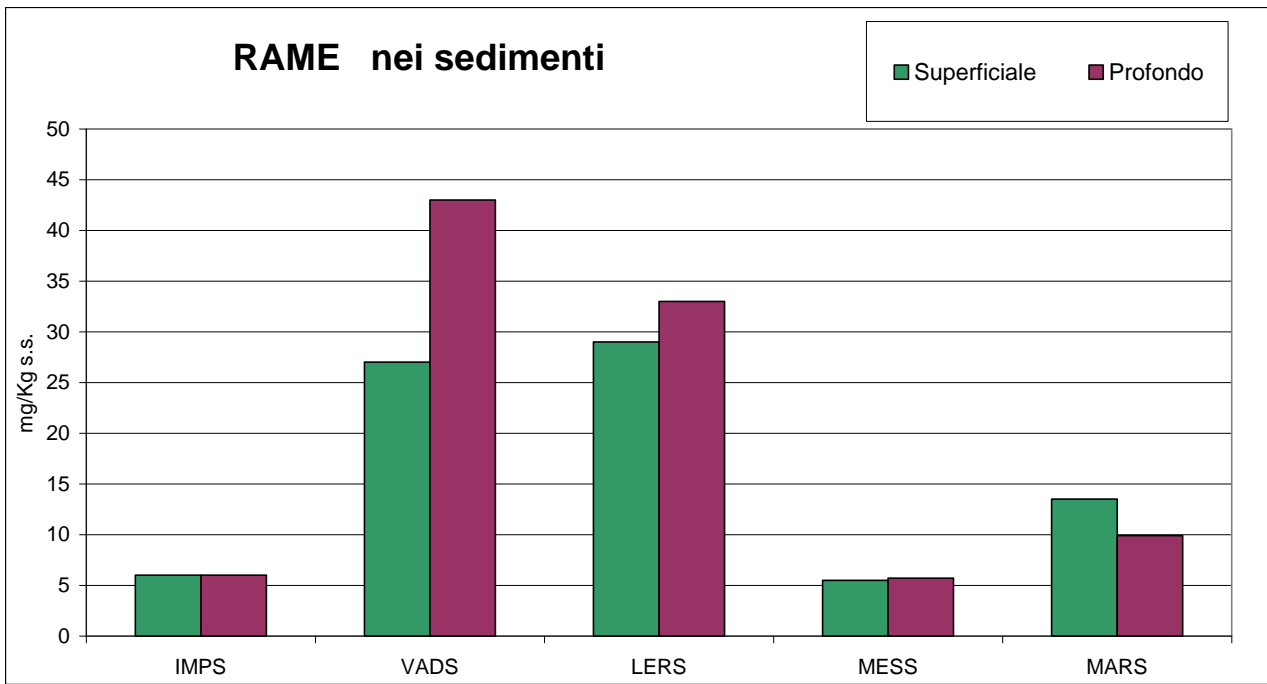


Figura 146 - Rame

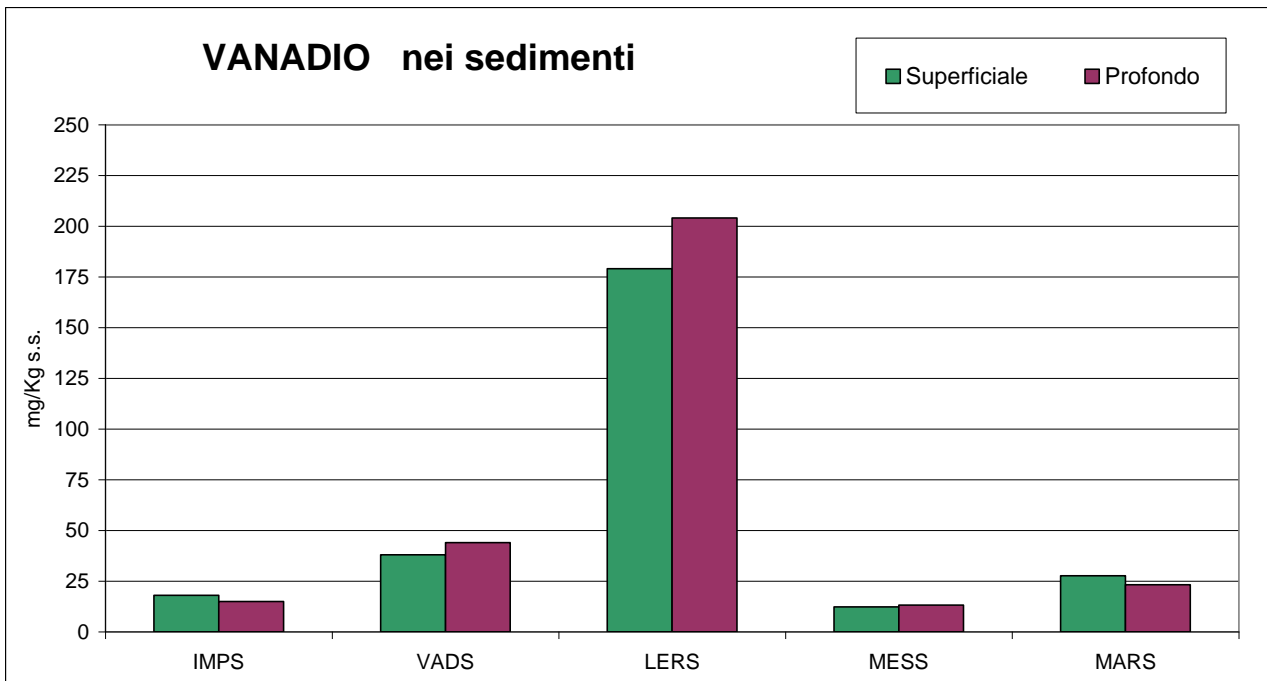


Figura 147 - Vanadio



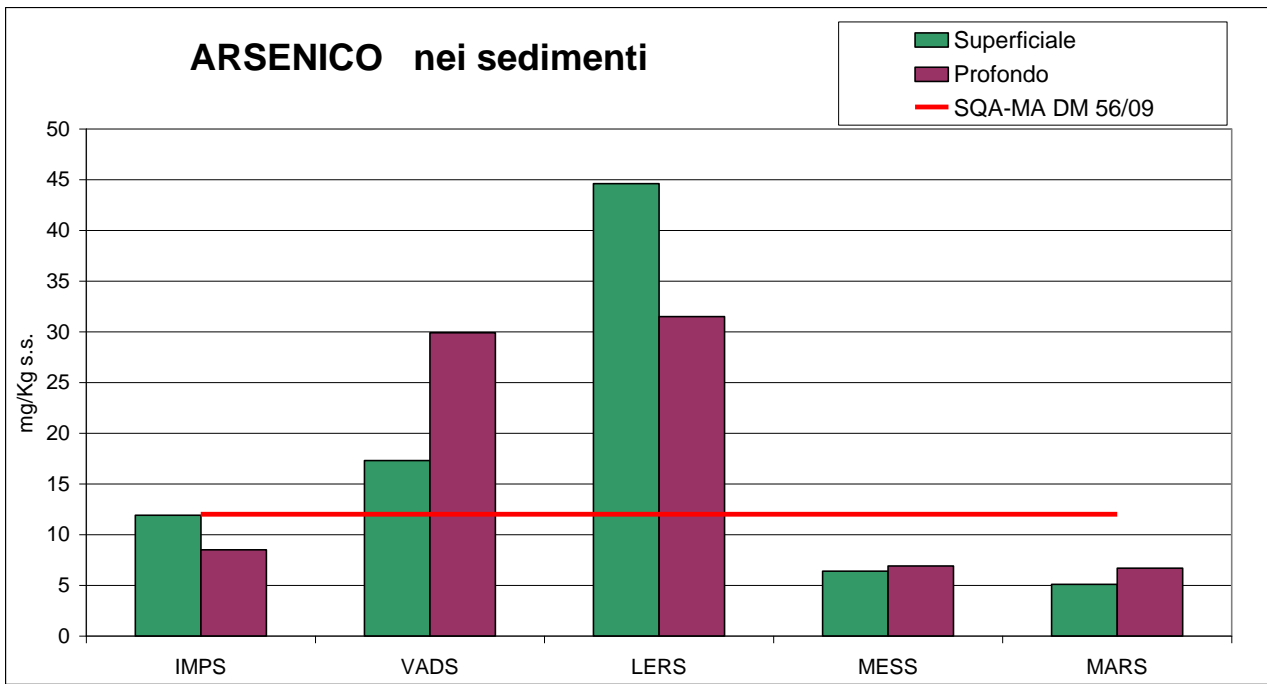


Figura 148 - Arsenico

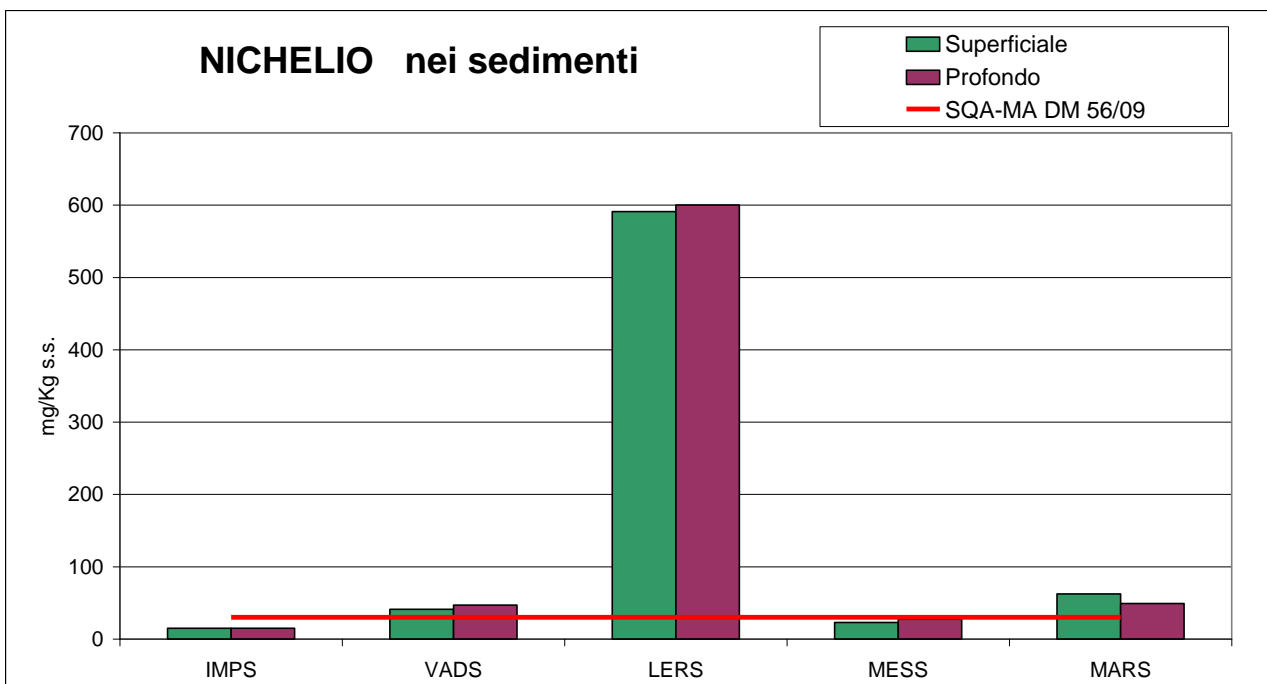


Figura 149 - Nichel



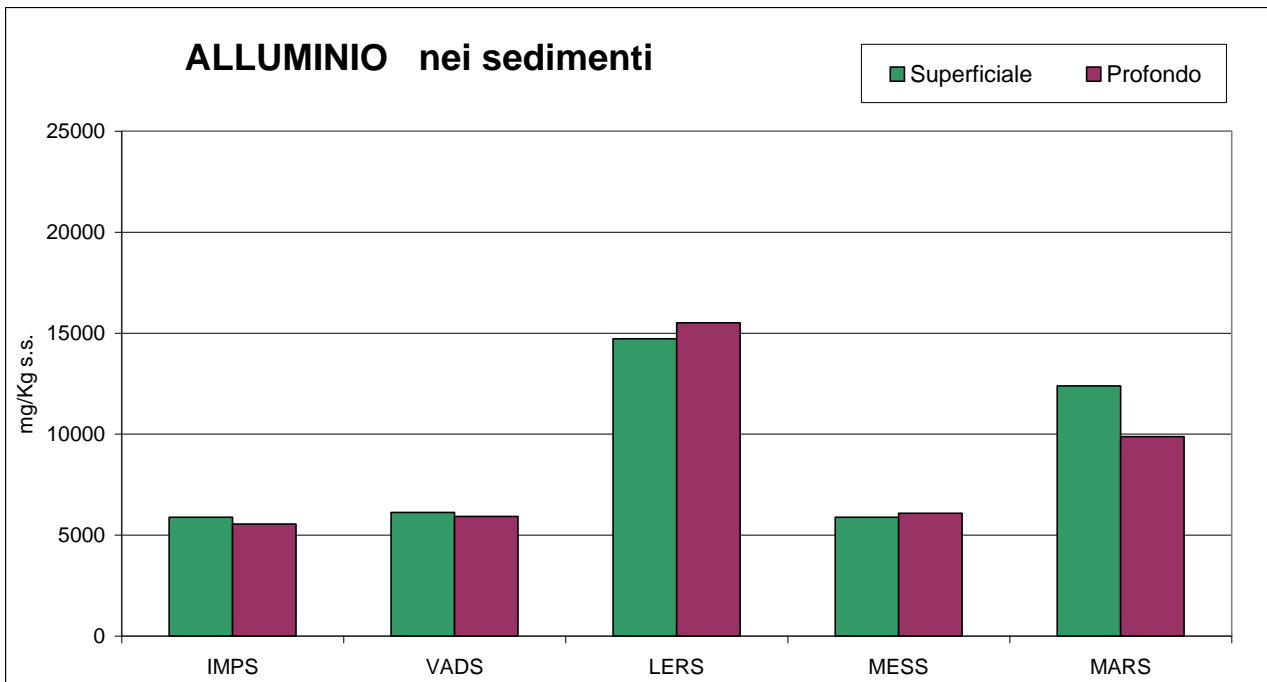


Figura 150 – Alluminio

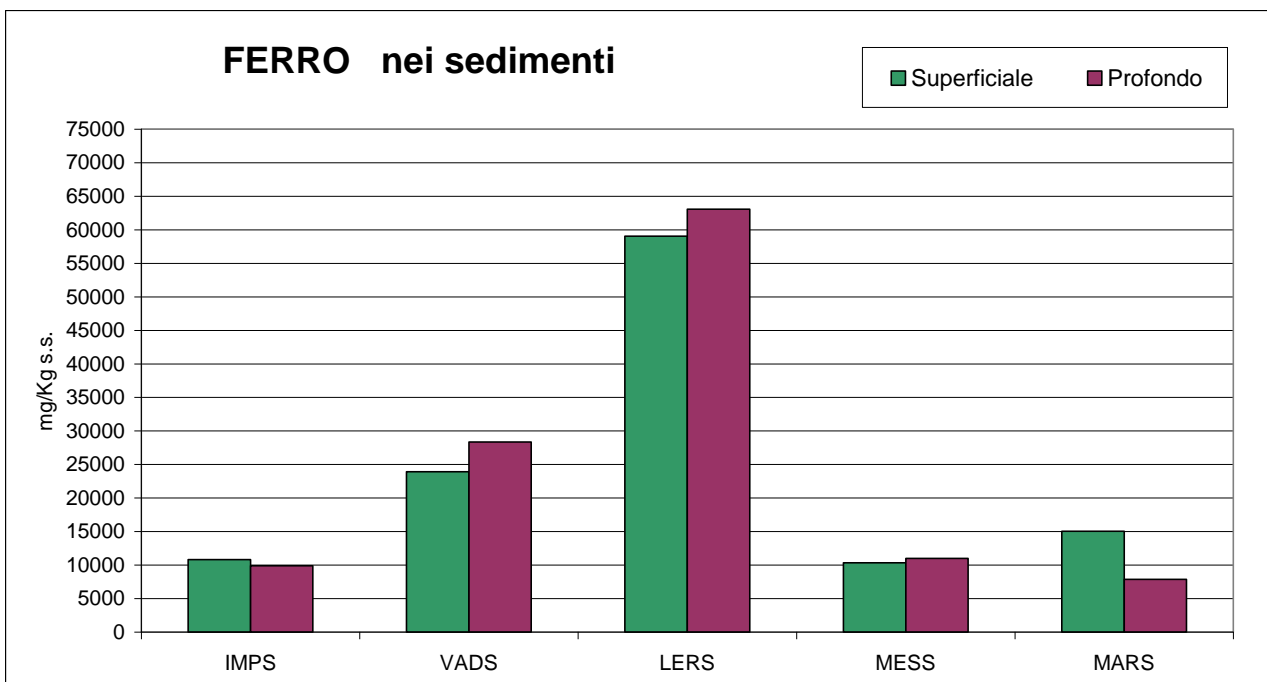


Figura 151 - Ferro

Analizzando nel dettaglio i risultati ottenuti per i singoli parametri si evince che le stazioni di Vado Ligure e Cogoleto-Lerone sono quelle che presentano le maggiori criticità, come del resto si sapeva dai precedenti anni di monitoraggio.



I valori di SQA – MA vengono superati a Vado per Mercurio (superficiale e profondo), Cadmio (superficiale e profondo), Cromo (profondo), Piombo (superficiale e profondo), Arsenico (superficiale e profondo), Nichel (superficiale e profondo).

La stazione di Cogoleto Lerone supera gli SQA-MA di Cromo (superficiale e profondo), Piombo (superficiale e profondo), Arsenico (superficiale e profondo) e Nichel (superficiale e profondo).

Vado e Lerone presentano valori sensibilmente maggiori rispetto a quelli presenti nelle altre stazioni anche per il rame e lo zinco. Il vanadio raggiunge i valori più elevati, superiori a 200 mg/Kg s.s. sempre nella stazione di Lerone nei sedimenti profondi. I sedimenti superficiali di Lerone mostrano concentrazioni di vanadio non lontane da quelle dei sedimenti profondi e pari a 179 mg/Kg s.s. Le elevate concentrazioni di questo metallo a Lerone possono essere messe ragionevolmente in relazione al fatto che questo metallo rientrava nella catena produttiva dello stabilimento Stoppani presente poco prima della foce del Torrente Lerone.

Le concentrazioni di cadmio risultano inferiori al valore SQA-MA in tutte le stazioni, ad eccezione di Vado. Il nichel conferma l'andamento già evidenziato negli studi condotti precedentemente, sono superati i valori di SQA-MA nelle stazioni di Vado, Marinella e soprattutto Lerone, dove si registrano i valori massimi senza differenza apprezzabile tra campioni superficiali e profondi.

Il cromo presenta, come sempre, i valori più elevati nella stazione di Cogoleto-Lerone dove si ottengono risultati superiori anche di un ordine di grandezza rispetto a quelli ottenuti nelle altre stazioni. Si evidenziano comunque superi del valore SQA-MA per il cromo anche nelle stazioni di Marinella (superficiale e profondo) e Vado (profondo).

Da un'analisi complessiva dei dati relativi alle concentrazioni dei metalli nel sedimento si conferma il quadro piuttosto critico, già evidenziato nelle scorse campagne di monitoraggio. Gli alti valori di cromo e nichel, rilevati nella zona antistante la foce del fiume Lerone sono in parte attribuibili alla presenza naturale di rocce ofiolitiche, ricche di questi composti, ma soprattutto dovuti alla presenza nelle vicinanze dello stabilimento industriale "Stoppani", dedicato sin dai primi del '900 alla produzione di sali di cromo. Tale situazione è ben nota, ed infatti, con il D.M. 468/2001, il sito occupato da tale stabilimento è stato inserito nel "Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale". L'Agenzia ha partecipato alla caratterizzazione ambientale di tale sito inquinato di interesse nazionale, preliminare alle operazioni di bonifica.

Per quanto riguarda il sito d'indagine di Vado Ligure, sono ormai noti i numerosi impatti antropici cui l'area è sottoposta (stabilimenti industriali, centrale termoelettrica, porto commerciale..). Le alte concentrazioni di metalli quali mercurio, cadmio e piombo, trovano molto probabilmente la loro origine negli scarichi industriali degli insediamenti produttivi che gravano sulla zona di indagine.



4.3.3 Sedimenti: Composti organici

Per quanto riguarda i pesticidi, i solventi clorurati, fenoli, alchilfenoli e difenileteri bromati i valori ottenuti in tutte le stazioni di monitoraggio sono al di sotto dei limiti di quantificazione salvo rare eccezioni. I composti organostannici sono anch'essi inferiori al limite di quantificazione nella maggior parte dei casi. Per questi composti non è stata elaborata alcuna rappresentazione grafica; si riportano comunque a scopo riepilogativo i parametri analizzati suddivisi per categoria come di seguito e/o le tabelle riepilogative dei valori ottenuti quando diversi dal LDQ.

4.3.3.1 Pesticidi

Ricercati: DDD o,p', DDD p,p', DDE o,p', DDE p,p', DDT o,p', DDT p,p', alfa HCH, beta HCH, delta HCH, gamma HCH, clorpirifos, clorfenvinfos, trifuralin, Aldrin, Dieldrin ,alfa-endosulfan, Esaclorobenzene, pentaclorobenzene

Tra i pesticidi solo per il DDE p,p' sono stati riscontrati valori superiori al limite di quantificazione nella stazione di Imperia con un risultato pari a 0.50 µg/kg p.s nei sedimenti superficiale e di 1.90 µg/kg p.s nei sedimenti profondi. La presenza di un metabolita del DDT nella stazione di Imperia trova ragionevole giustificazione nel massiccio utilizzo che è stato fatto del DDT in epoche remote negli impianti di floricoltura particolarmente presenti nel ponente ligure.

4.3.3.2 Fenoli-alchilfenoli-difenileteri bromati

Ricercati: 4-n-nonilfenolo, 4-terz-ottilfenolo, Pentabromodifenilettere, Pentaclorofenolo.



4.3.3.3 IPA Idrocarburi Policiclici Aromatici

Sono stati determinati 16 composti, secondo quanto indicato dall'allegato 1 al Programma di monitoraggio. Il parametro IPA totali è stato calcolato sommando i valori dei 16 IPA di cui sopra, inserendo convenzionalmente nella sommatoria il valore 0 quando i valori di determinati parametri sono stati riscontrati inferiore al limite di rilevabilità strumentale. Elaborazioni grafiche sono state realizzate per i composti contemplati dal DM 56/09 e per i quali sono fissati valori di SQA-MA. Per la realizzazione dei grafici, nel caso di valori inferiori al limite di rilevabilità, è stato inserito, convenzionalmente, il valore 0. Per i diversi composti sono state adottate le scale di valori che meglio permettevano di rappresentare graficamente i risultati. I grafici non sono quindi direttamente confrontabili visivamente. Valori elevati "fuori scala" sono indicati da un taglio nella barra dell'istogramma relativo; il valore reale è indicato sopra la barra come nota di testo

Tutti i risultati sono riportati nelle seguenti Tabella 76 Tabella 77 Tabella 78 Tabella 79, in composti ad alto e basso peso molecolare riscontrati nei campioni "superficiali" e "profondi". In Tabella 76 vengono evidenziati gli IPA contemplati dal DM 56/09 e i rispettivi valori di SQA-MA.

IPA	SQA-MA DM 56/09
Benzo(a)pirene	0.03
Benzo(b)fluorantene	0.04
Benzo(k)fluorantene	0.02
Benzo(g,h,i)perilene	0.055
Indenopirene	0.07
Antracene	0.045
Fluorantene	0.11
Naftalene	0.035
IPA TOTALI	0.8

Tabella 76 Valori di SQA-Ma degli IPA contemplati dal DM 56/09



HPAH (IPA ad Alto Peso Molecolare) nei sedimenti superficiali(mg/Kg s.s.)										
	Fluorantene	pirene	benzo(a) antracene	crisene	benzo(b) fluorantene	benzo(k) fluorantene	benzo(a) pirene	dibenzo(a,h) antracene	benzo(g,h,i) perilene	indeno(1,2 ,3,c,d) pirene
IMPS	0.034	0.027	0.011	0.016	0.016	0.007	0.013	0.003	0.008	0.011
VADS	3.21	3.09	1	1.24	1.09	0.68	1.33	0.089	0.85	0.86
LEERS	0.63	0.59	0.25	0.31	0.28	0.14	0.29	0.023	0.25	0.21
MESS	0.005	0.002	0.003	0.005	0.01	0.005	0.004	0.003	0.007	0.011
MARS	0.008	0.006	0.002	0.006	0.006	0.002	0.003	0	0.005	0

Tabella 77. **HPAH** nei sedimenti superficiali

HPAH (IPA ad Alto Peso Molecolare) nei sedimenti profondi(mg/Kg s.s.)										
	Fluorantene	pirene	benzo(a) antracene	crisene	benzo(b) fluorantene	benzo(k) fluorantene	benzo(a) pirene	dibenzo(a,h) antracene	benzo(g,h,i) perilene	indeno(1,2 ,3,c,d) pirene
IMPS	0.037	0.03	0.017	0.018	0.023	0.011	0.021	0.002	0.012	0.016
VADS	10.1	9.23	3.48	10.5	3.87	2.59	4.56	0.32	2.43	2.47
LEERS	0.67	0.76	0.36	0.45	0.42	0.23	0.47	0.035	0.39	0.31
MESS	0.006	0.004	0.002	0.003	0.003	0	0.002	0	0.002	0
MARS	0.022	0.019	0.006	0.01	0.012	0.004	0.01	0.002	0.007	0.007

Tabella 78. **HPAH** nei sedimenti profondi



LPAH (IPA - Basso Peso Molecolare) nei sedimenti superficiali (mg/ Kg s.s.)						
	naftalene	acenaftene	acenaftilene	fluorene	fenantrene	antracene
IMPS	0.002	0	0	0.004	0.024	0.003
VADS	0.047	0.002	0	0.037	0.89	0.29
LEERS	0.026	0.011	0	0.016	0.31	0.056
MESS	0.033	0	0	0.007	0.006	0
MARS	0.035	0	0	0.01	0.015	0

Tabella 79. LPAH nei sedimenti superficiali

LPAH (IPA - Basso Peso Molecolare) nei sedimenti profondi (mg/ Kg s.s.)						
	naftalene	acenaftene	acenaftilene	fluorene	fenantrene	antracene
IMPS	0	0	0	0.003	0.011	0.002
VADS	0.14	0.061	0	0.21	2.48	1.29
LEERS	0.019	0.014	0	0.015	0.31	0.09
MESS	0.032	0	0	0.007	0.007	0
MARS	0.023	0	0	0.017	0.023	0

Tabella 80. LPAH nei sedimenti profondi



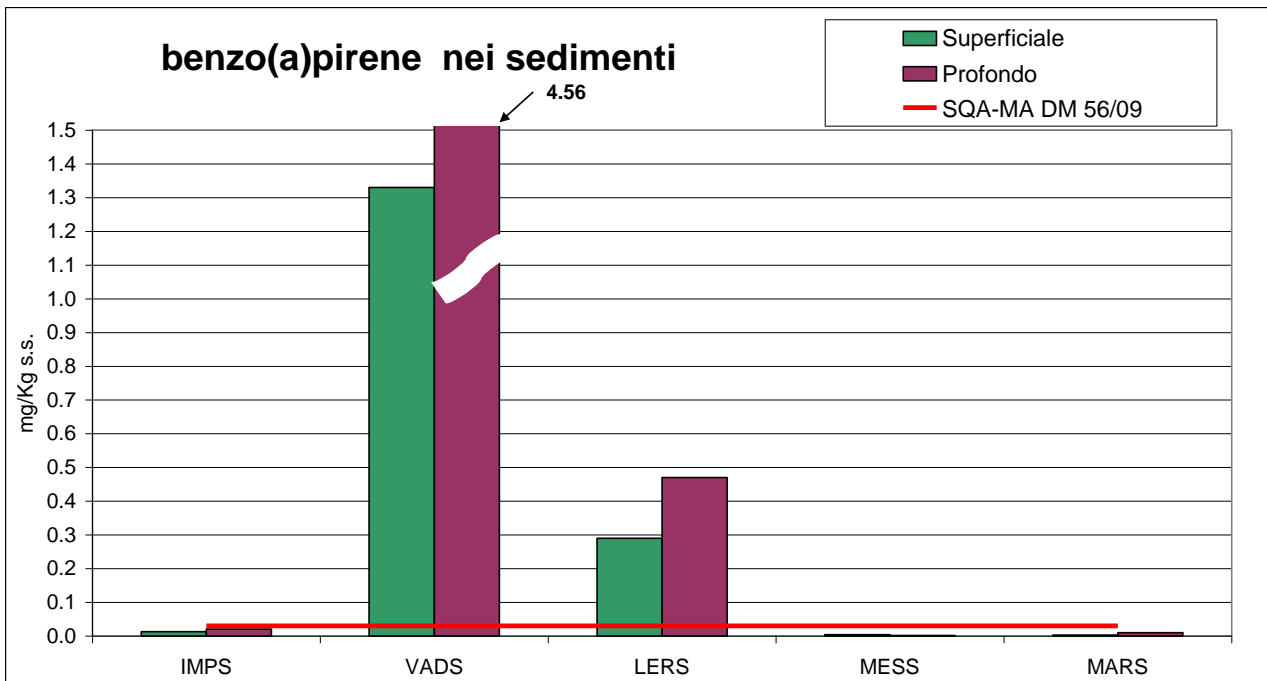


Figura 152. benzo(a)pirene

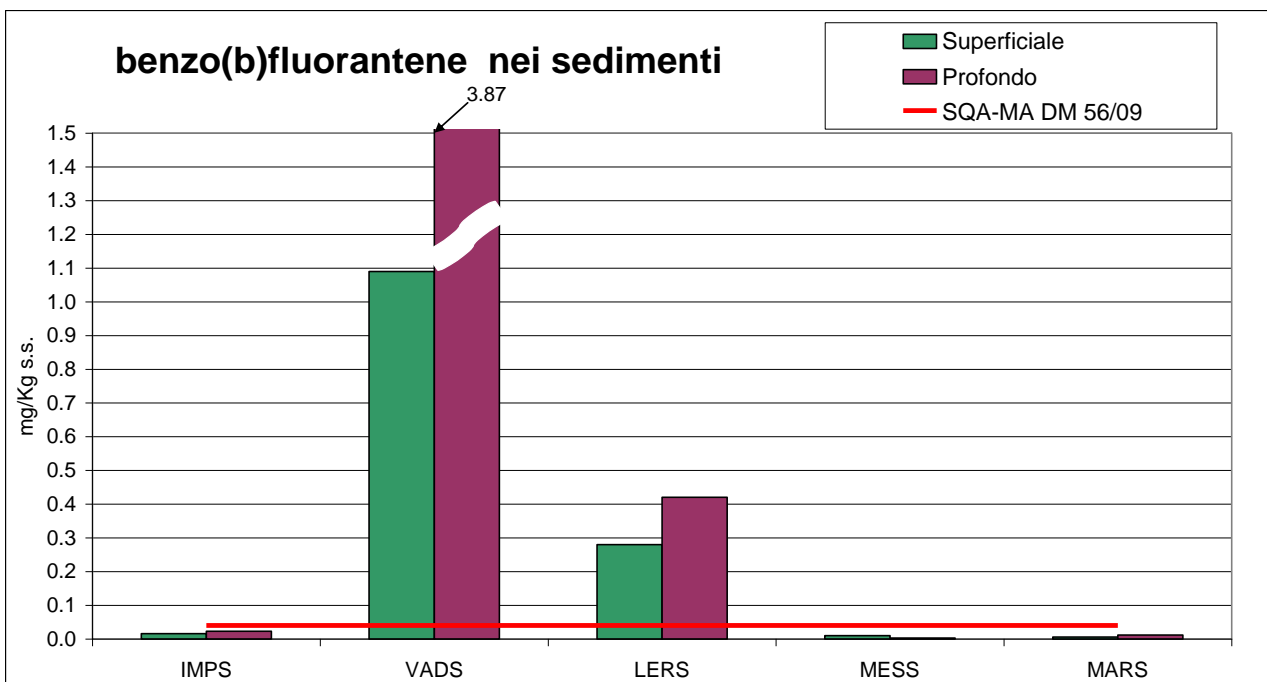


Figura 153 benzo(b)fluorantene



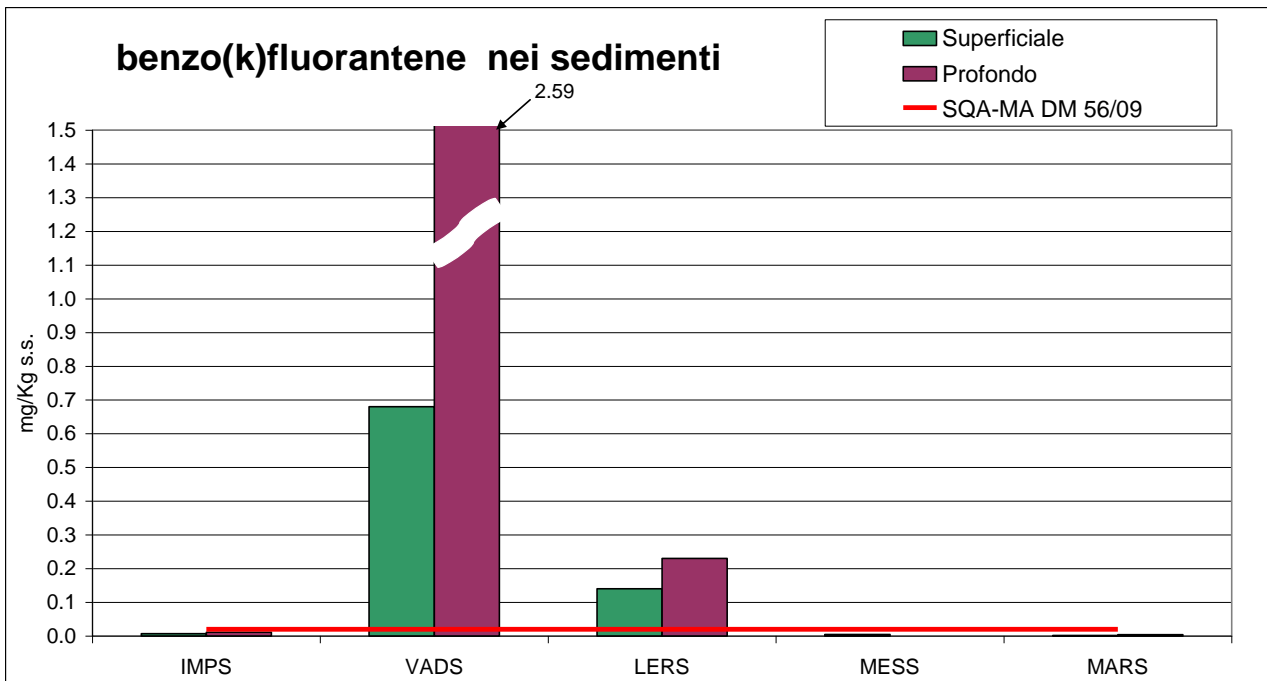


Figura 154 benzo(k)fluorantene

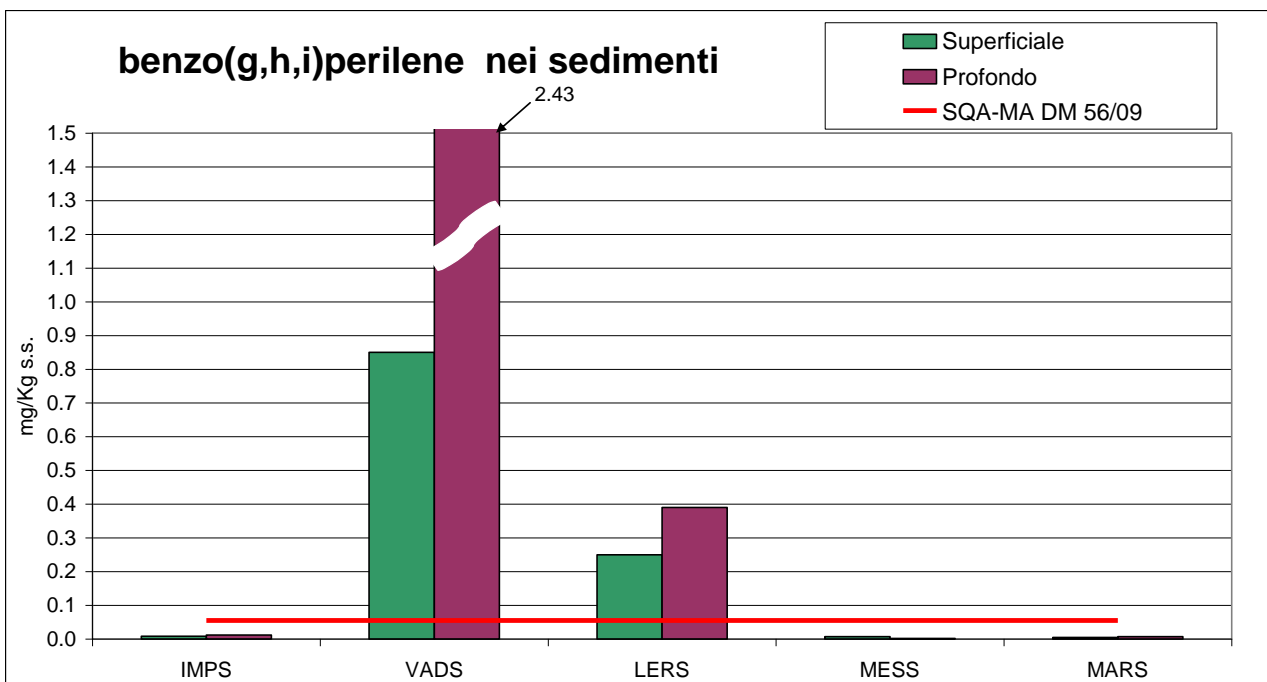


Figura 155 benzo(g,h,i)perilene



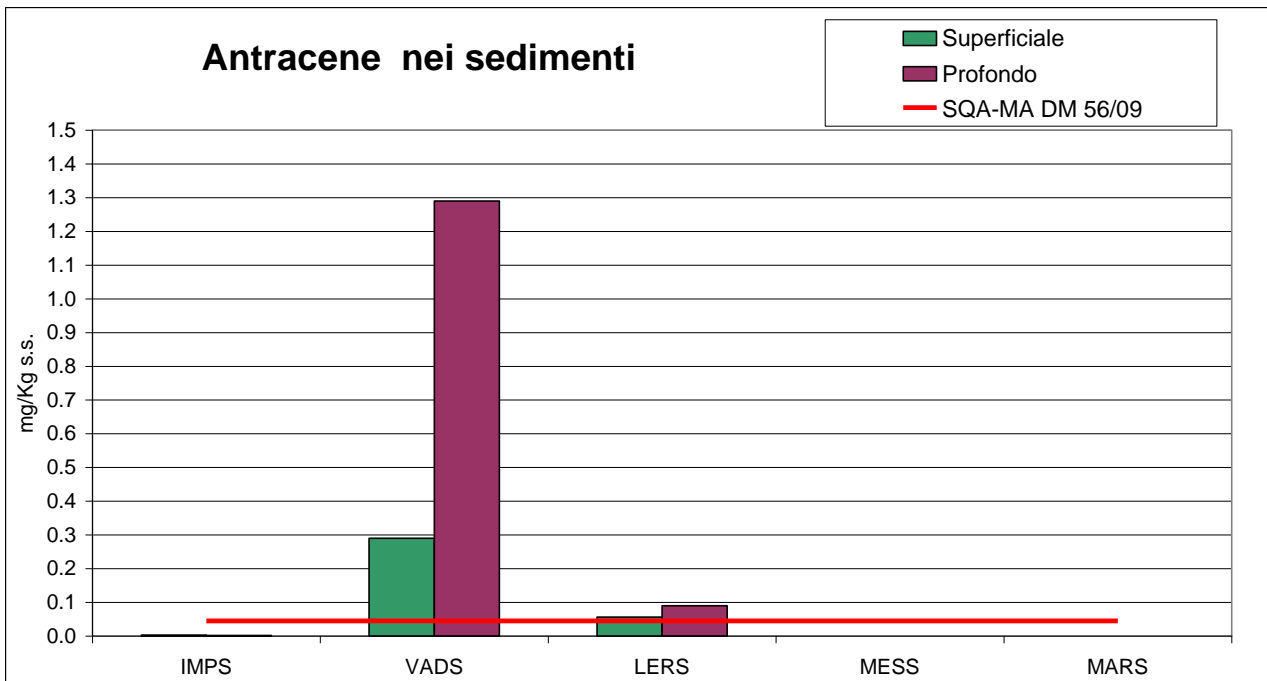


Figura 156. Antracene

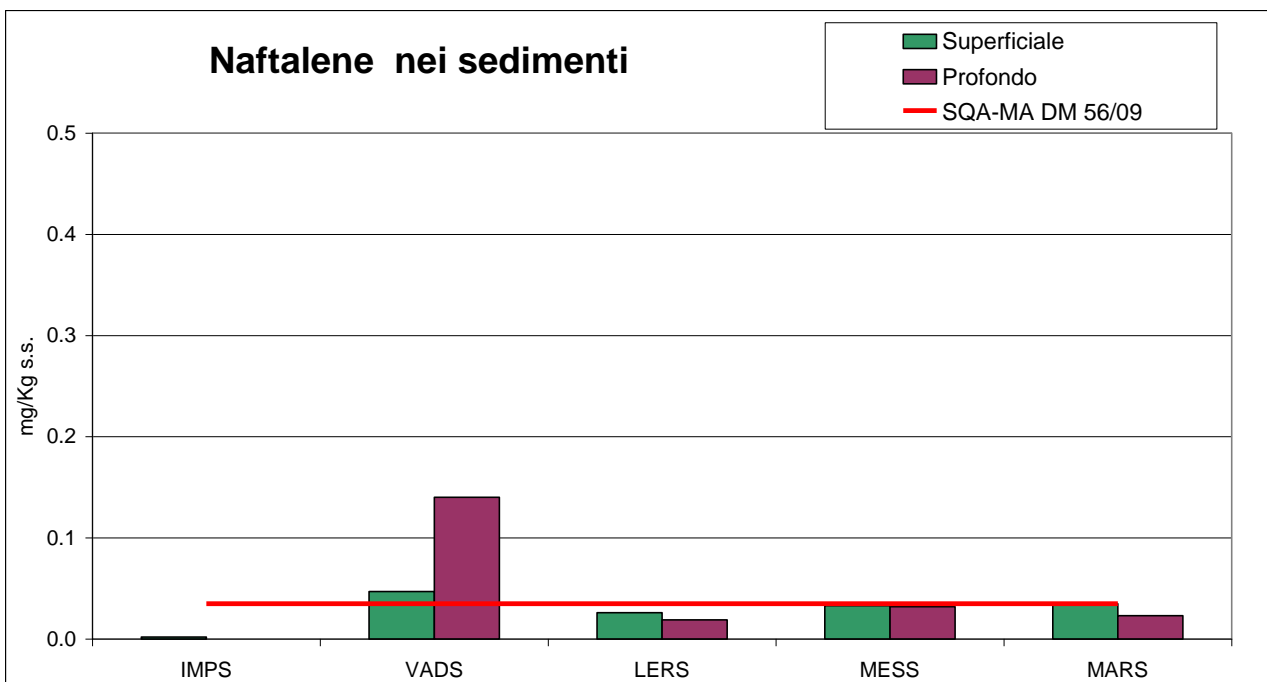


Figura 157. Naftalene



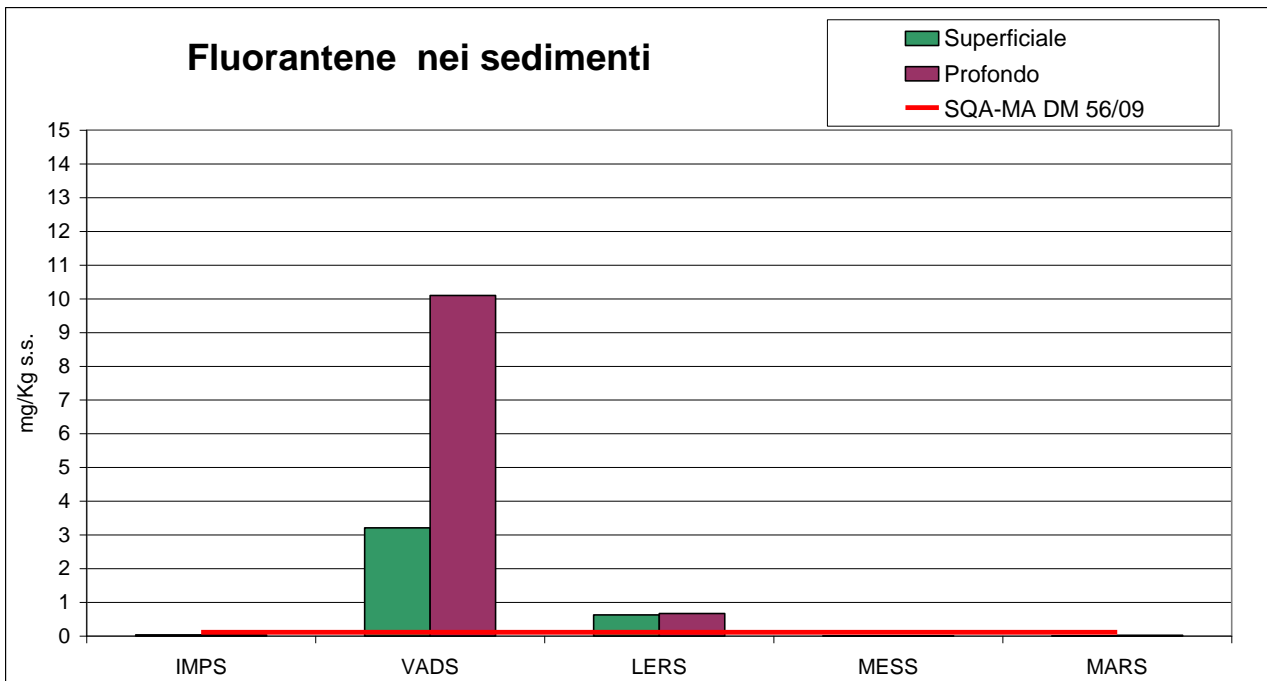


Figura 158. Fluorantene

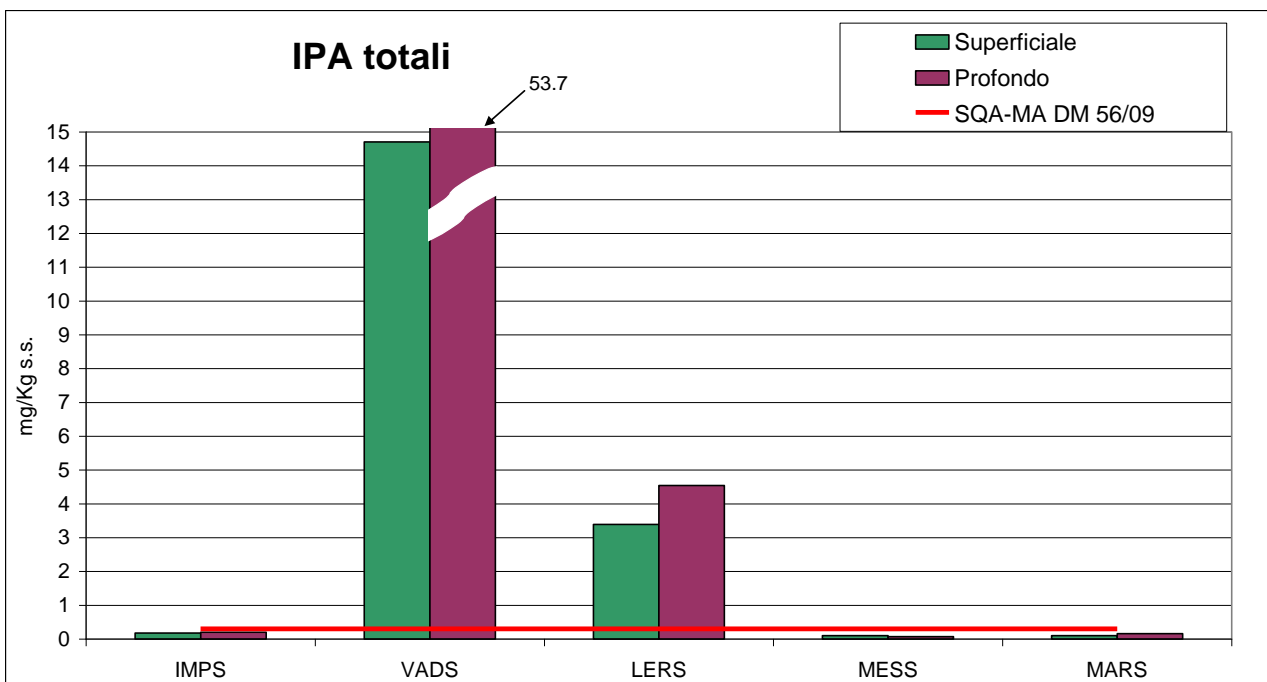


Figura 159. IPA Totali

La stazione di Vado presenta valori di IPA sempre largamente superiori ai valori di SQA-MA ed è la stazione che ha i valori più alti tra quelle considerate; come già evidenziato per i metalli



va considerato che gravano sulla zona attività industriali ed un terminal di bunkeraggio che sicuramente influiscono notevolmente sulla presenza di questi composti nella zona.

Dopo Vado, è la stazione di Cogoleto-Lerone che presenta le concentrazioni più elevate di IPA, con superamento dei valori di SQA-MA per tutti i parametri ad eccezione del naftalene. Nella stazione Lerone si può supporre che si risenta ancora dell'impatto del disastro Haven. Le concentrazioni degli IPA risultano generalmente più elevate nei sedimenti profondi rispetto a quelli superficiali, ciò lascia supporre che il tasso di deposizione di tali inquinanti stia diminuendo nel tempo pur rimanendo ancora molto lontano dagli standard di qualità, specialmente nelle stazioni Vado e Lerone.

Nella stazione di Punta Mesco, la situazione anomala riscontrata nell'ottobre 2006 non è per fortuna confermata dai dati attuali. Solo il naftalene assume valori prossimi all'SQA-MA. Lo stesso parametro ha valori sensibilmente più elevati rispetto agli altri anche nella stazione di Marinella.

L'analisi del grafico relativo alla sommatoria IPA totali conferma le considerazioni di cui sopra. Vado è il sito che presenta concentrazioni di gran lunga superiori a tutte le altre con un massimo di 53.7 mg/kg s.s. nei sedimenti profondi.

Anche a Cogoleto-Lerone, le concentrazioni di IPA totali sono di molto superiori al valore SQA-MA di 0.8. Tuttavia i valori superficiali di IPA totali di Lerone sono meno di un terzo di quelli di Vado; le concentrazioni nei sedimenti profondi di Vado sono superiori a quelle di Lerone di oltre 10 volte.



4.3.3.4 Composti organoclorurati

Si ricorda che DDT e analoghi (DD's) isomeri dell'esaclorocicloesano (HCH), aldrin, dieldrin, esaclorobenzene non hanno evidenziato valori superiori ai limiti di quantificazione in alcuno dei campioni analizzati ad eccezione del DDE p,p' che ad Imperia ha manifestato valori pari a 0.50 µg/kg p.s nei sedimenti superficiali e 1,90 µg/kg p.s nei sedimenti profondi.

PCB

Nelle tabelle seguenti i valori di PCB ottenuti dalle analisi condotte sui sedimenti superficiali e profondi prelevati nelle cinque stazioni; valori espressi in µg/kg p.s

µg/kg p.s	PCB 28	PCB 52	PCB 77	PCB 81	PCB 101	PCB 118	PCB 126	PCB 128	PCB 138	PCB 153	PCB 156	PCB 169	PCB 180
IMPS	0.3	0.3	0	0	0.5	0.5	0	0	2.8	0.4	0	0	0
VADS	1.21	1.36	0	0	4.99	2.58	0	2.32	8.38	8.79	0.74	0	5.76
LEERS	0.95	0.53	0	0	2.06	1.59	0	1.2	4.32	4.37	0.49	0	3.37
MESS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MARS	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0

Tabella 81 PCB valori riscontrati nei sedimenti superficiali

µg/kg p.s	PCB 28	PCB 52	PCB 77	PCB 81	PCB 101	PCB 118	PCB 126	PCB 128	PCB 138	PCB 153	PCB 156	PCB 169	PCB 180
IMPS	0.3	0	0	0	0.4	0.5	0	0	3.7	0.5	0	0	0
VADS	1.43	1.77	0	0	6.68	3.61	0	2.63	17.75	16.46	1.05	0	14.37
LEERS	1.33	1.52	0	0	4.68	3.21	0	2.21	10.93	7.92	0.74	0	4.56
MESS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MARS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 82 PCB valori riscontrati nei sedimenti profondi

Per l'abbondanza di valori inferiori al LDQ e l'elevato numero di congeneri si è scelto di rappresentare l'andamento delle concentrazioni di PCB tramite istogrammi cumulati che evidenziassero i contributi di ogni singolo congenere nelle diverse stazioni. In Figura 160 valori ottenuti nei sedimenti superficiali, Figura 161 le concentrazioni nei sedimenti profondi.



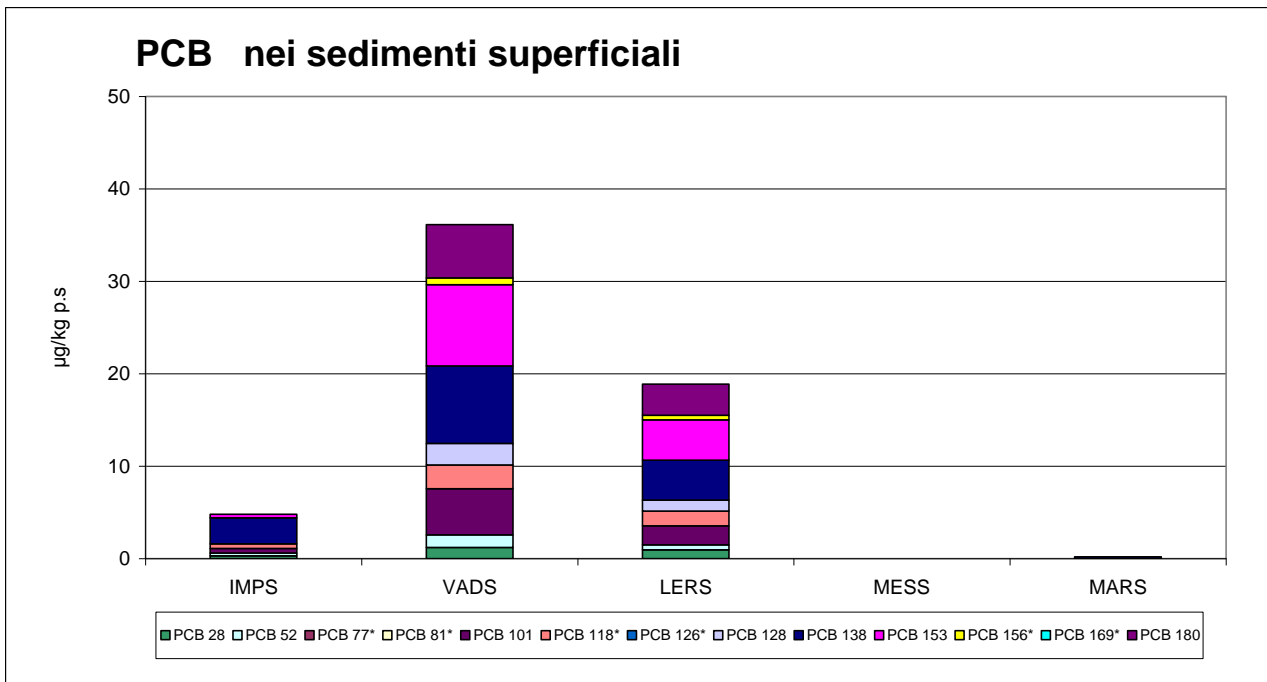


Figura 160. PCB concentrazioni nei sedimenti superficiali

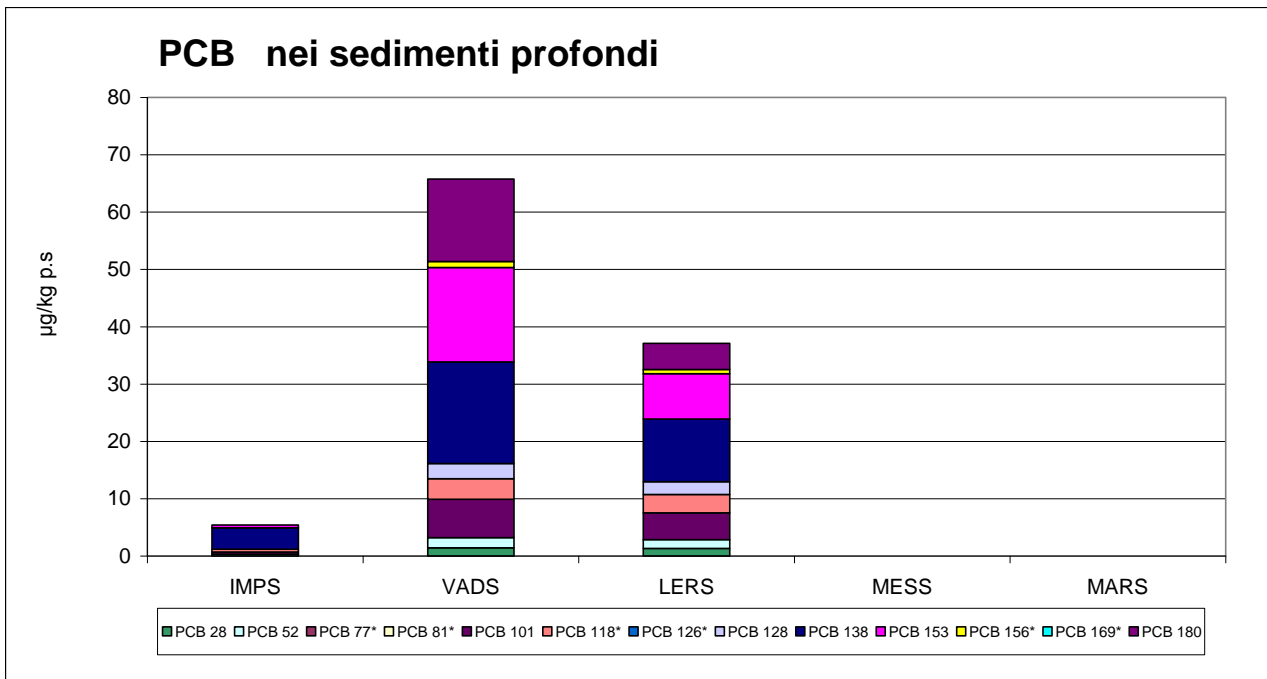


Figura 161. PCB concentrazioni nei sedimenti profondi



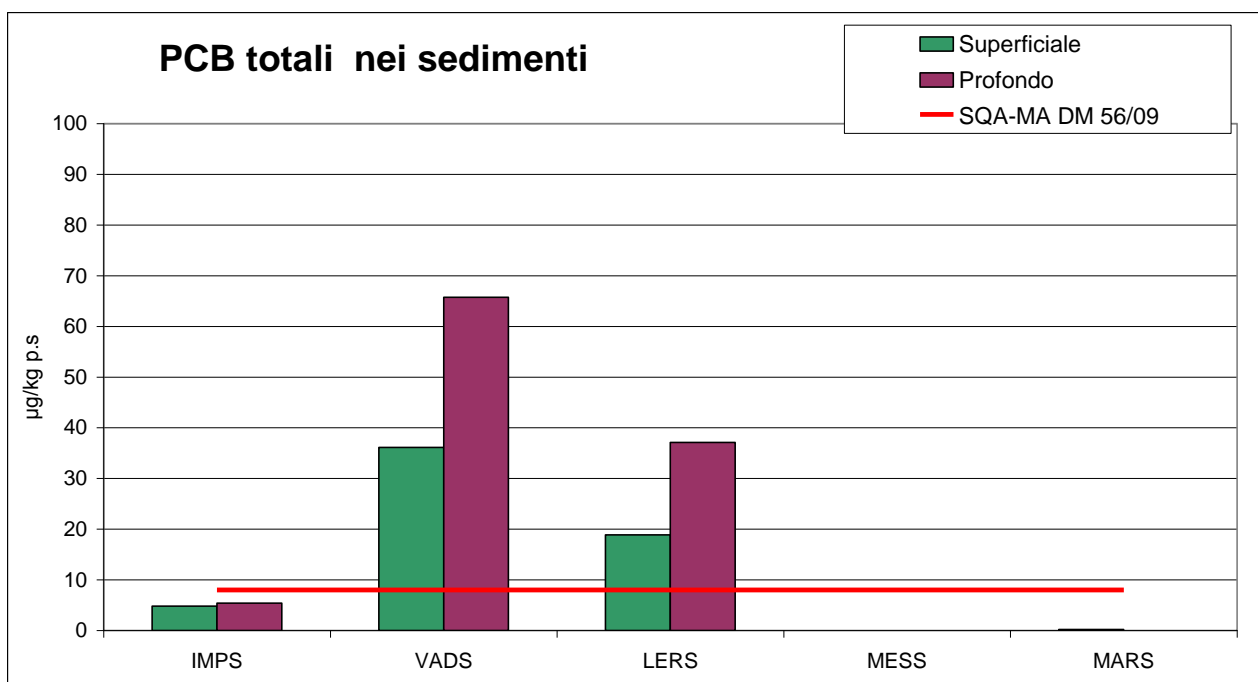


Figura 162. PCB totali nei sedimenti

Nelle stazioni di Mesco e Marinella tutti i valori sono risultati inferiori al LDQ, confermando quanto già evidenziato nel corso degli studi precedenti. Le criticità sono invece confermate per le stazioni di Vado e Lerone che parimenti a quanto già osservato per i parametri sedimentari considerati fino ad ora presentano le concentrazioni più elevate. Tra le due sezioni di sedimento ancora una volta sono i sedimenti profondi a mostrare concentrazioni sensibilmente maggiori rispetto a quelle superficiali. Tale fenomeno può essere imputato ad una diminuzione degli apporti di tali inquinanti in epoche recenti o ad una loro progressiva migrazione negli strati sedimentari più distanti dall'interfaccia acqua / sedimento. A Imperia le concentrazioni di PCB e PCB totali pur essendo diverse da zero risultano comunque al di sotto del valore SQA-MA.

4.3.3.5 Composti organostannici

Le tabelle riassumono i valori di dei composti organostannici espressi in $\mu\text{g}/\text{Kg}$ s.s. riscontrati nei sedimenti delle stazioni indagate.

$\mu\text{g}/\text{Kg}$ p.s.	Monobutilstagno	Dibutilstagno	Tributilstagno
IMPS	35	0	0
VADS	0	0	7
LERS	0	0	0
MESS	42	0	0
MARS	0	0	0

Tabella 83 Organostannici nei campioni superficiali

$\mu\text{g}/\text{Kg}$ p.s.	Monobutilstagno	Dibutilstagno	Tributilstagno
IMPS	0	0	0
VADS	0	0	0
LERS	0	0	0
MESS	0	0	0
MARS	0	0	0

Tabella 84 Organostannici nei campioni profondi

I composti organostannici risultano sempre inferiori al Limite Di Quantificazione nei sedimenti profondi in tutte le stazioni indagate. Nei sedimenti superficiali si hanno due valori di monobutilstagno superiori al LDQ, a Imperia e a Punta Mesco. Il tributilstagno risulta superiore al valore SQA-MA previsto dal DM 56/09 nella stazione di Vado Ligure dove raggiunge la concentrazione di $7 \mu\text{g}/\text{Kg}$ p.s. Data l'esigua quantità di valori superiori al LDQ non si ritiene necessaria la rappresentazione grafica dei risultati.



4.3.3.6 Ftalati

Lo ftalato di bis(2-etilesile) ha manifestato valori apprezzabili in tutte le stazioni monitorate sia nei sedimenti superficiali che profondi.

L'andamento delle concentrazioni nei sedimenti profondi decresce dalle stazioni di ponente procedendo verso levante mentre nei sedimenti superficiali l'andamento sembra essere inverso fino a Lerone. Mesco e Marinella presentano concentrazioni di ftalato di bis(2-etilesile) simili fra loro

Stazioni	Ftalato di bis(2-etilesile) µg/kg p.s
IMPS	25
VADS	32
LERS	37
MESS	14
MARS	19

Tabella 85 Ftalato di bis(2-etilesile) i superficiale

Stazioni	Ftalato di bis(2-etilesile) µg/kg p.s
IMPS	68
VADS	0
LERS	51
MESS	19
MARS	16

Tabella 86 Ftalato di bis(2-etilesile) profondo



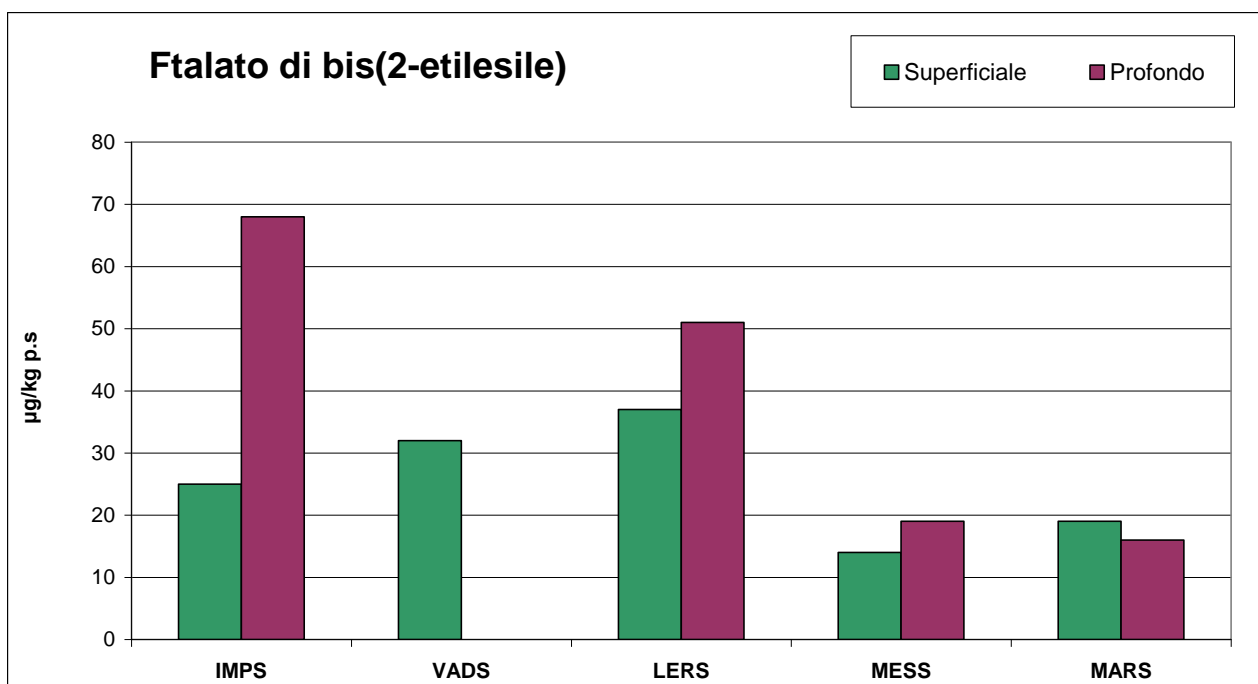


Figura 163 Ftalato di bis(2-etilesile) nei sedimenti

4.3.4 Carbonio organico totale (TOC)

I valori di percentuale in peso di carbonio organico totale nei sedimenti superficiali e nei sedimenti profondi sono riportati rispettivamente in sono indicati in Tabella 87 e raffigurati nell'istogramma in Figura 164.

Carbonio organico nei sedimenti superficiali (% in peso)	
<i>L.R .0,01</i>	
IMPS	0.4
VADS	1.7
LEERS	0.9
MESS	0.2
MARS	0.3
IMPS	0.4

Tabella 87 % TOC nei sedimenti superficiali

Carbonio organico nei sedimenti profondi (% in peso)	
<i>L.R .0,01</i>	
IMPS	0.3
VADS	2.4
LEERS	1.1
MESS	0.2
MARS	1.6
IMPS	0.3

Tabella 88 % TOC nei sedimenti profondi



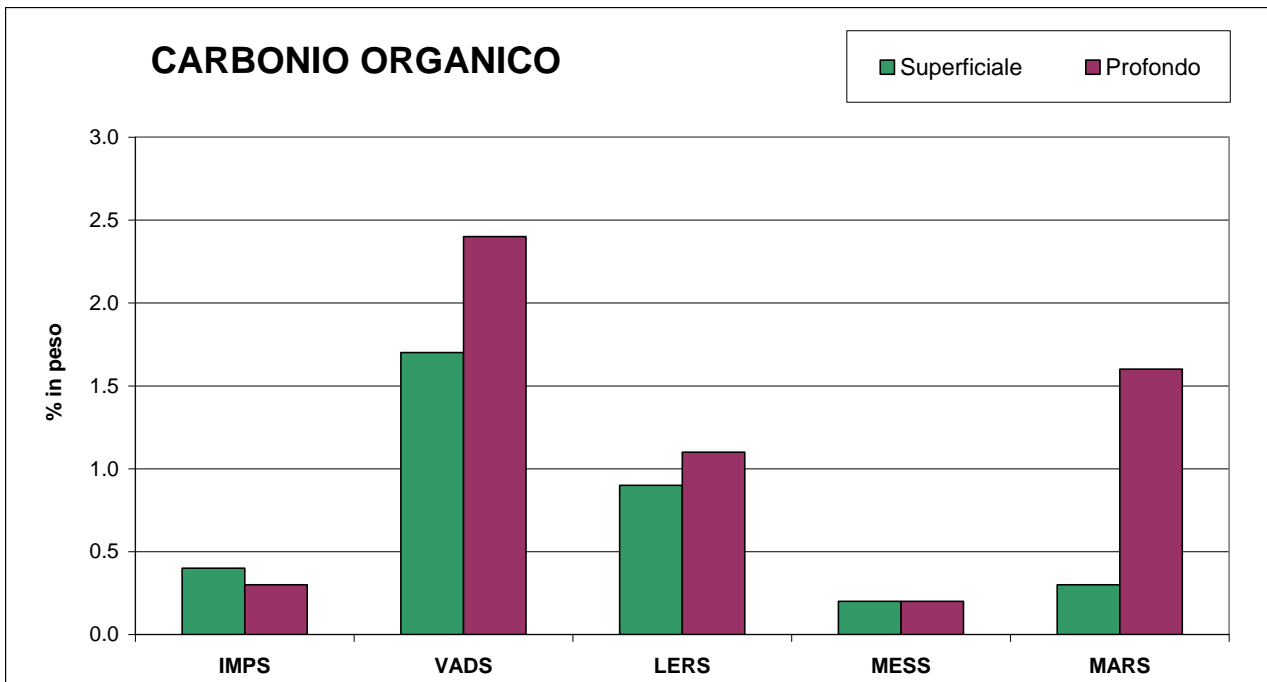


Figura 164 TOC percentuale in peso nei sedimenti superficiali e profondi

Anche in questo caso è la stazione di Vado a riportare i valori massimi del parametro, seguita dalla stazione di Lerone. I valori riscontrati a Imperia, Punta Mesco e Marinella risultano tra loro confrontabili a livello superficiale. Nelle stazioni di Vado, Lerone e Marinella le percentuali maggiori si trovano nei sedimenti profondi. A Punta Mesco la percentuale riscontrata nelle due frazioni è identica e pari a 0.2.

4.3.5 Saggi biologici

Artemia salina

STAZIONE	PARAMETRO RILEVATO	RISULTATO	DATA CAMPIONAMENTO
IMPS	% effetto a 14 gg	0	26/03/2009 10.30
IMPS	% effetto a 14 gg	3,3	26/03/2009 10.30
IMPS	EC 20 a 14 gg	NON CALCOLABILE	26/03/2009 10.30
IMPS	EC 20 a 14 gg	NON CALCOLABILE	26/03/2009 10.30
IMPS	EC 50 a 14 gg	NON CALCOLABILE	26/03/2009 10.30
IMPS	EC 50 a 14 gg	NON CALCOLABILE	26/03/2009 10.30
LEERS	% effetto a 96h	11,1	16/03/2009 16.30
LEERS	% effetto a 96h	5,6	16/03/2009 16.30
LEERS	LC50 % effetto a 96 h	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
LEERS	LC50 % effetto a 96 h	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
MARS	% effetto a 14 gg	0	08/04/2009 10.30
MARS	% effetto a 14 gg	0	08/04/2009 10.30
MARS	EC 20 a 14 gg	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MARS	EC 20 a 14 gg	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MARS	EC 50 a 14 gg	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MARS	EC 50 a 14 gg	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MESS	% effetto a 14 gg	0	07/04/2009 14.10
MESS	% effetto a 14 gg	1,1	07/04/2009 14.10
MESS	EC 20 a 14 gg	NON CALCOLABILE	07/04/2009 14.10
MESS	EC 20 a 14 gg	NON CALCOLABILE	07/04/2009 14.10
MESS	EC 50 a 14 gg	NON CALCOLABILE	07/04/2009 14.10
MESS	EC 50 a 14 gg	NON CALCOLABILE	07/04/2009 14.10
VADS	% effetto a 96h	2,2	17/03/2009 11.00
VADS	% effetto a 96h	5,6	17/03/2009 11.00
VADS	LC50 % effetto a 96 h	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00
VADS	LC50 % effetto a 96 h	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00

Tabella 89 - risultati del saggio condotto su *Artemia salina*

Da quanto si evince nella tabella sopra riportata, per i saggi condotti su *Artemia salina* in nessuna della 5 stazioni studiate è stato possibile determinare l'EC50 e l'EC20 dopo 14 giorni, e LC50 a 96 ore. Osservando la percentuale di effetto dopo 14 giorni si può notare che, neanche in questo caso, le stazioni studiate presentano una tossicità significativa. Nel caso



dell'*Artemia salina*, si ricorda, che l'effetto di una sostanza tossica sull'organismo test è determinato dall'immobilità dello stesso.

Dunaliella Tertiolecta

STAZIONE	PARAMETRO RILEVATO	RISULTATO	DATA CAMPIONAMENTO
IMPS	% effetto a 96 h	3	26/03/2009 10.30
IMPS	% effetto a 96 h	9	26/03/2009 10.30
IMPS	EC 20 a 96 h	NON CALCOLABILE	26/03/2009 10.30
IMPS	EC 20 a 96 h	NON CALCOLABILE	26/03/2009 10.30
IMPS	EC 50 a 96 h	NON CALCOLABILE	26/03/2009 10.30
IMPS	EC 50 a 96 h	NON CALCOLABILE	26/03/2009 10.30
LERS	% inbizione a 96 h	24	16/03/2009 16.30
LERS	% inbizione a 96 h	8	16/03/2009 16.30
LERS	EC20 a 96 h	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
LERS	EC20 a 96 h	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
LERS	EC50 a 96 h	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
LERS	EC50 a 96 h	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
MARS	% effetto a 96 h	2	08/04/2009 10.30
MARS	<u>% effetto a 96 h</u>	<u>-5 (Hormesis)</u>	<u>08/04/2009 10.30</u>
MARS	EC 20 a 96 h	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MARS	EC 20 a 96 h	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MARS	EC 50 a 96 h	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MARS	EC 50 a 96 h	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MESS	<u>% effetto a 96 h</u>	<u>-1 (Hormesis)</u>	<u>07/04/2009 14.10</u>
MESS	<u>% effetto a 96 h</u>	<u>-10 (Hormesis)</u>	<u>07/04/2009 14.10</u>
MESS	EC 20 a 96 h	NON CALCOLABILE	07/04/2009 14.10
MESS	EC 20 a 96 h	NON CALCOLABILE	07/04/2009 14.10
MESS	EC 50 a 96 h	NON CALCOLABILE	07/04/2009 14.10
MESS	EC 50 a 96 h	NON CALCOLABILE	07/04/2009 14.10
VADS	<u>% inbizione a 96 h</u>	<u>-12 Hormesis</u>	<u>17/03/2009 11.00</u>
VADS	<u>% inbizione a 96 h</u>	<u>-28 Hormesis</u>	<u>17/03/2009 11.00</u>
VADS	EC20 a 96 h	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00
VADS	EC20 a 96 h	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00
VADS	EC50 a 96 h	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00
VADS	EC50 a 96 h	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00

Tabella 90

Da quanto si evince nella tabella sopra riportata per i saggi condotti su *Dunaliella tertiolecta* in nessuna delle 5 stazioni studiate è stato possibile determinare né l'EC20 e l'EC50 a 96 ore.

Nelle stazioni di MARS, MESS e VADS nel corso dello studio della percentuale di effetto a 96 ore sono stati riscontrati casi di ormesi. L'ormesi è un effetto paradossale evidenziato in seguito ad esperimenti di Stebbing con metalli pesanti condotti su briozoi. Da questi esperimenti si è



riscontrato che concentrazioni subletali di inquinanti sono stimolatori di crescita, mentre alte concentrazioni sono letali per l'organismo. L'ormesi, o biostimolazione, significa che è stato riscontrato un aumento nella crescita di *Dunaliella tertiolecta*; tale effetto può essere riscontrabile in presenza di alcuni inquinanti, a basse dosi.

Nelle restanti stazioni non è stata rilevata inibizione della crescita algale dopo 96 ore di esposizione dell'organismo test al sedimento campionato.

Vibrio fischeri

Di seguito sono riportati i risultati del saggio ecotossicologico in fase solida condotto con il batterio bioluminescente *Vibrio fischeri*.

Per poter calcolare il Sediment Toxicity Index - STI - è necessario determinare la frazione pelitica del campione studiato.

STAZIONE	DATA CAMPIONAMENTO	PARAMETRO	RISULTATO	UM	L.di Q.
IMPS	26/03/2009	Peliti (diametro < 0.063 mm)	16,1	%	0,1
LEERS	16/03/2009	Peliti (diametro < 0.063 mm)	50,9	%	0,1
MARS	08/04/2009	Peliti (diametro < 0.063 mm)	40,2	%	0,1
MESS	07/04/2009	Peliti (diametro < 0.063 mm)	7,7	%	0,1
VADS	17/03/2009	Peliti (diametro < 0.063 mm)	63,7	%	0,1

Tabella 91

Successivamente alla determinazione della frazione pelitica è necessario determinare la tossicità naturale del campione, che è calcolata con la formula di seguito riportata:

$$Y=0.28+3.49*X$$

Y = tossicità naturale del campione

X = frazione pelitica

TOSSICITA' NATURALE	
IMPS	56,469
LEERS	177,921
MARS	140,578
MESS	27,153
VADS	222,593

Tabella 92

STAZIONE	RISULTATO	UM	DATA CAMPIONAMENTO
IMPS	152,3	TU 50 a 30 min	26/03/2009 10.30
IMPS	58,97	TU 50 a 30 min	26/03/2009 10.30



LEERS	110,4	TU50	16/03/2009 16.30
LEERS	6,107	TU50	16/03/2009 16.30
MARS	42,28	TU 50 a 30 min	08/04/2009 10.30
MARS	48,25	TU 50 a 30 min	08/04/2009 10.30
MESS	29,58	TU 50 a 30 min	07/04/2009 14.10
MESS	37,98	TU 50 a 30 min	07/04/2009 14.10
VADS	233,8	TU50	17/03/2009 11.00
VADS	339,5	TU50	17/03/2009 11.00

Tabella 93

Il Sedimet Toxicity Index - STI - è determinato con la seguente formula:

$$STI = TU/Y$$

STAZIONE	STI	SCALA DI TOSSICITA'
IMPS	3	Lieve
LEERS	1	Assente
MARS	0	Assente
MESS	1	Assente
VADS	2	Lieve

Tabella 94

Dalla tabella sopra riportata si evince che le uniche stazioni nelle quali è presente uno stato lieve di tossicità sono IMPS e VADS. Di seguito sono riportati i risultati del saggio ecotossicologico su elutriato condotto con il batterio bioluminescente *Vibrio bischeri*.

STAZIONE	RISULTATO	UM	SCALA DI TOSSICITA'	DATA CAMPIONAMENTO
IMPS	11,1	% effetto a 30 min.	Assente	26/03/2009 10.30
IMPS	30,11	% effetto a 30 min.	Assente	26/03/2009 10.30
IMPS	74,94	EC 20 a 30 min.	Assente	26/03/2009 10.30
IMPS	NON CALCOLABILE	EC 50 a 30 min.	NON CALCOLABILE	26/03/2009 10.30
IMPS	> 100	EC 50 a 30 min.	Assente	26/03/2009 10.30
IMPS	> 90	EC 20 a 30 min.	Assente	26/03/2009 10.30
MARS	3,9	% effetto a 30 min.	Assente	08/04/2009 10.30
MARS	5,9	% effetto a 30 min.	Assente	08/04/2009 10.30
MARS	NON CALCOLABILE	EC 20 a 30 min.	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MARS	NON CALCOLABILE	EC 20 a 30 min.	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MARS	NON CALCOLABILE	EC 50 a 30 min.	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MARS	NON CALCOLABILE	EC 50 a 30 min.	NON CALCOLABILE	08/04/2009 10.30
MESS	23,04	% effetto a 30 min.	Assente	07/04/2009 14.10
MESS	74,75	EC 20 a 30 min.	Assente	07/04/2009 14.10
MESS	82,74	EC 20 a 30 min.	Assente	07/04/2009 14.10
MESS	> 100	EC 50 a 30 min.	Assente	07/04/2009 14.10
MESS	> 100	EC 50 a 30 min.	Assente	07/04/2009 14.10

Tabella 95



Dalla tabella sopra riportata è evidente che in nessuna delle stazioni studiate i campioni presentano tossicità per i test condotti su elutriato.

Di seguito sono riportati i risultati del saggio ecotossicologico su acqua interstiziale condotto con il batterio bioluminescente *Vibrio fischeri*.

STAZIONE	RISULTATO	UM	SCALA DI TOSSICITA'	DATA CAMPIONAMENTO
LERS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
LERS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
LERS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
LERS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
LERS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
LERS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	16/03/2009 16.30
LERS	5	%	Bassa	16/03/2009 16.30
LERS	-20	%	Ormesi	16/03/2009 16.30
LERS	10	%	Bassa	16/03/2009 16.30
LERS	-19	%	Ormesi	16/03/2009 16.30
LERS	-21	%	Ormesi	16/03/2009 16.30
LERS	-3	%	Ormesi	16/03/2009 16.30
VADS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00
VADS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00
VADS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00
VADS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00
VADS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00
VADS	NON CALCOLABILE	%	NON CALCOLABILE	17/03/2009 11.00
VADS	-13	%	Ormesi	17/03/2009 11.00
VADS	-15	%	Ormesi	17/03/2009 11.00
VADS	-12	%	Ormesi	17/03/2009 11.00
VADS	-16	%	Ormesi	17/03/2009 11.00
VADS	-13	%	Ormesi	17/03/2009 11.00
VADS	-17	%	Ormesi	17/03/2009 11.00

Tabella 96

Dai risultati sopra riportati per i saggi condotti su acqua interstiziale si può riscontrare un tossicità bassa solo nella stazione LERS, mentre casi di ormesi sono stati rinvenuti a LERS e VADS; ciò significa che è stato riscontrato un aumento dell'emissione luminosa del batterio *Vibrio fischeri* riconducibile alla presenza di alcuni inquinanti a basse dosi.

Di seguito sono riportate le variazioni di bioluminescenza a 5 e 15 minuti calcolate per il batterio bioluminescente *Vibrio fischeri*.



STAZIONE	RISULTATO	UM	SCALA DI TOSSICITA'	DATA CAMPIONAMENTO
LERS	-14,68	%	Ormesi	16/03/2009 16.30
LERS	-16,99	%	Ormesi	16/03/2009 16.30
VADS	-23	%	Ormesi	17/03/2009 11.00
VADS	-24,9	%	Ormesi	17/03/2009 11.00

Tabella 97

Dalla tabella sopra riportata si evince che nelle stazioni in cui è stata calcolata la variazione di bioluminescenza a 5 e 15 minuti è stato riscontrato il fenomeno dell'ormesi.

Dall'analisi ecotossicologica condotta nelle 5 stazioni oggetto di studio con la batteria di saggi sopra dettagliata, si evince che non sono presenti stati di tossicità preoccupanti in nessuna delle stazioni studiate. Il fenomeno dell'ormesi è abbastanza diffuso per i test condotti con *Vibrio fischeri* su acqua interstiziale e con *Dunaliella tertiolecta*; come precisato più volte tale fenomeno determina un aumento dell'attività dell'organismo (bioluminescenza, crescita), quando si è in presenza di alcuni inquinanti a basse dosi. Lieve tossicità è stata riscontrata a LERS, IMLPS e VADS con il test condotto con *Vibrio fischeri* in fase solida e su acqua interstiziale.

