

PROCURA DELLA REPUBBLICA PRESSO IL TRIBUNALE
DI SIRACUSA (Proc. n. 5010/08 RGNR)



RELAZIONE DI CONSULENZA TECNICA DI PARTE
ERG RAFFINERIE MEDITERRANEE S.p.A
IN MERITO AGLI ACCERTAMENTI SVOLTI
SUI FONDALI DELLA RADA DI AUGUSTA

C.T.P.

Prof. Vincenzo Saggiomo

Dott. Mario Sprovieri

Napoli, 13 febbraio 2009

INDICE

Abstract	3
Premessa	7
Quesito I: procedano i c.t.u. alla caratterizzazione dei sedimenti della Rada di Augusta al fine di accertare l'eventuale presenza di fenomeni di stratificazione dei sedimenti marini e procedano, altresì alla datazione dei contaminanti organici ed inorganici.....	9
1. Comparazione dei dataset disponibili e relativi a caratterizzazioni pregresse dei sedimenti della Rada di Augusta.....	14
2. Studio dei profili di selezionati microinquinanti lungo i record sedimentari acquisiti.....	24
3. Comparabilità di risultati ottenuti per le carote di sedimento prelevate con carotiere a vibrazione e carotiere a gravità.....	37
4) Definizione di una potenziale cronologia dei sedimenti all'interno della rada di Augusta.....	41
Quesito II: procedano i c.t.u. all'esame della biodisponibilità reale ed attuale dei residui dei contaminanti presenti nei sedimenti della rada di Augusta attraverso il passaggio dei contaminanti dei contaminanti medesimi in rappresentanti stanziali della fauna marina.....	46
Quesito III: procedano i CTU all'accertamento, attraverso l'impiego di marcatori, dei soggetti responsabili dell'attuale inquinamento dei fondali della Rada di Augusta verificando, altresì, se l'inquinamento medesimo ossa essere stato causato da inquinanti presenti nella falda superficiale...47	47
1. Origine del mercurio nei sedimenti della Rada di Augusta.....	47
2. Origine dell'Esaclorobenzene nei sedimenti della Rada di Augusta.....	49
3. Origine degli Idrocarburi C>12 nei sediemnti della Rada di Augusta.....	50
4. Analisi spaziale del dataset a disposizione.....	52
5. Sintesi dei risultati.....	54
Quesito IV: procedano i CTU all'accertamento, attraverso l'impiego di marcatori, dei soggetti esponsabili dell'attuale inquinamento dei fondali della Rada di Augusta verificando, altresì, se l'inquinamento medesimo ossa essere stato causato da inquinanti presenti nella falda superficiale.....	55
1. Determinazione dei volumi per il dragaggio dell'area selezionata.....	57
2. Geostatistica del dataset analizzato dataset.....	68
3. Sintesi dei risultati.....	71
CONCLUSIONI	72
BIBLIOGRAFIA CITATA	74
APPENDICE: <i>Rapporto sull'attività di campionamento dei sedimenti della Rada di Augusta effettuato in data 14-18 luglio 2008</i>	75

ABSTRACT

Quesito I: procedano i CTU alla caratterizzazione dei sedimenti della Rada di Augusta al fine di accertare l'eventuale presenza di fenomeni di stratificazione dei sedimenti marini e procedano, altresì alla datazione dei contaminanti organici ed inorganici

L'indagine realizzata sul nuovo set di carote sedimentarie acquisite ha permesso di evidenziare forti differenze nel sistema di stratificazione di aree diverse della Rada di Augusta che chiaramente riflettono fenomeni di movimentazione e dragaggio a seguito di un evento di "contaminazione primaria" (così definita nella relazione di Ficco et al., 2009) da riferire ai **processi di immissione non controllata dei fanghi di depurazione dell'impianto cloro-soda (1958-1979) nel periodo precedente al funzionamento del sistema di de-mercurizzazione.**

Le datazioni effettuate su tre delle dieci carote di sedimento prelevate evidenziano chiari disturbi nel normale processo di sedimentazione nelle aree investigate, nonché un controllo primario da parte della mineralogia e della geochimica dei campioni analizzati, ma sostanzialmente dimostrano che l'attività di contaminazione è proprio da riferirsi all'immissione di reflui dall'impianto del cloro-soda nell'area antistante il Vallone della Neve.

Nelle aree dove le carote di sedimento prelevate mostrano una sequenza caratterizzata da disturbi meno evidenti, risultano chiari i processi di recupero dei livelli di contaminazione dei sedimenti depositati nell'intervallo successivo alla fine degli anni Settanta per effetto di una sedimentazione di materiale meno e/o del tutto non contaminato.

Le evidenze stratigrafiche e radiometriche escludono definitivamente un contributo della Società ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A ai processi di contaminazione della Rada di Augusta.

Quesito II: procedano i CTU all'esame della biodisponibilità reale ed attuale dei residui dei contaminanti presenti nei sedimenti della Rada di Augusta attraverso il passaggio dei contaminanti medesimi in rappresentanti stanziali della fauna marina

Le indagini condotte per conto della Procura di Siracusa nell'estate del 2008 hanno evidenziato che nei muscoli di pesci le concentrazioni degli inquinanti analizzati (mercurio, PCB, PCB 209, OCS, ECS, HCB) sono elevati e superiori a quelli misurati nelle specie di controllo. Ciò è evidente dal confronto delle concentrazioni di tutti gli inquinanti in *Mullus barbatus* (triglia), l'unica specie con la quale è possibile un confronto con un bianco. Le concentrazioni degli inquinanti nei mitili nativi campionati in differenti aree della Rada, evidenziano le notevoli differenze di contaminazione nell'area di indagine. Le analisi di bioaccumulo in mitili trapiantati, se paragonati con le indagini precedenti (Bol-Pr-SI-PR-Rada di Augusta; ICRAM Agosto 2005), indicano una minore biodisponibilità in colonna d'acqua. Tale differenza,

secondo Ausili et al. 2008, “suggerisce una più bassa biodisponibilità di queste sostanze nella colonna d’acqua e, dunque, la presenza nel 2003 di scarichi ancora attivi o attivi fino a poco tempo prima”

La tipologia di inquinanti nel biota in uno con le deduzioni dei CTU (Ausili et. al. 2008) escludono in modo inequivocabile qualunque tipo di responsabilità da parte della Società ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A ai processi di contaminazione della Rada di Augusta e all’eventuale trasferimento degli inquinanti nella catena trofica.

Quesito III: procedano i CTU all’accertamento, attraverso l’impiego di marcatori, dei soggetti responsabili dell’attuale inquinamento dei fondali della Rada di Augusta verificando, altresì, se l’inquinamento medesimo possa essere stato causato da inquinanti presenti nella falda superficiale

Lo studio della distribuzione spaziale e temporale di una serie di contaminanti considerati “marcatori” delle attività antropiche che insistono e hanno caratterizzato i processi industriali presenti nella Rada di Augusta (Mercurio, Esaclorobenzene, Octaclorostirene, Idrocarburi C>12) chiaramente attribuisce allo sversamento incontrollato dell’impianto cloro-soda (per quanto riguarda tutti i processi coinvolti nelle diverse fasi di lavorazione) la contaminazione dei sedimenti della Rada stessa.

La tipologia degli idrocarburi pesanti presenti nei sedimenti evidenziano, chiaramente, una provenienza da processi industriali legati all’effetto di cracking di vecchia generazione da attribuire possibilmente all’impianto di produzione di etilene, propilene e benzina proprio del periodo antecedente al 1976 con modello EDISON presente all’interno del Polo Petrochimico di Priolo associato all’impianto del cloro-soda.

La distribuzione dei microinquinanti individua nella zona prospiciente al Vallone della Neve l’immissione puntiforme di contaminanti e, a seguito di fenomeni di dragaggio e movimentazione dei sedimenti della Rada effettuata in maniera massiccia già a partire dagli anni Settanta, una redistribuzione degli stessi in altre aree della baia.

Tutti i dati a disposizione escludono categoricamente un coinvolgimento diretto della Società ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A nei fenomeni di inquinamento della Rada di Augusta anche in relazione a potenziali effetti di sversamento di Idrocarburi pesanti che sono chiaramente da attribuire a processi industriali di vecchia generazione e certamente non a processi di raffinazione.

Quesito IV: procedano i CTU all’accertamento della praticabilità e degli indirizzi strategici della bonifica della Rada di Augusta alla luce dei risultati degli accertamenti relativi alla consulenza espletata dai CTU prof. E. Bacci, dott. M. Gabellini e Dott.ssa A. Ausili

Gli evidenti fenomeni di miglioramento dello stato di contaminazione della Rada di Augusta in aree dove la sedimentazione risulta essere rimasta sostanzialmente o solo parzialmente indisturbata da processi di movimentazione secondaria, nonché la definitiva attribuzione ad un

fenomeno ormai concluso di "contaminazione primaria" dell'area in questione permette di suggerire, come linea strategica per una bonifica dei sedimenti, un sostanziale loro mantenimento in loco con potenziale incremento della naturale velocità di sedimentazione con materiale selezionato e un monitoraggio adeguato per verificare opportunamente l'evoluzione del sistema. Si esclude categoricamente la soluzione di un dragaggio "a grande scala" come suggerito da ICRAM nel progetto di bonifica definitivo del 2008 che, si ritiene, comporterebbe un'incontrollata e imprevedibile (a causa dell'assenza di informazioni accurate di alcuni parametri chiave per la definizione di scelte tecniche opportune da apportare) evoluzione per l'ambiente e l'ecosistema che "interagisce" con la Rada di Augusta. L'eventuale scelta di un dragaggio realmente limitato, come proposto da Ficco et al. (2009), necessiterebbe, comunque, di una più accurata e opportuna definizione di volumi di sedimento da rimuovere e la scelta di una metodologia adeguata in relazione agli inquinanti presenti e alla tipologia di sedimenti da rimuovere valutando accuratamente l'efficacia e la sostenibilità delle tecnologie proposte.

Premessa

Il presente documento riporta una serie di considerazioni e commenti alle due relazioni di sintesi presentate dai CTU della Procura della Repubblica presso il Tribunale di Siracusa in relazione ai risultati emersi dalle indagini di caratterizzazione ambientale dei fondali della Rada di Augusta svolte nell'ambito del Procedimento n. 5010/RGNG:

- i) Ausili A., Bacci E., Gabellini M. (2008). Relazione di consulenza tecnica in merito agli accertamenti svolti sui fondali della Rada di Augusta (periodo di indagine luglio - novembre 2008). Procura della Repubblica presso il Tribunale Di Siracusa (Proc. N. 5010/08 RGNR) – *Quesiti I e II*
- ii) Ficco P., Cammarata G., Bacci E. (2009). Relazione di consulenza tecnica in merito all'origine dei contaminanti presenti nei sedimenti ed alle strategie per il risanamento della Rada di Augusta. Procura della Repubblica presso il Tribunale Di Siracusa (Proc. N. 5010/08 RGNR) – *Quesiti III e IV*

Lo studio ambientale effettuato è stato realizzato al fine di rispondere ai quattro quesiti posti dal Pubblico Ministero in data 6 giugno 2008:

1. *procedano i CTU alla caratterizzazione dei sedimenti della Rada di Augusta al fine di accertare l'eventuale presenza di fenomeni di stratificazione dei sedimenti marini e procedano, altresì alla datazione dei contaminanti organici ed inorganici;*
2. *procedano i CTU all'esame della biodisponibilità reale ed attuale dei residui dei contaminanti presenti nei sedimenti della rada di Augusta attraverso il passaggio dei contaminanti medesimi in rappresentanti stanziali della fauna marina;*
3. *procedano i CTU all'accertamento, attraverso l'impiego di marcatori, dei soggetti responsabili dell'attuale inquinamento dei fondali della Rada di Augusta verificando, altresì, se l'inquinamento medesimo possa essere stato causato da inquinanti presenti nella falda superficiale;*
4. *procedano i CTU all'accertamento della praticabilità e degli indirizzi strategici della bonifica della Rada di Augusta alla luce dei risultati degli accertamenti relativi alla consulenza espletata dai CTU prof. E. Bacci, dott. Gabellini e dott.ssa Ausili*

Il lavoro di sintesi qui riportato prende in esame un ampio numero di dataset ambientali prodotti all'interno della Rada di Augusta negli ultimi anni volti ad indagini accurate sullo stato di contaminazione dei sedimenti. Tali indagini sono state finalizzate anche ad individuare i potenziali effetti che tale inquinamento potrebbe avere sull'ecosistema marino e,

eventualmente, sulla salute umana degli abitanti che vivono nelle aree limitrofe alla Rada stessa.

In particolare, ci si riferirà ai seguenti documenti di caratterizzazione ambientale disponibili:

- Progetto preliminare di bonifica della Rada di Augusta – fase I e II. Elaborazione definitiva (rif. Doc. ICRAM # BoI-Pr-SI-PR-Rada di Augusta-03.22);
- Origine storica della contaminazione dei sedimenti della Rada di Augusta (ottobre 2005) redatto da M. Frignani e L. Bellucci per Syndial S.p.A.
- Attività di caratterizzazione delle aree a mare contermini ai pontili della raffineria ERGMED di Priolo (SR). Redatto da URS Italia. Relazione tecnica. 2 marzo 2007.

I risultati relativi a queste attività di caratterizzazione verranno analizzati, commentati e rivisti alla luce dei risultati dello studio effettuato durante questa ultima fase di indagine ambientale pianificata al fine di rispondere ai quesiti posti dal Pubblico Ministero del Tribunale della Procura della Repubblica di Siracusa. A tale scopo sono stati eseguiti, nella Rada di Augusta, una serie di nuovi prelievi di sedimento e di organismi marini, tenendo conto di tutte le informazioni derivanti da indagini pregresse effettuate nell'area e utilizzando strategie di campionamento condivise con i Consulenti Tecnici degli indagati.

In Tab. 1 vengono riportati i dettagli relativi a tutte le attività di campionamento effettuate.

Data	Attività
23-25 giugno 2008	<i>Prelievo e trapianto di organismi bivalvi e prelievo di pesci all'interno della Rada di Augusta e in un'area di riferimento</i>
14-19 luglio 2008	<i>Campionamento di sedimenti marini all'interno della Rada di Augusta mediante carotaggi Recupero degli organismi marini trapiantati all'interno della Rada e in un'area di riferimento</i>

Tab. 1. Tipologia di prelievi eseguiti e data di esecuzione

I dettagli relativi alla fase di campionamento dei sedimenti sono riportati in Appendice I.

Quesito I: procedano i CTU alla caratterizzazione dei sedimenti della Rada di Augusta al fine di accertare l'eventuale presenza di fenomeni di stratificazione dei sedimenti marini e procedano, altresì alla datazione dei contaminanti organici ed inorganici

Al fine di rispondere al Quesito I è stato predisposto un nuovo campionamento dei sedimenti della Rada di Augusta definito in base ai risultati delle diverse fasi di caratterizzazione ambientale effettuate negli anni precedenti. Tale indagine è stata condivisa tra le parti durante la riunione del 2 giugno 2007, in termini di localizzazione delle aree da investigare, metodologie di prelievo e tipologie di parametri fisici e chimici da misurare. La distribuzione spaziale delle 10 carote di sedimento prelevate è riportata in Fig. 1, con evidenziate le aree dove sono state prelevate record sedimentari da sottoporre a datazione radiometrica.

In Fig. 2 è stata inoltre riportata la localizzazione delle aree di campionamento sul rilievo batimetrico di dettaglio realizzato per la Rada di Augusta e acquisito da ICRAM (ora ISPRA) durante la fase di caratterizzazione del 2006.

La disponibilità del rilievo batimetrico della Rada ha consentito un'oculata selezione delle aree da investigare durante la fase di indagine relativa al Procedimento giudiziario in corso. Tale indagine, che prevede il prelievo di un numero ridotto di carote, omogeneamente distribuite all'interno della Rada, è mirata ad evidenziare le diverse potenziali fonti di inquinamento e l'evoluzione dei processi di impatto antropico nella Rada negli ultimi 60-70 anni.

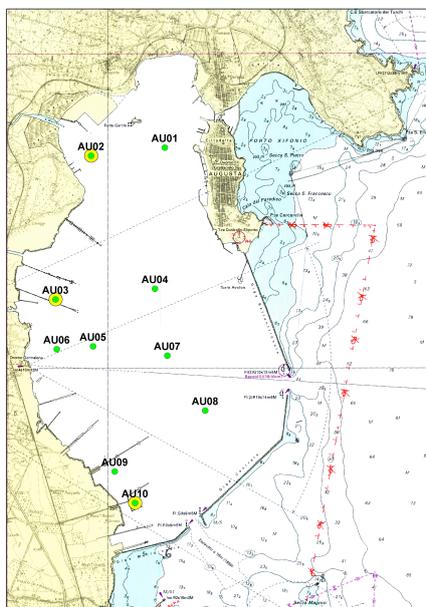


Fig. 1. Posizione delle aree di prelievo delle carote relative alla nuova fase di caratterizzazione all'interno della Rada di Augusta. In giallo sono evidenziate le tre aree dove sono state prelevate le carote di sedimento destinate alla datazione radiometrica.

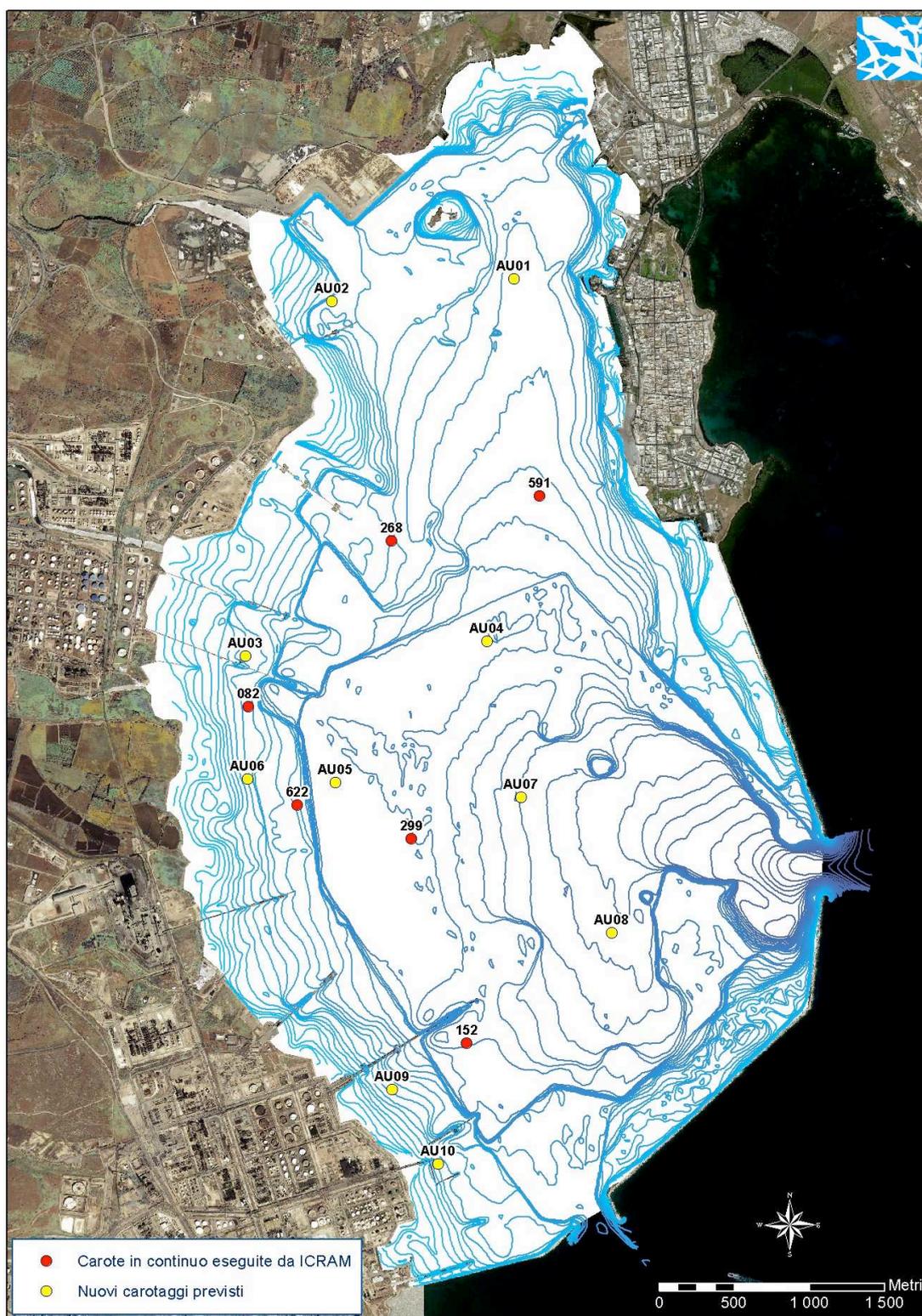


Fig. 2. Posizione delle carote prelevate durante la nuova fase di caratterizzazione e rilievo batimetrico della Rada di Augusta eseguita da ICRAM (ora ISPRA) durante la fase di studio del 2006.

I parametri analizzati per i campioni prelevati da ogni carota di sedimento (con passo di campionamento costante di 3 cm) sono riportati di seguito:

Granulometria
Mercurio (Hg)
Vanadio (V)
Bario (Ba)
Cromo VI (20% dei campioni)
Esaclorobenzene (HCB)
Policlorobifenili (PCB)
PCB 209
Eptaclorostirene (ECS)
Octaclorostirene (OCS)
Composti organici aromatici (BTEXS): Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni, Stirene
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)
Idrocarburi C<12
Idrocarburi C>12
Idrocarburi aromatici (da C6 a C25)
Idrocarburi alifatici (da C6 a C40)

La scelta di tali parametri è stata guidata da un'attenta valutazione dei risultati ottenuti durante le precedenti fasi di caratterizzazione ambientale della Rada di Augusta e in funzione delle necessità investigative emerse all'interno del Procedimento giudiziario in corso.

In particolare, oltre all'analisi di parametri necessari alla caratterizzazione di base del sedimento (granulometria), sono stati selezionati potenziali "marcatori" chimici in grado di evidenziare i principali processi industriali che hanno determinato, nel tempo, l'inquinamento del sistema in studio (ad esempio, Mercurio, Esaclorobenzene, Octaclorostirene, C>12).

Le analisi granulometriche e quelle relative al Mercurio, Vanadio, Bario, Esaclorobenzene, PCB totali, PCB 209, Eptaclorostirene ed Octaclorostirene sono state eseguite presso i laboratori ICRAM (ora ISPRA); le determinazioni di Cromo VI sono state eseguite presso i laboratori dell'Istituto Superiore di Sanità ed, infine, le determinazioni di composti organici aromatici (BTEXS), Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Idrocarburi C>12, Idrocarburi C>12, Idrocarburi aromatici (da C6 a C25) ed alifatici (da C6 a C40) sono state effettuate presso i laboratori Chelab s.r.l. di Resana (TV).

Per ogni stazione di campionamento sono state prelevate un totale di due o tre carote (Tab. 2) utilizzando i due sistemi di prelievo disponibili: Vibracorer Rossfelder (messo a disposizione da ISPRA) e carotiere a gravità SW104 (messo a disposizione dall'istituto ISMAR-CNR di Bologna).

Stazione	Carotiere	Recupero (cm)	Analizzate	Conservate	Datate
AU 01 I	SW 104	117	X		
AU 01 II	SW 104	98		X	
AU 02 I	SW 104	73			X
AU 02 II	SW 104	82	X		
AU 02 III	SW 104	67		X	
AU 03 I	SW 104	72		X	
AU 03 II	SW 104	83			X
AU 03 III	SW 104	84	X		
AU 03 I	ROSSFELDER	-		X	
AU 03 II	ROSSFELDER	200	X		
AU 04 I	SW 104	98	X		
AU 04 II	SW 104	102		X	
AU 05 I	SW 104	66		X	
AU 05 II	SW 104	66	X		
AU 06 I	SW 104	115	X		
AU 06 II	SW 104	83		X	
AU 07 I	SW 104	102		X	
AU 07 II	SW 104	105	X		
AU 08 I	SW 104	39	X		
AU 08 II	SW 104	29		X	
AU 09 I	SW 104	115	X		
AU 09 II	SW 104	85		X	
AU 09 I	ROSSFELDER	183	X		
AU 09 II	ROSSFELDER	-		X	
AU 10 II	SW 104	124		X	
AU 10 III	SW 104	127	X		
AU 10 IV	SW 104	124			X
AU 10 I	ROSSFELDER	-		X	
AU 10 III	ROSSFELDER	222	X		

Tab. 2. Elenco delle carote di sedimento prelevate e definizione della tipologia di indagine eseguita su ciascun record.

Le caratterizzazioni ambientali della Rada di Augusta effettuate da ICRAM (ora ISPRA) tra il 2005 e il 2006, i cui risultati hanno rappresentato la base per la realizzazione del piano di bonifica della Rada redatto da ICRAM stesso (ora ISPRA) (ICRAM, 2008a), sono state effettuate utilizzando, come sistema di campionamento, il carotiere a vibrazione Rossfelder.

Come riportato nel primo quesito posto dal Pubblico Ministero, obiettivo di questa nuova caratterizzazione è stato quello di determinare la presenza di una potenziale distribuzione sistematica dei microinquinanti lungo la colonna sedimentaria. Inoltre, l'analisi della distribuzione di radionuclidi a vita breve (^{210}Pb e ^{137}Cs) da effettuare su tre delle dieci carote prelevate (AU03 SW, AU09 SW, AU10 SW) si è ritenuto potesse fornire informazioni dettagliate sull'età e quindi la cronologia dei record sedimentari investigati.

In questa prima parte della relazione verranno considerati, in particolare, i seguenti punti:

- 1) Comparazione dei dataset disponibili e relativi a caratterizzazioni pregresse;
- 1) studio dei profili di selezionati microinquinanti lungo i record sedimentari acquisiti;
- 2) studio sull'effettiva comparabilità dei risultati ottenuti dalle carote di sedimento prelevate con carotiere a vibrazione Rossfelder e carotiere a gravità SW104;
- 3) definizione di una potenziale cronologia dei sedimenti all'interno della rada di Augusta.

1. Comparazione dei dataset disponibili e relativi a caratterizzazioni pregresse dei sedimenti della rada di Augusta

In questo paragrafo vengono proposte una serie di considerazioni relative alla reale comparabilità dei dataset disponibili e relativi a caratterizzazioni pregresse dei sedimenti della Rada di Augusta (Ausili et al., 2008; Colombo et al., 2005; ICRAM, 2008b; URS Italia, 2007).

Un comparazione tra i dati acquisiti da URS Italia (2007) e gli altri dataset disponibili risulta impossibile a causa della distribuzione spaziale dei dati relativi alla caratterizzazione effettuata e sostanzialmente limitata alle aree limitrofe ai diversi pontili presi in considerazione nel piano di monitoraggio considerato (Fig. 3): Pontile Superpetroliere e pontile Liquidi.

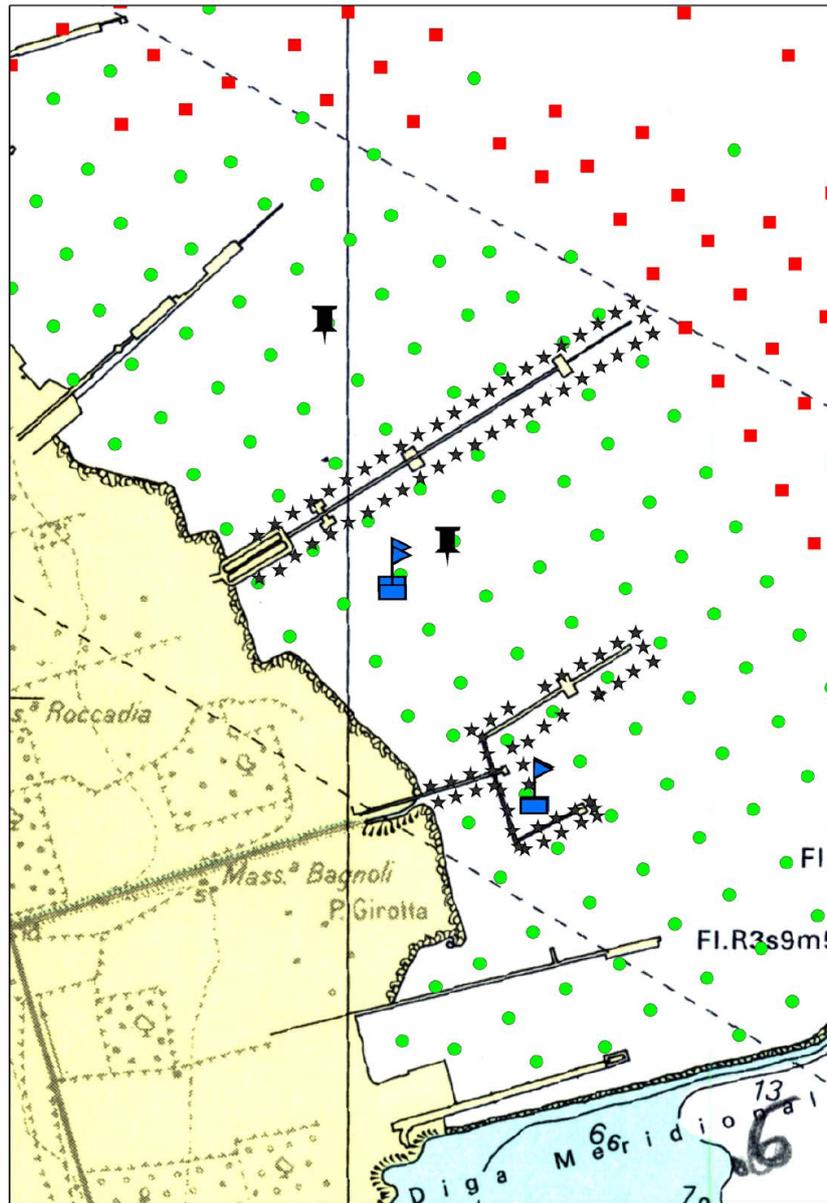


Fig. 3. Distribuzione delle carote prelevate durante la fase I (in verde) e II (in rosso) della caratterizzazione effettuata da ICRAM (2008b) e da URS Italia (2007) (simboli "stella").

La comparazione tra i risultati ottenuti durante la fase I e II della caratterizzazione ambientale di ICRAM (2008b) eseguita dal punto di vista analitico da laboratori diversi mostra anch'essa delle complessità. In effetti, la distribuzione spaziale dei campioni prelevati durante le due diverse fasi di indagine risulta sostanzialmente complementare (Fig. 4). Pertanto verranno messi a confronto, utilizzando una statistica di base, campioni prelevati in aree attigue e quindi spazialmente considerati comparabili dal punto di vista spaziale. Un'indagine effettuata sull'intero dataset relativo alle due fasi di indagine ha chiaramente evidenziato l'elevatissima variabilità dei dati che ci ha spinto a verificarne l'attendibilità analitica considerando le aree concettualmente più omogenee. In particolare, per le quattro aree prese in considerazione

sono state analizzati i valori di concentrazione di Mercurio, Idrocarburi C>12 ed Esaclorobenzene, che rappresentano le classi di microinquinanti più abbondanti all'interno dei sedimenti della Rada di Augusta.

La sintesi dei risultati relativi all'esercizio di comparazione tra i dati acquisiti durante la fase I (campioni con codice PR01) e II (campioni con codice PR02) è riportata nelle Figure 5-8 sotto forma di diagrammi Box-Whiskers per cui è stato selezionato, per motivi grafici, un numero selezionato di parametri statistici.

Infine, la comparabilità dei due dataset risulta affidabile solo per gli intervalli relativi alle profondità 30-50 cm e 100-120 cm. I livelli più superficiali risultano imparagonabili essendo riferibili al livello 0-10 per la caratterizzazione della fase I e 0-20cm per la caratterizzazione della fase II.

Come chiaramente emerge dai Box-plots riportati in Fig. 5-8, la comparabilità dei dati relativi a Hg e Idrocarburi C>12 per le Aree 1,2 e 4 alle diverse profondità è statisticamente significativa, mentre per l'Area 3 profondità 30-50 emerge una forte differenza nella distribuzione dei due contaminanti significativamente meno concentrati nei campioni della II fase di caratterizzazione. I risultati della comparazione risultano assai diversi per quello che riguarda l'Esaclorobenzene che mostra pattern di distribuzione assai differenti per i dataset relativi alle due caratterizzazioni. Tale anomalo comportamento è confermato dalla presenza da punti a identica concentrazione a cui si farà riferimento in dettaglio nel Capitolo "Geostatistica del dataset analizzato".

Sinteticamente, la comparabilità dei diversi dataset relativi alle caratterizzazioni della Fase I e II eseguita da ICRAM (ora ISPRA) negli anni 2005-2006 risulta confermata sostanzialmente per Hg e Idrocarburi C>12, ma non per l'Esaclorobenzene. Dalle discussioni riportate nel Capitolo "Analisi spaziale del dataset a disposizione", si ritiene che tale elevata variabilità non possa essere direttamente legata a problematiche di campionamento, ma possano essere intervenuti effetti legati alla determinazione analitica del composto organico considerato. Ovviamente, tale risultato inficia significativamente il computo dei volumi di sedimento da considerare inquinato (sulla base del superamento di almeno uno dei limiti di concentrazione imposti per i diversi contaminanti, tra cui proprio di primaria importanza considerato l'Esaclorobenzene) e necessariamente destinato alla bonifica effettuato da ICRAM (ora ISPRA) e riportato nel documento ICRAM, 2008a.

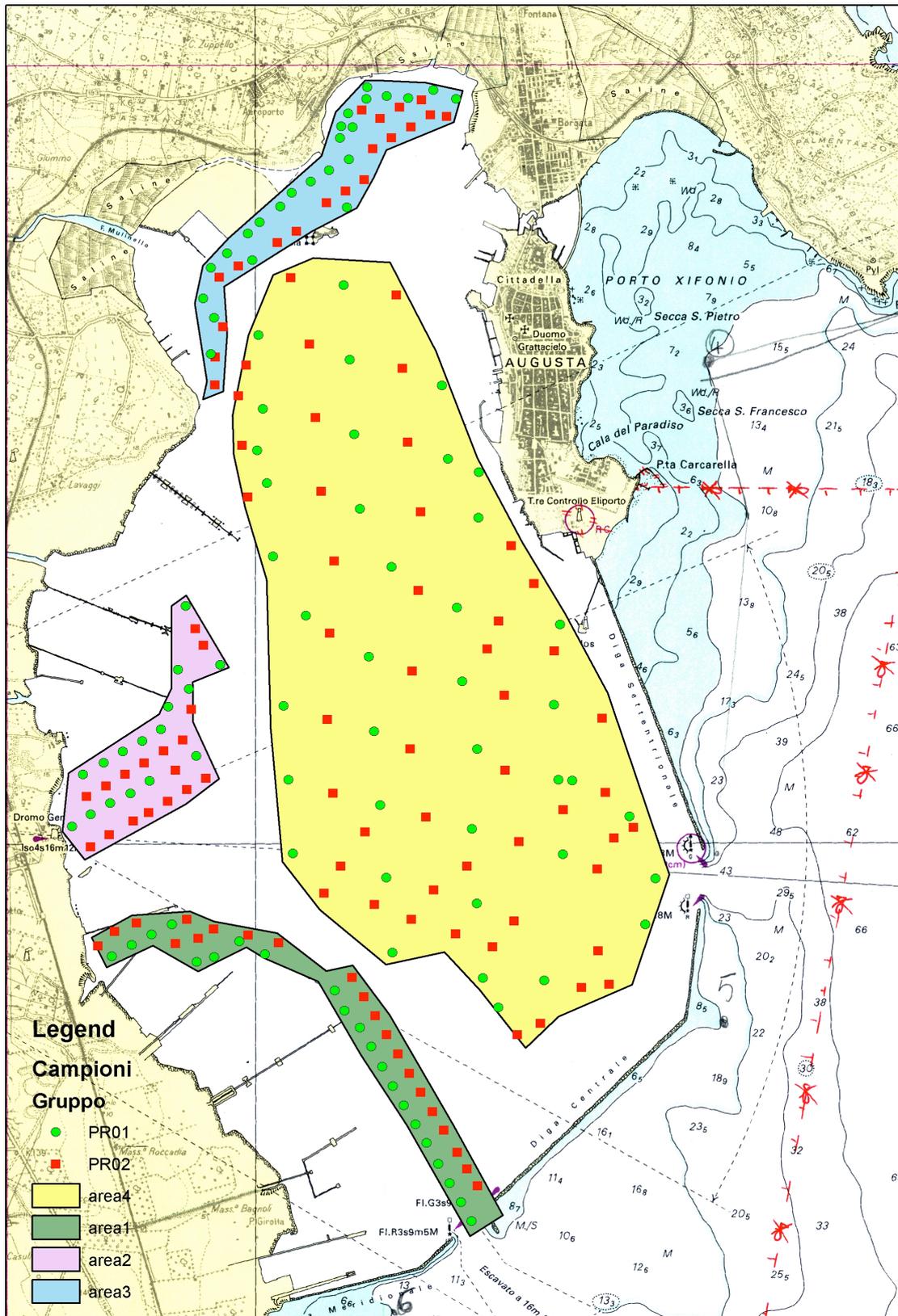
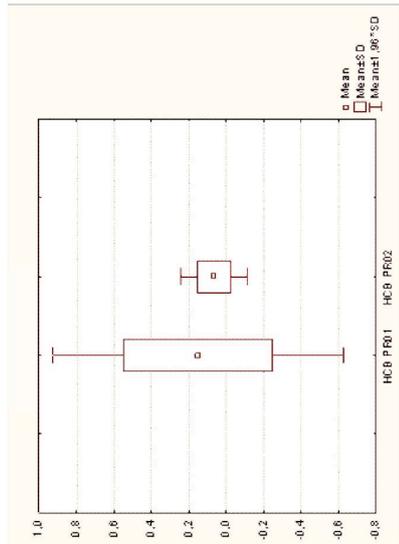
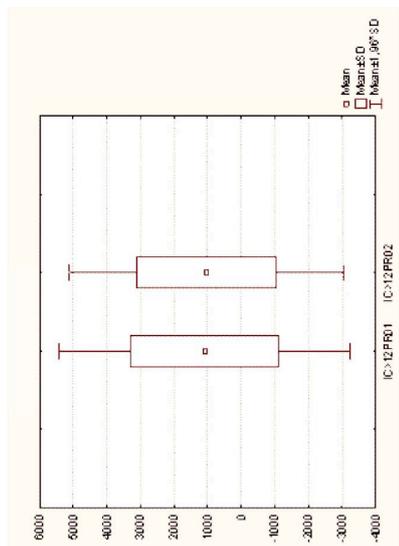
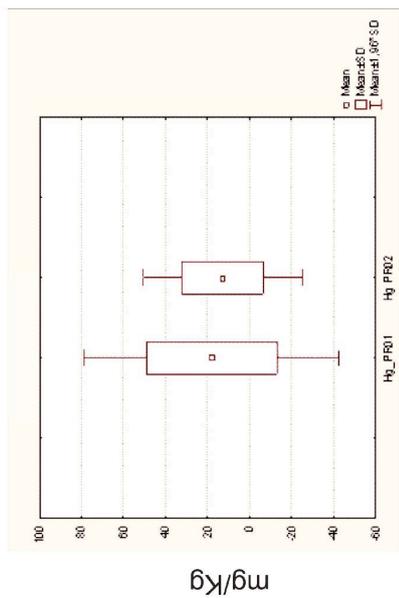


Fig. 4. Definizione delle aree di comparazione tra campioni prelevati durante la I e II fase di caratterizzazione effettuata da ICRAM (2008b).

Livello 30-50

Area 1



Area 2

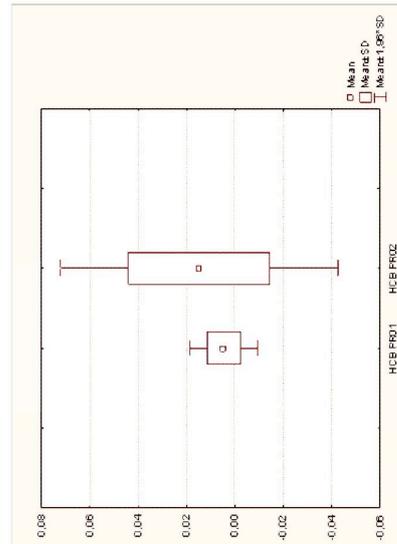
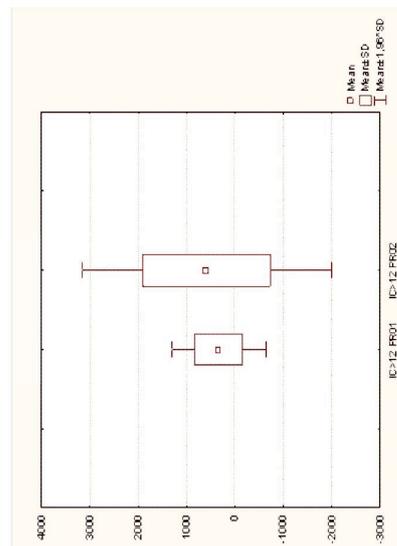
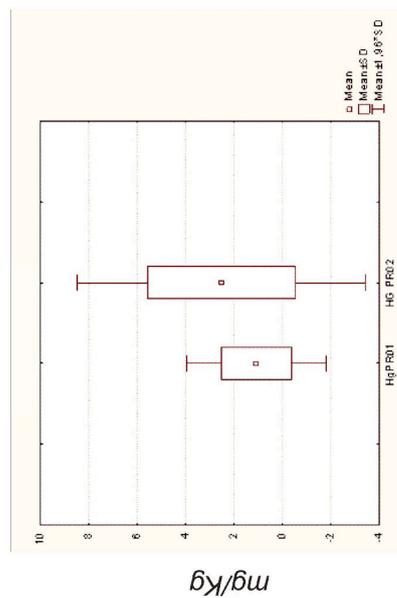
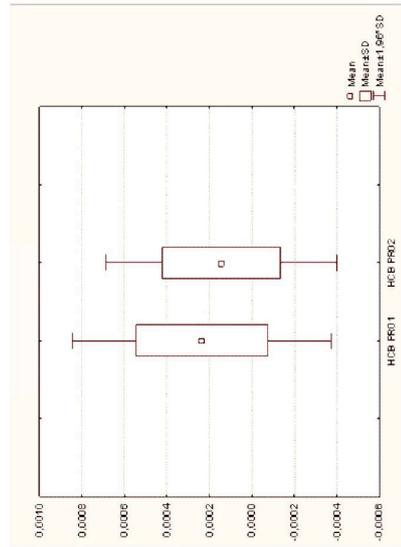
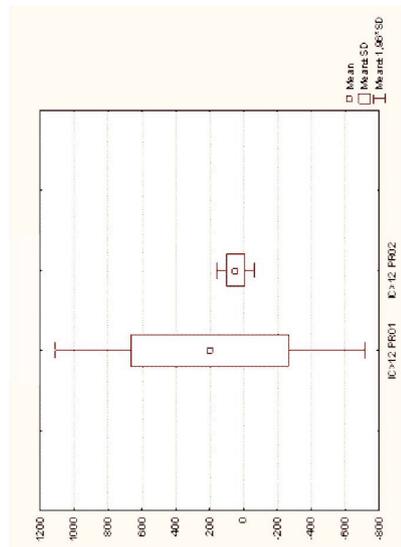
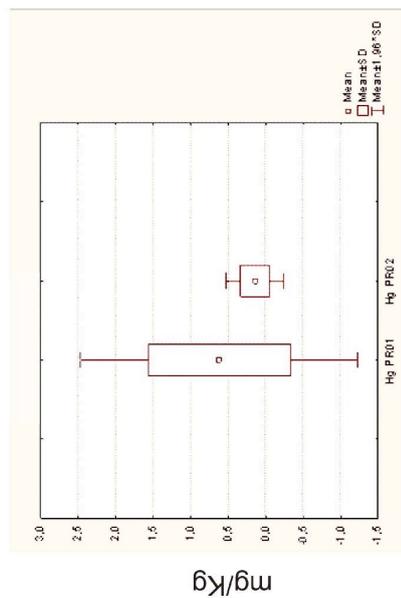


Fig. 5. Box-Wiskers plot relativi ai valori di concentrazione dei diversi microinquinanti nel livello 30-50 cm, documentati durante la I e II fase di caratterizzazione di ICRAM (2008b).

Livello 30-50

Area3



Area 4

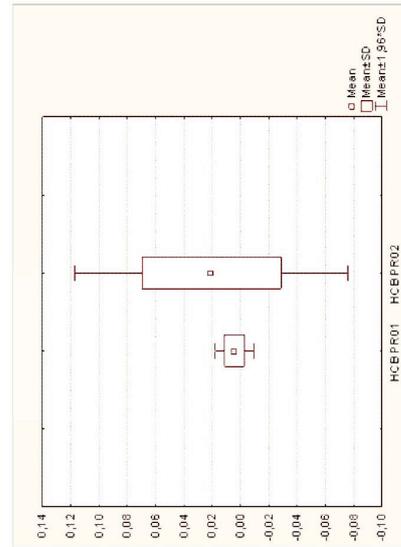
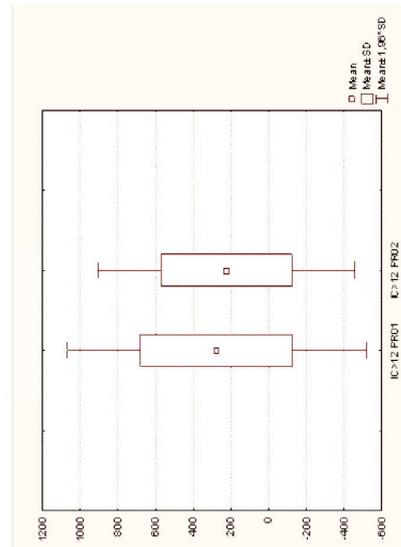
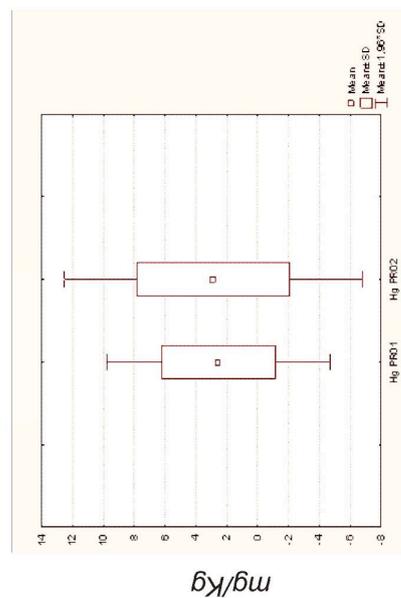
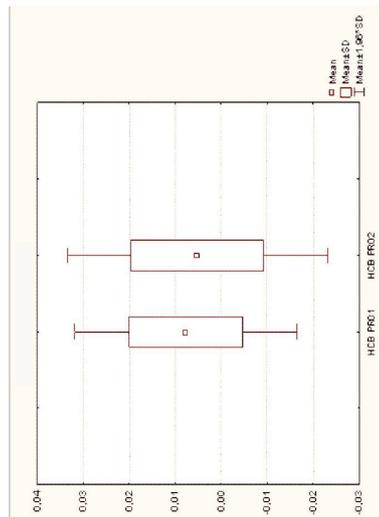
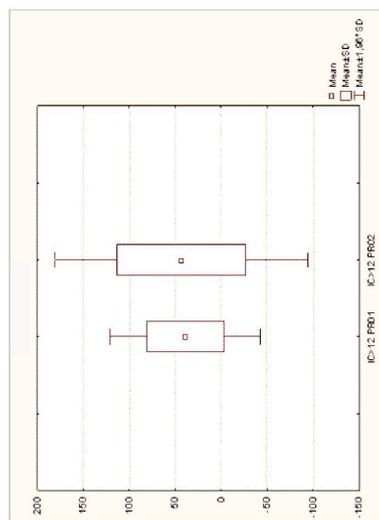
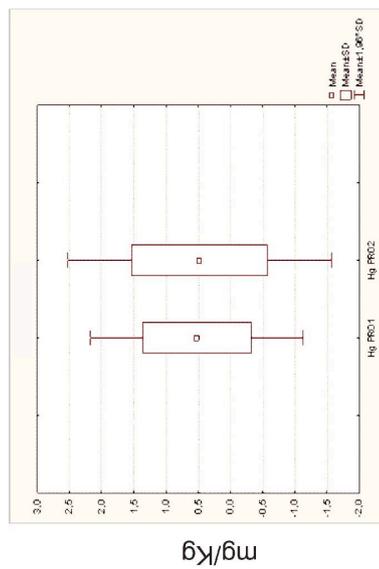


Fig. 6. Box-Wiskers plot relativi ai valori di concentrazione dei diversi microinquinanti nel livello 30-50 cm, documentati durante la I e II fase di caratterizzazione di ICRAM (2008b).

Livello 100-120

Area 1



Area 2

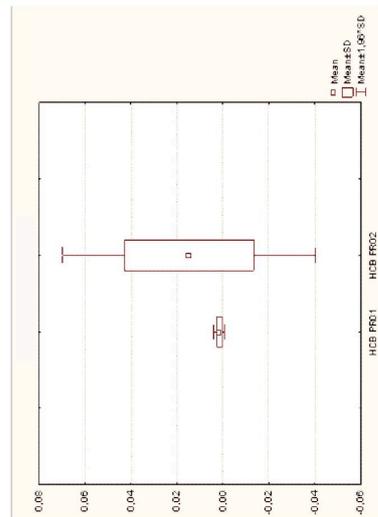
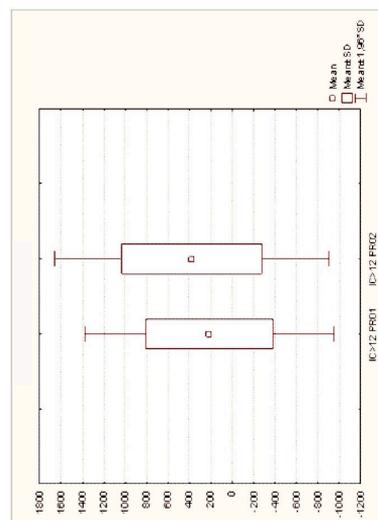
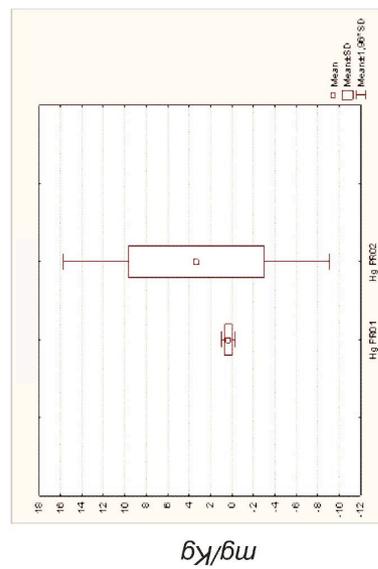
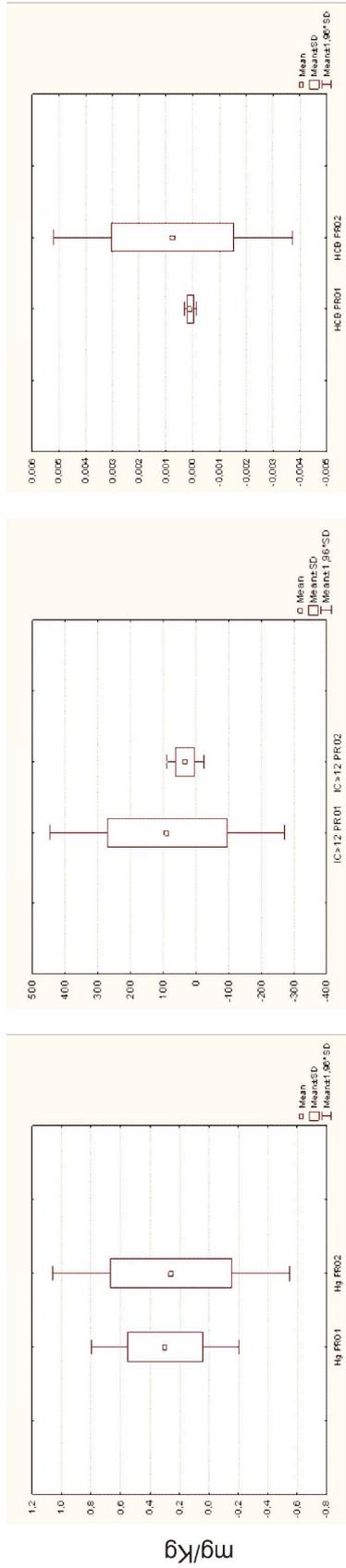


Fig. 7. Fig. Box-Wiskers plot relativi ai valori di concentrazione dei diversi microinquinanti nel livello 30-50 cm, documentati durante la I e II fase di caratterizzazione di ICRAM (2008b).

Livello 100-120

Area 3



Area 4

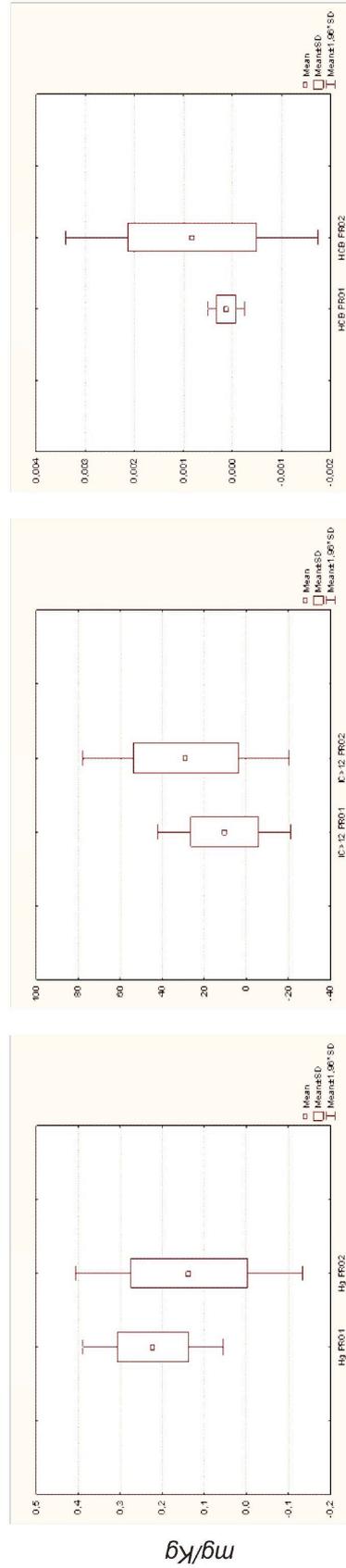


Fig. 8. Box-Wiskers plot relativi ai valori di concentrazione dei diversi microinquinanti nel livello 30-50 cm, documentati durante la I e II fase di caratterizzazione di ICRAM (2008b).

Un'ulteriore comparazione viene di seguito offerta tra il dataset relativo alla fase I e II della caratterizzazione ambientale effettuata da ICRAM (ora ISPRA) nei sedimenti della Rada di Augusta e quello ottenuto dalla campagna di acquisizione effettuata da Colombo et al. (2005) (Fig. 9). In particolare verranno direttamente comparati profili di distribuzione di mercurio ed Esaclorobenzene (ove disponibile) per le coppie di carote (appartenenti ai due gruppi di dataset) più vicine (Figure 10-12).

La comparabilità tra i due dataset (in relazione al confronto di carote vicine) risulta ovviamente influenzata dalla diversa tipologia di campionamento adottata e che, nel caso della campionatura ICRAM (ora ISPRA), omogeneizza interi intervalli sedimentari spessi 20 cm. Pur consapevoli di tale differente approccio, risulta evidente dai grafici riportati, che anche a valori di distanza molto limitati la differenze nei valori di concentrazione sono generalmente altissimi (ordini di grandezza). Si ritiene che nella maggior parte delle situazioni tale variabilità possa essere imputata all'alta variabilità del sistema, confermata anche dall'indagine geostatistica presentata al Capitolo "Geostatistica del dataset analizzato", mentre per altri casi la differenza tra i due dataset sembra evidenziare anche possibili problematiche analitiche relative al dataset ICRAM (2008b) che sistematicamente sembra sottostimare di qualche ordine di grandezza la variabilità nella distribuzione dei microinquinanti investigati.

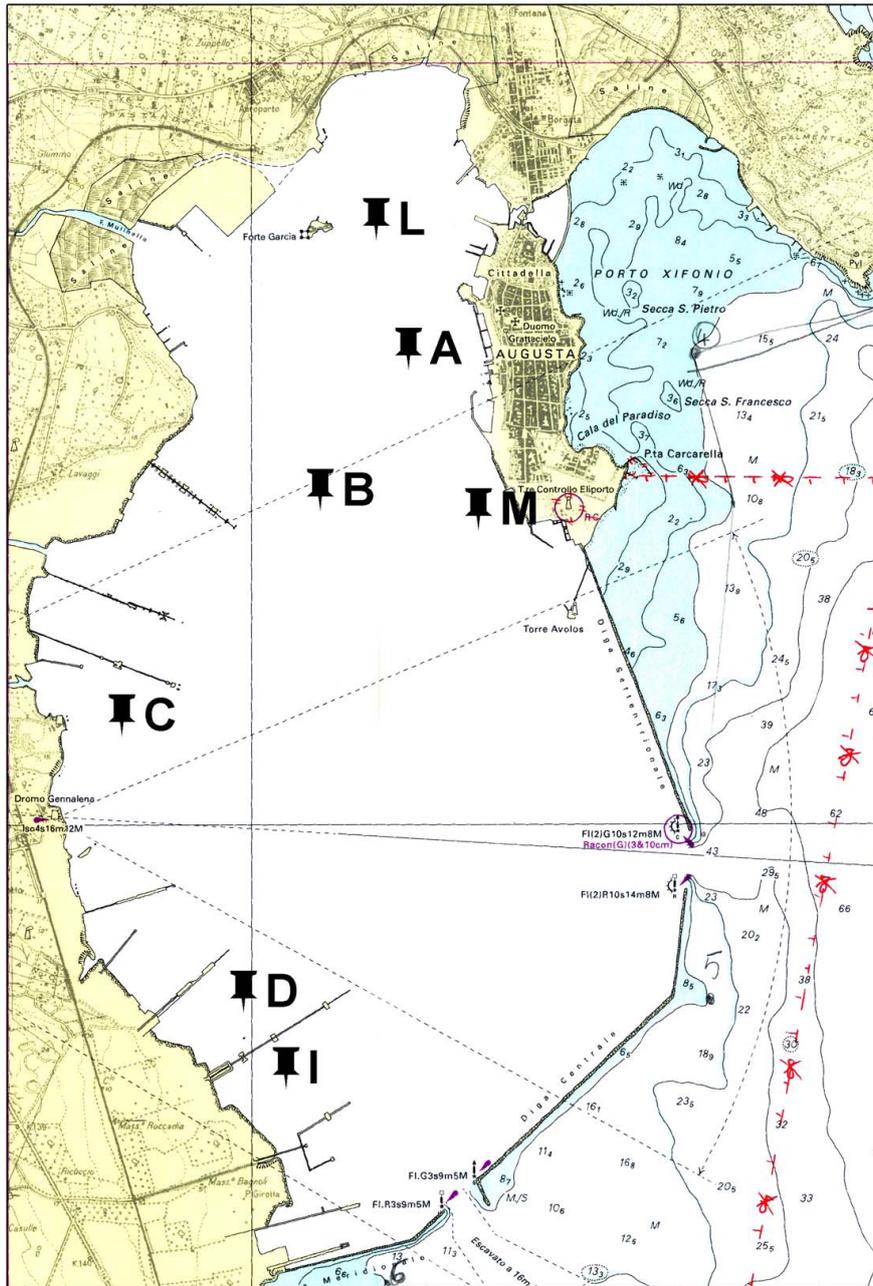


Fig. 9. Distribuzione delle carote di sedimento prelevate da Colombo et al. (2005).

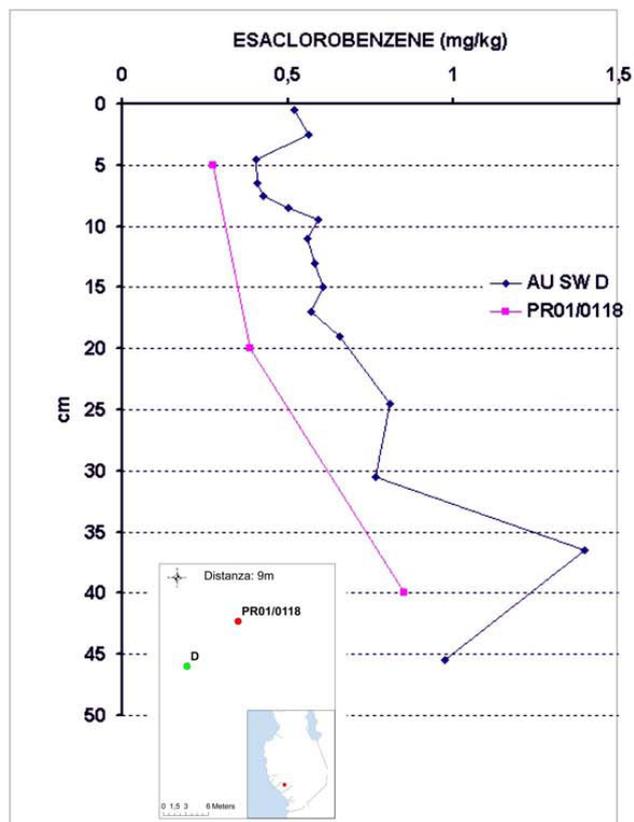
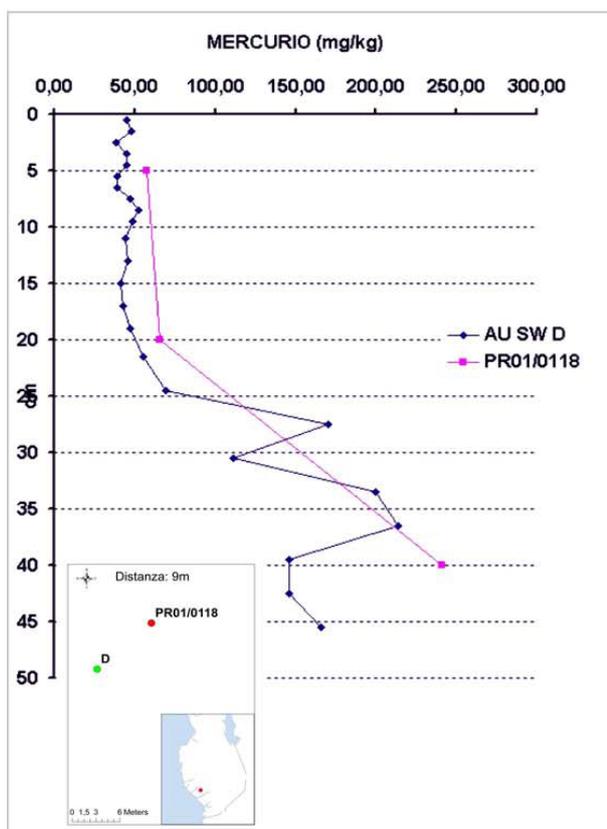
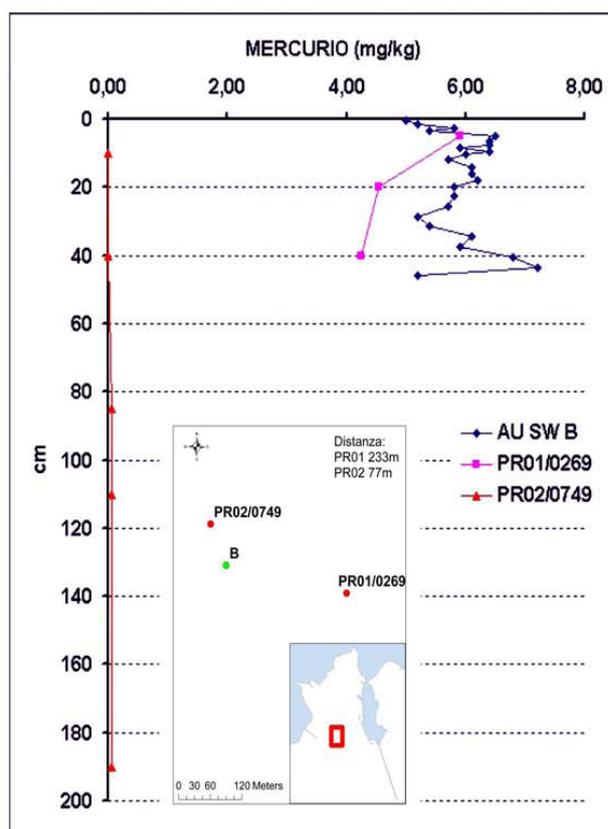
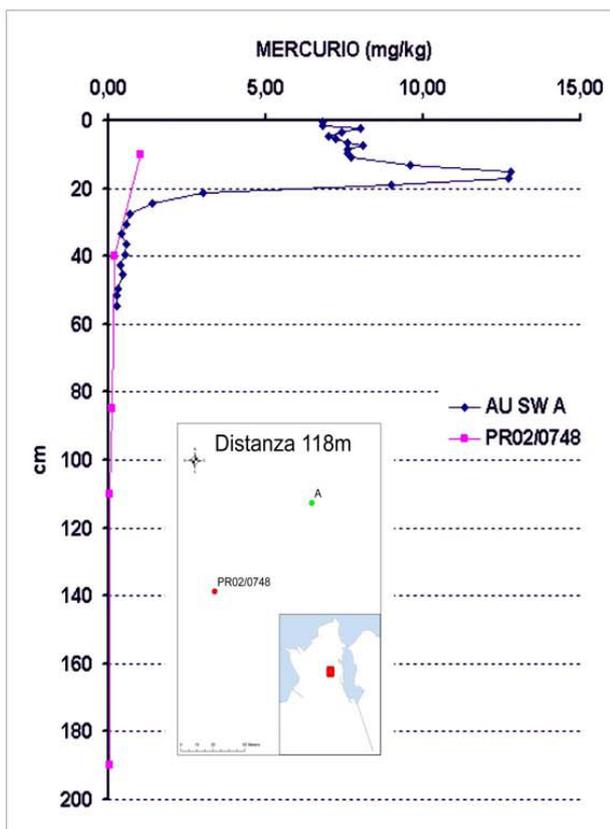


Fig. 10 Comparazione tra i profili di distribuzione dei diversi microinquinanti lungo le carote AU SW A, B, D prelevate da Colombo et al. (2005) e quelle relative alla fase I e II della caratterizzazione ICRAM (2008b).

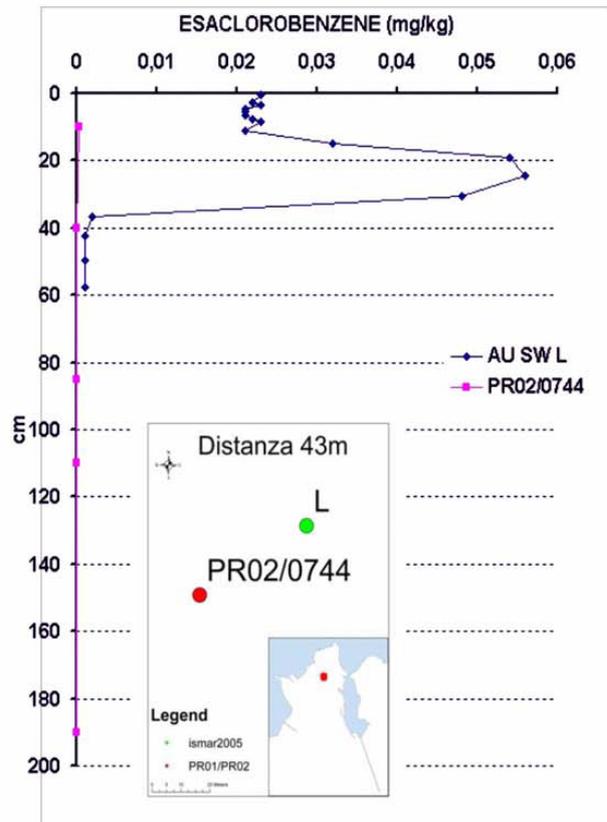
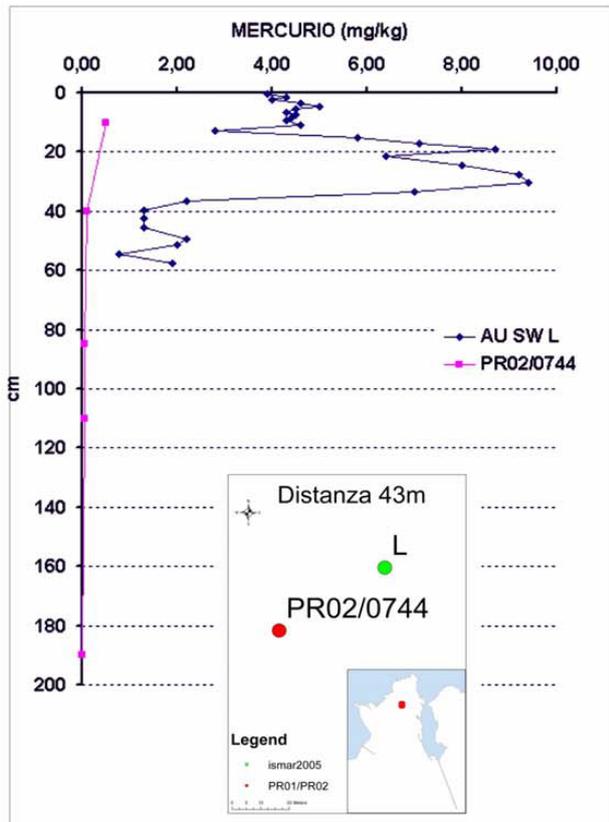
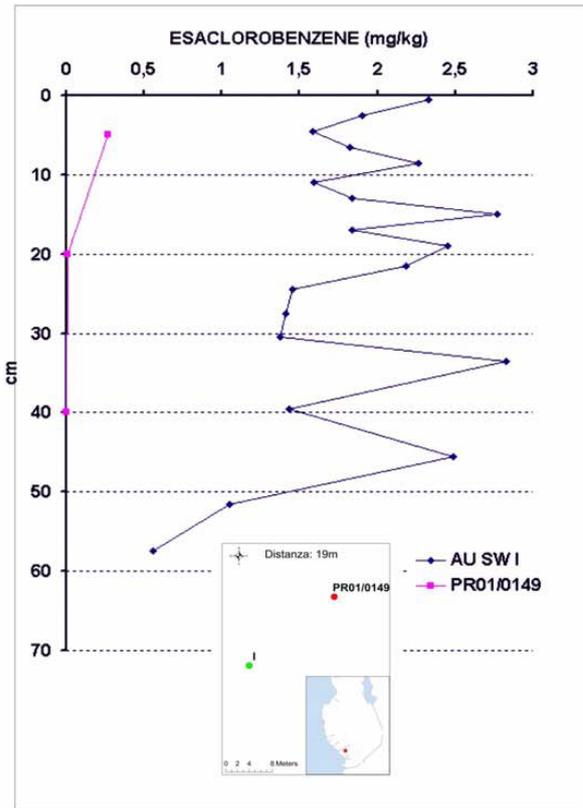
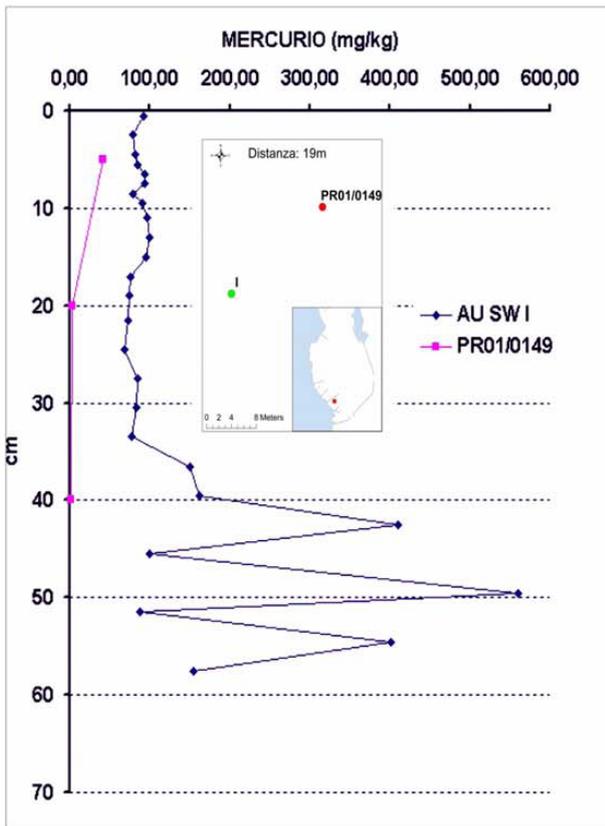


Fig. 11. Comparazione tra i profili di distribuzione dei diversi microinquinanti lungo le carote AU SW I, L prelevate da Colombo et al. (2005) e quelle relative alla fase I e II della caratterizzazione ICRAM (2008b).

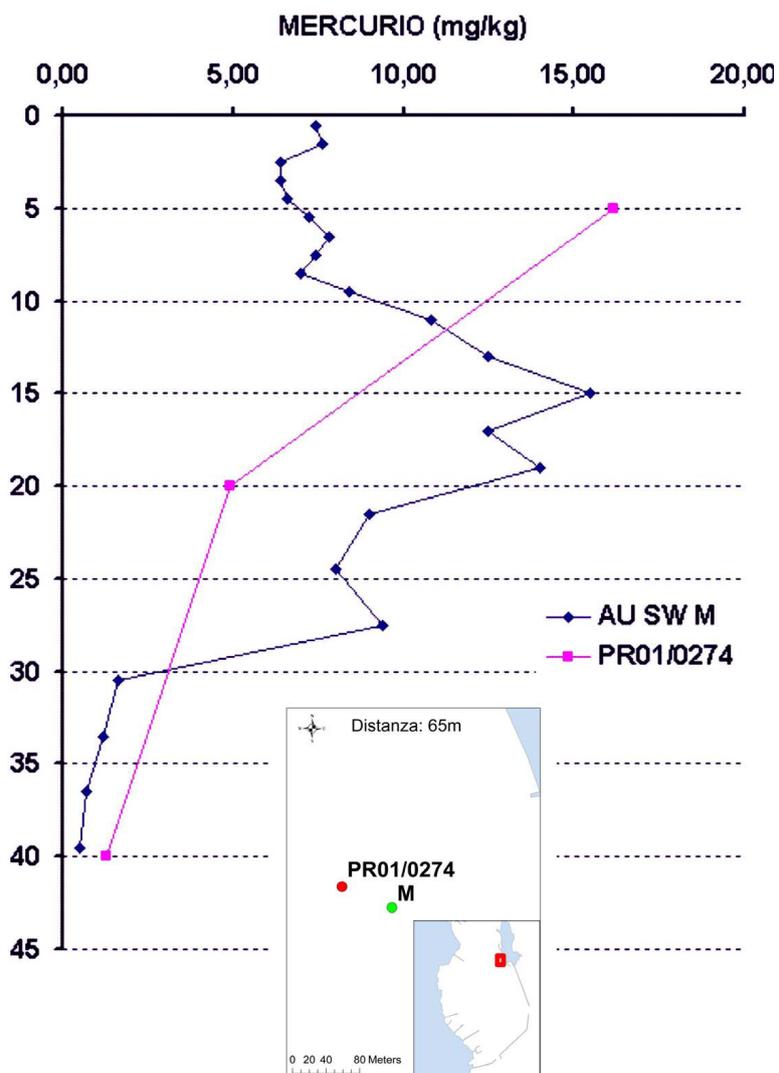


Fig. 12 Comparazione tra i profili di distribuzione dei Hg lungo la carota AU SW M prelevata da Colombo et al. (2005) e quelle relative alla fase I e II della caratterizzazione ICRAM (2008b).

In sintesi, si ritiene che le diverse caratterizzazioni ambientali che si sono succedute nel tempo, siano difficilmente comparabili a causa dell'elevata variabilità nei valori di concentrazione dei diversi microinquinanti analizzati alla piccola scala spaziale, ma anche in relazione ai differenti approcci e strategie di campionamento lungo la verticale e a potenziali errori nella determinazione analitica dei contaminanti investigati (con particolare riferimento all'Esaclorobenzene).

2. Studio dei profili di selezionati microinquinanti lungo i record sedimentari acquisiti

Di seguito vengono sinteticamente riportate una serie di considerazioni relative alla distribuzione verticale di un selezionato numero di microinquinanti (quelli considerati di particolare pericolosità per i sedimenti della Rada di Augusta e di particolare interesse per la "marcatatura" delle sorgenti di inquinamento dei sedimenti stessi) lungo le carote prelevate.

La carota AU01 SW (Fig. 13) è caratterizzata da una crescita sincrona nei valori di concentrazione di Ba, Hg ed HCB a partire da circa 60 cm con una sostanziale uniformità di concentrazione mantenute fino al top del record campionato, a partire da circa 40 cm di profondità. Al di sotto dei 60 cm i valori di concentrazione dei microinquinanti considerati si attestano sulle soglie di background naturale.

La Carota AU02 SW (Fig. 14) mostra profili paralleli tra Hg e HCB e un significativo aumento di abbondanza di idrocarburi C>12 a partire da circa 40 cm di profondità. Anche in questo caso, al di sotto di tale profondità i valori di concentrazione degli analiti considerati sono dell'ordine di grandezza del background naturale del sistema.

La carota AU03 SW (Fig. 15) mostra valori di concentrazione per i diversi elementi/composti investigati dell'ordine di grandezza del background naturale del sistema. A partire da 30 cm di profondità Ba, Hg, OCS, HCB ed Idrocarburi C>12 sono caratterizzati da un repentino aumento di concentrazione con picchi di abbondanza registrati a circa 20 cm. Da 20 a 10 cm tali valori di concentrazione tendono a diminuire e a raggiungere nuovamente valori di background naturale mantenuti fino al top della carota.

Gli andamenti relativi alla distribuzione di Ba, Hg e HCB per la carota AU04 SW (Fig. 16) mostrano un aumento a partire da circa 80 cm di profondità con il mantenimento di valori relativamente elevati fino al top del record. Differentemente, l'OCS mostra un significativo aumento delle concentrazioni a partire da circa 20 cm di profondità.

Lungo la carota AU05 SW (Fig. 17), i profili di concentrazione di Ba, Hg, OCS e HCB mostrano una netta diminuzione attorno a 20 cm di profondità con un incremento repentino che raggiunge il massimo dei valori a circa 1-12 cm. Da questo punto fino al top del record i valori di abbondanza dei diversi microinquinanti mostrano un evidente decremento.

La carota AU06 SW (Fig. 18) mostra valori i concentrazione di Ba, Hg, OCS, HCB ed Idrocarburi C>12 al livello del background naturale fino a circa 60 cm di profondità. Segue quindi un repentino incremento nei valori di concentrazione dei diversi inquinanti con il

massimo registrato alla profondità di circa 50 cm. Da questo punto fino al top della carota si assiste ad un evidente diminuzione nei valori di concentrazione di tutti gli analiti considerati. L'intervallo di massima concentrazione degli analiti può essere identificato tra 60 e 25 cm di profondità.

Anche per la carota AU07 SW (Fig. 19) è evidente un intervallo di profondità, tra circa 60 e 20 cm, in cui i valori di concentrazione di Ba, Hg e in minor misura HCB mostrano elevati livelli contrariamente alla parte più bassa del record dove tali inquinanti sono presenti a livello di background naturale. Da circa 10 cm fino al top della carota è evidente un repentino ulteriore incremento nei valori di concentrazione di Ba, Hg, OCS e HCB.

La carota AU08 SW (Fig. 20) è caratterizzata da un ridottissimo recupero (circa 40 cm). I profili dei diversi microinquinanti qui investigati mostrano profili con valori di concentrazione sostanzialmente costanti fino al top del record. E' da evidenziare che i valori più elevati di OCS, HCB e Idrocarburi C>12 sono presenti nella parte inferiore del record.

La carota AU09 SW (Fig. 21) mostra evidenti trend di decrescita per Ba, Hg, OCS e Idrocarburi C>12 a partire dalla base del record fino a circa 50cm. Da questo punto in poi tali microinquinanti sono caratterizzati da valori sostanzialmente costanti ed elevati. L'HCB fa eccezione a tale andamento generale dei profili con i massimi di concentrazione registrati a partire da 30 cm di profondità.

La carota AU10 SW (Fig. 22) mostra un andamento assai irregolare dei profili di concentrazione dei diversi microinquinanti, sebbene risulti evidente un trend di decrescita nei valori di abbondanza a partire da circa 20-40 cm di profondità.

AU 01 SW

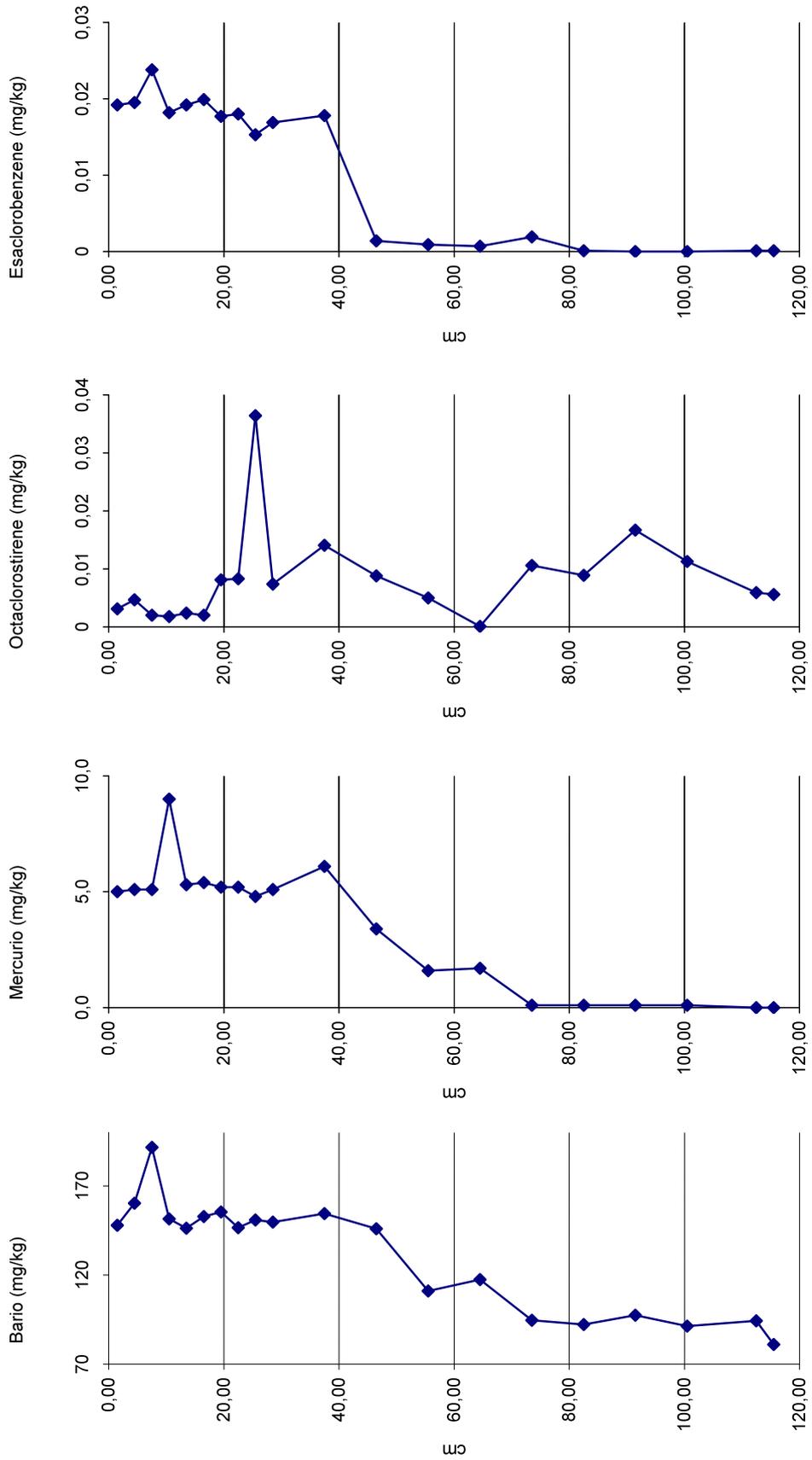


Fig. 13. Profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo la carota AU01 SW

AU 02 SW

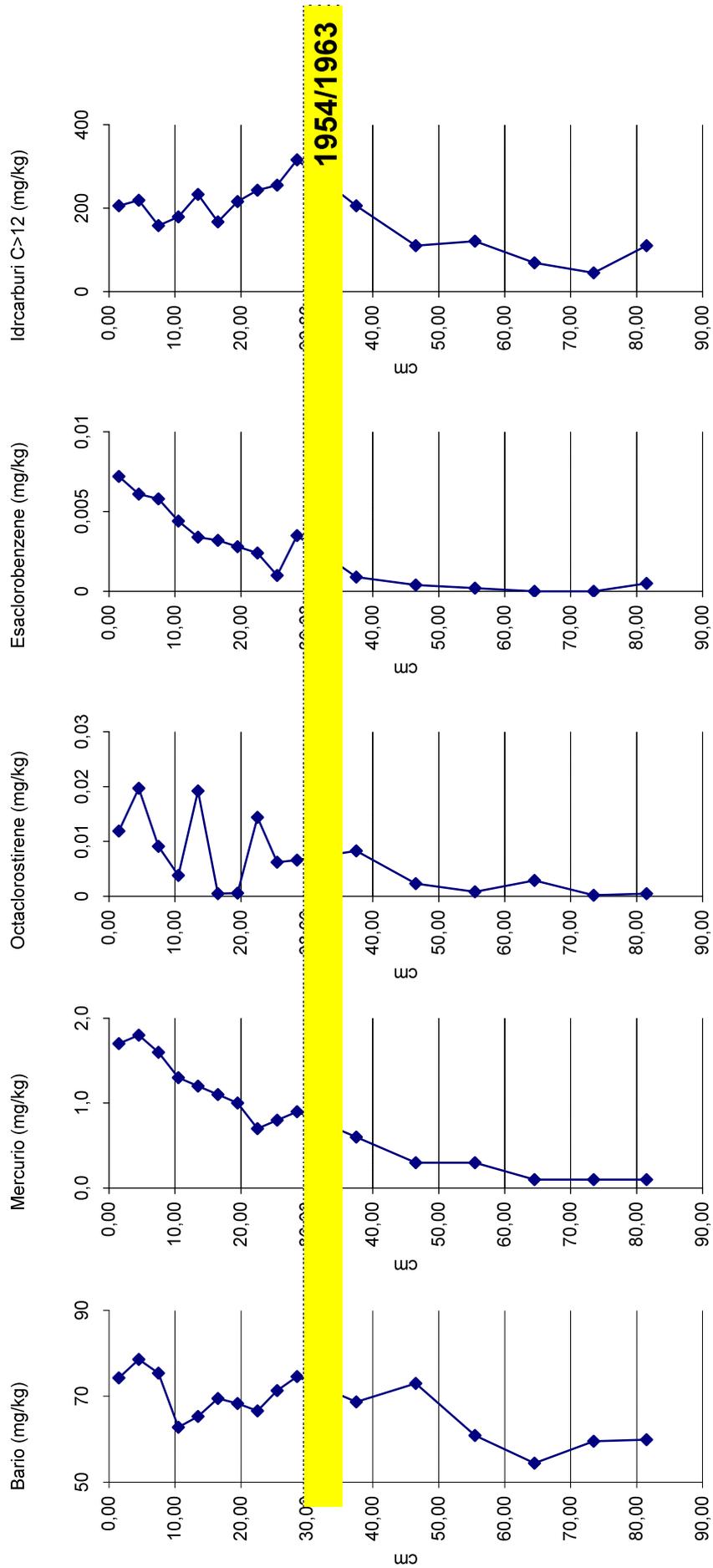


Fig. 14. Profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo la carota AU02 SW. In giallo è evidenziato l'intervallo relativo al periodo 1954-1963 individuato dalla determinazione del ¹³⁷Cs.

AU03 SW

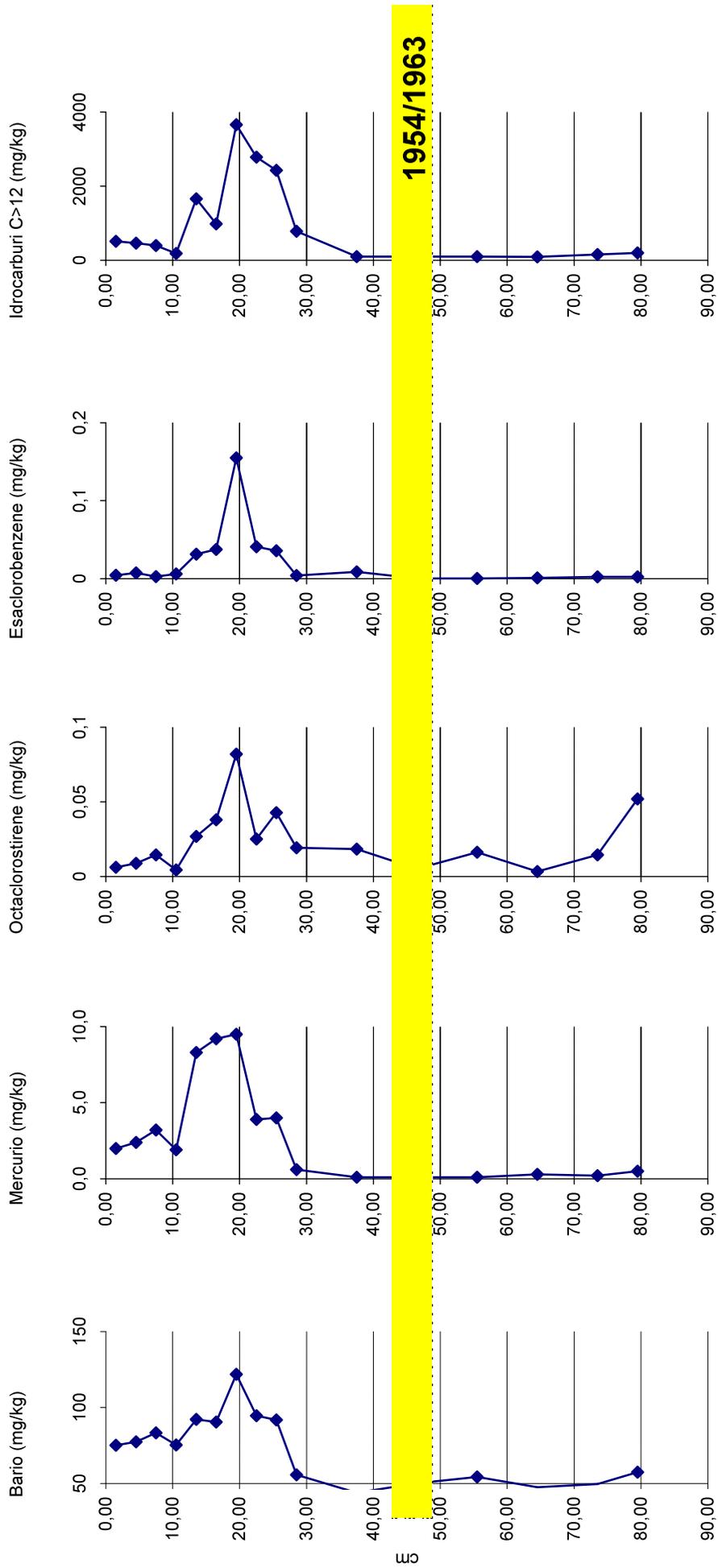


Fig. 15. Profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo la carota AU03 SW. In giallo è evidenziato l'intervallo relativo al periodo 1954-1963 individuato dalla determinazione del ¹³⁷Cs.

AU 04 SW

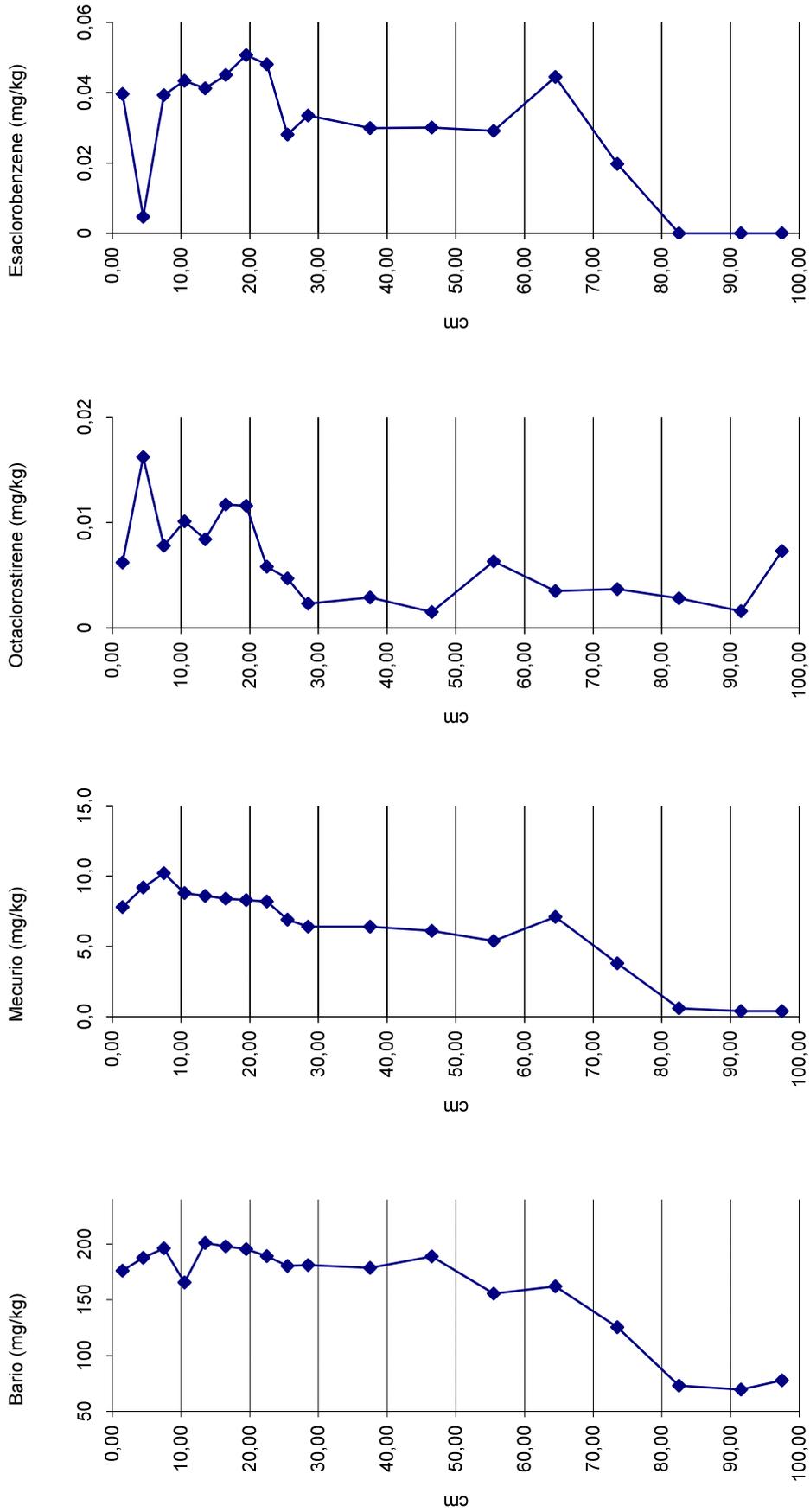


Fig. 16. Profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo la carota AU04 SW.

AU 05 SW

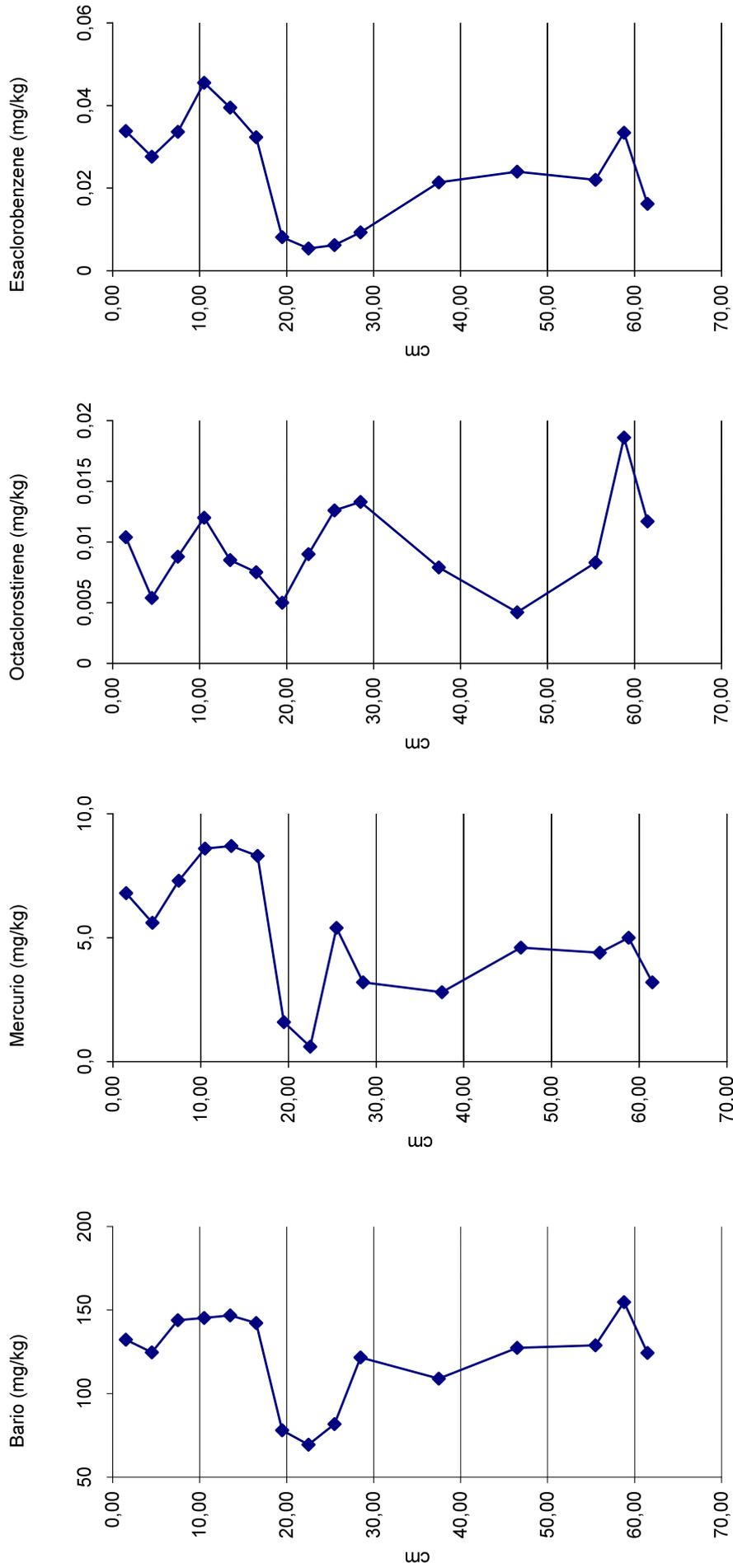


Fig. 17. Profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo la carota AU05 SW.

AU 06 SW

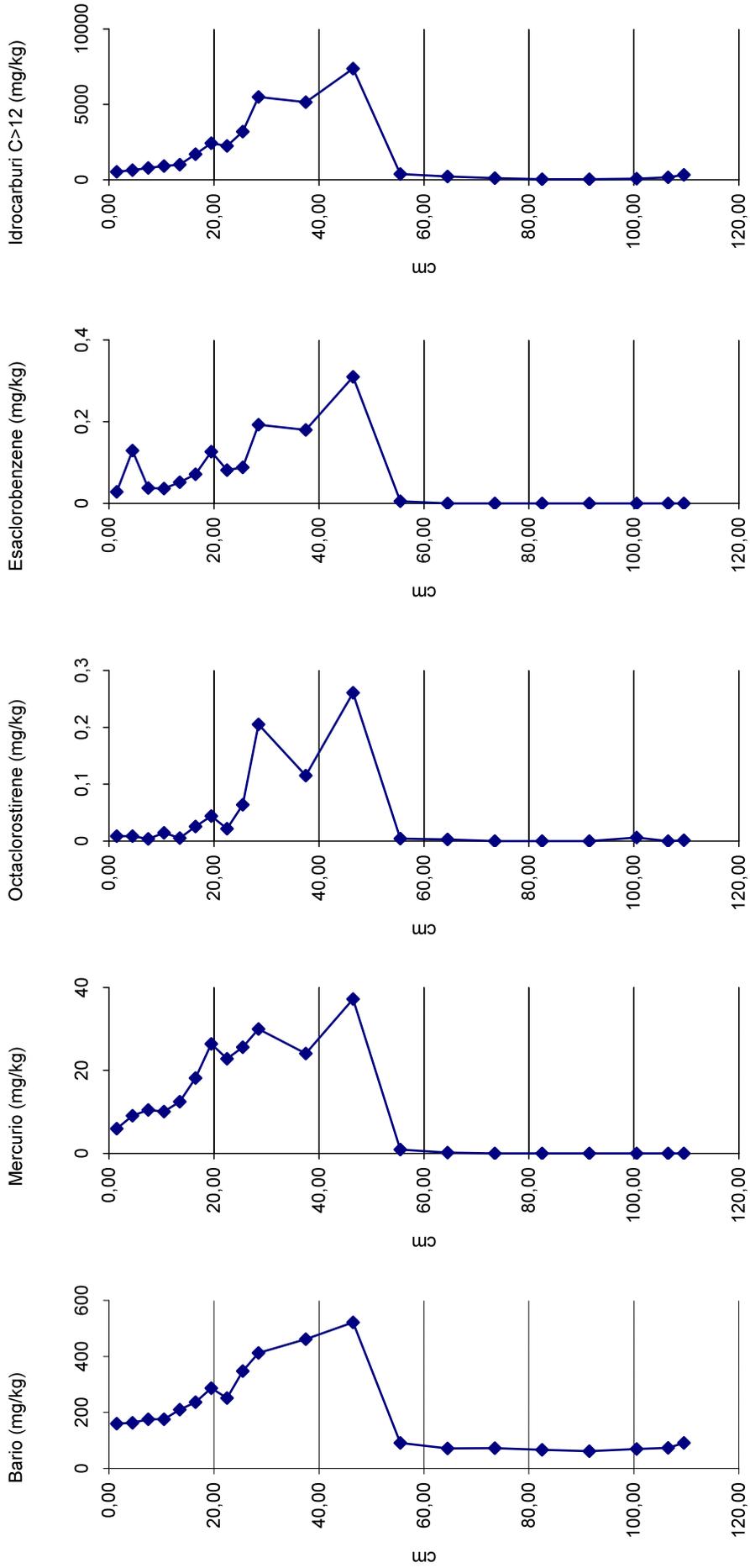


Fig. 18. Profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo la carota AU06 SW.

AU 07 SW

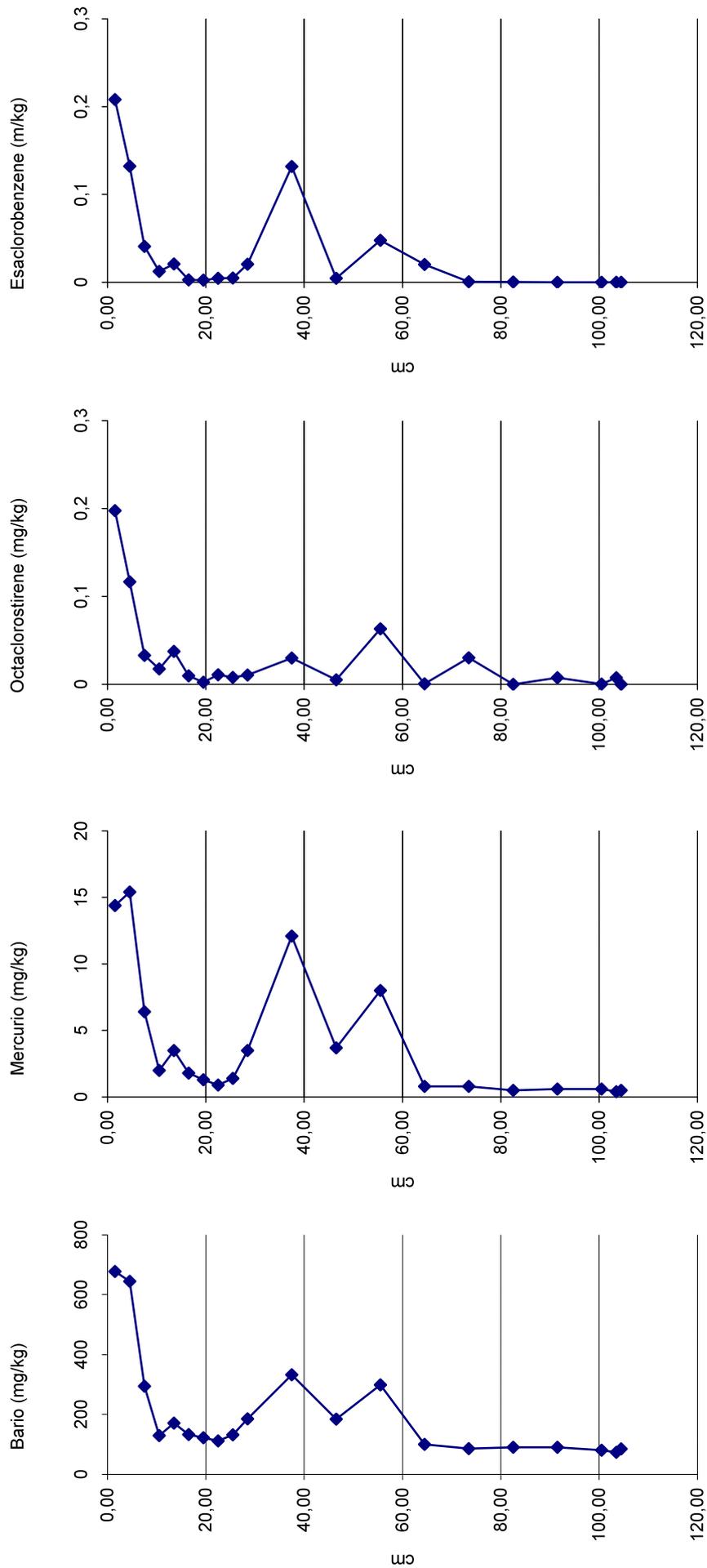


Fig. 19. Profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo la carota AU07 SW.

AU 08 SW

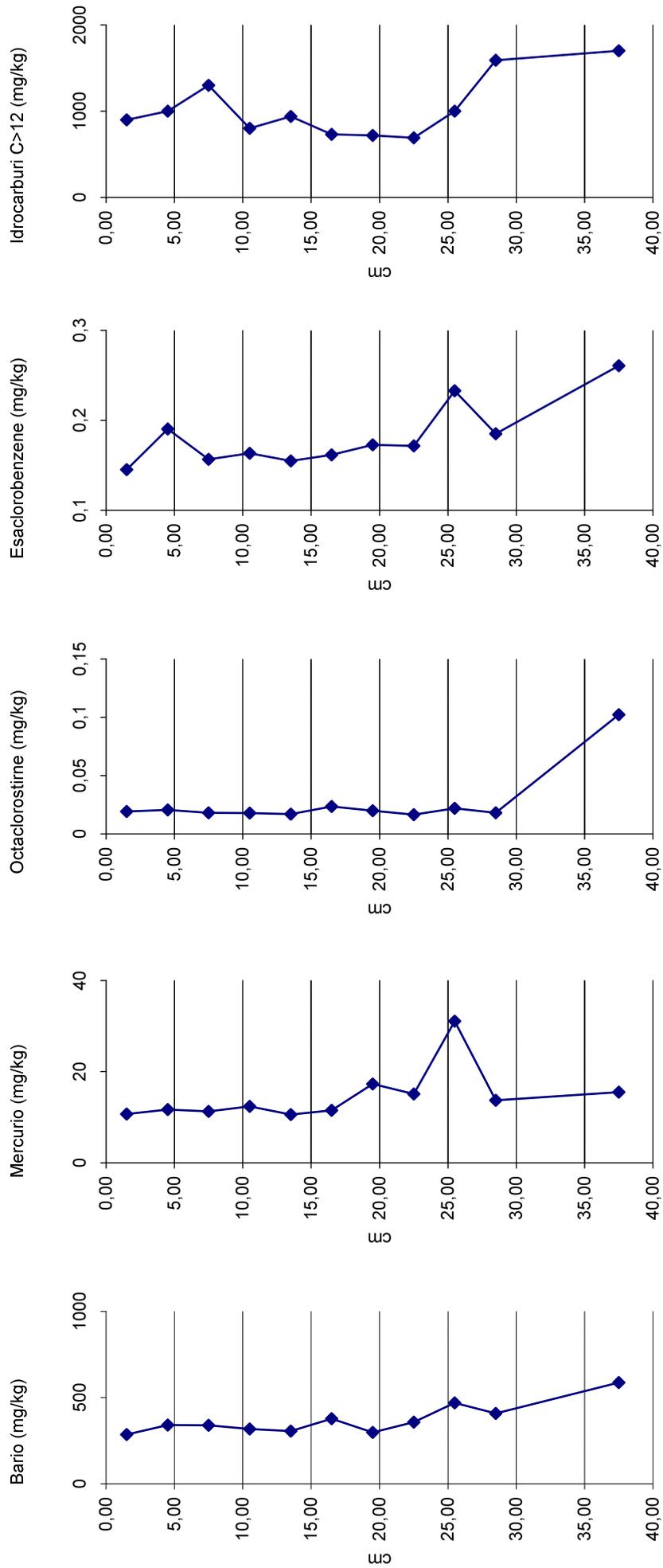


Fig. 20. Profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo la carota AU08 SW.

AU 09 SW

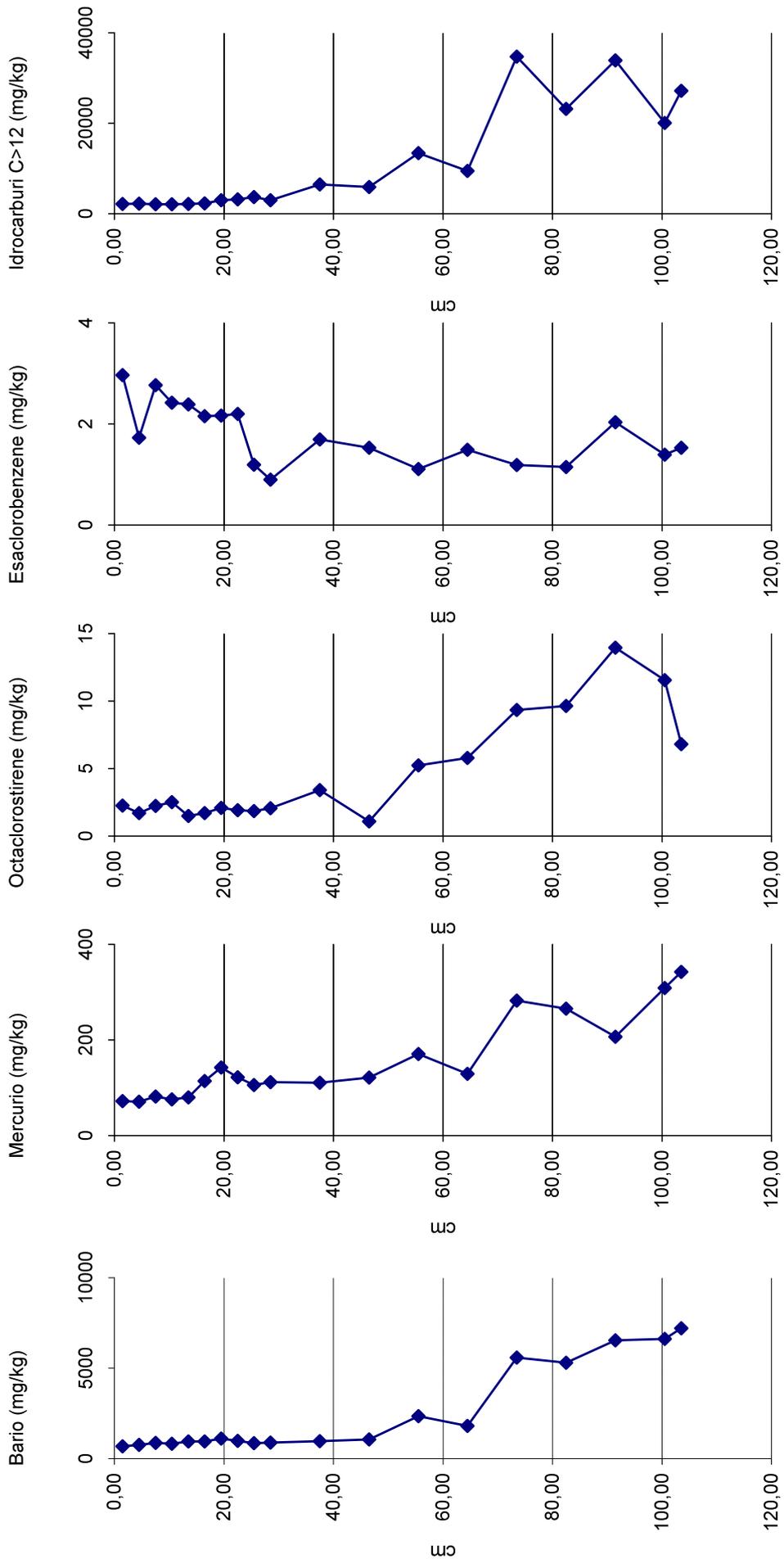


Fig. 21. Profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo la carota AU09 SW.

AU 10 SW

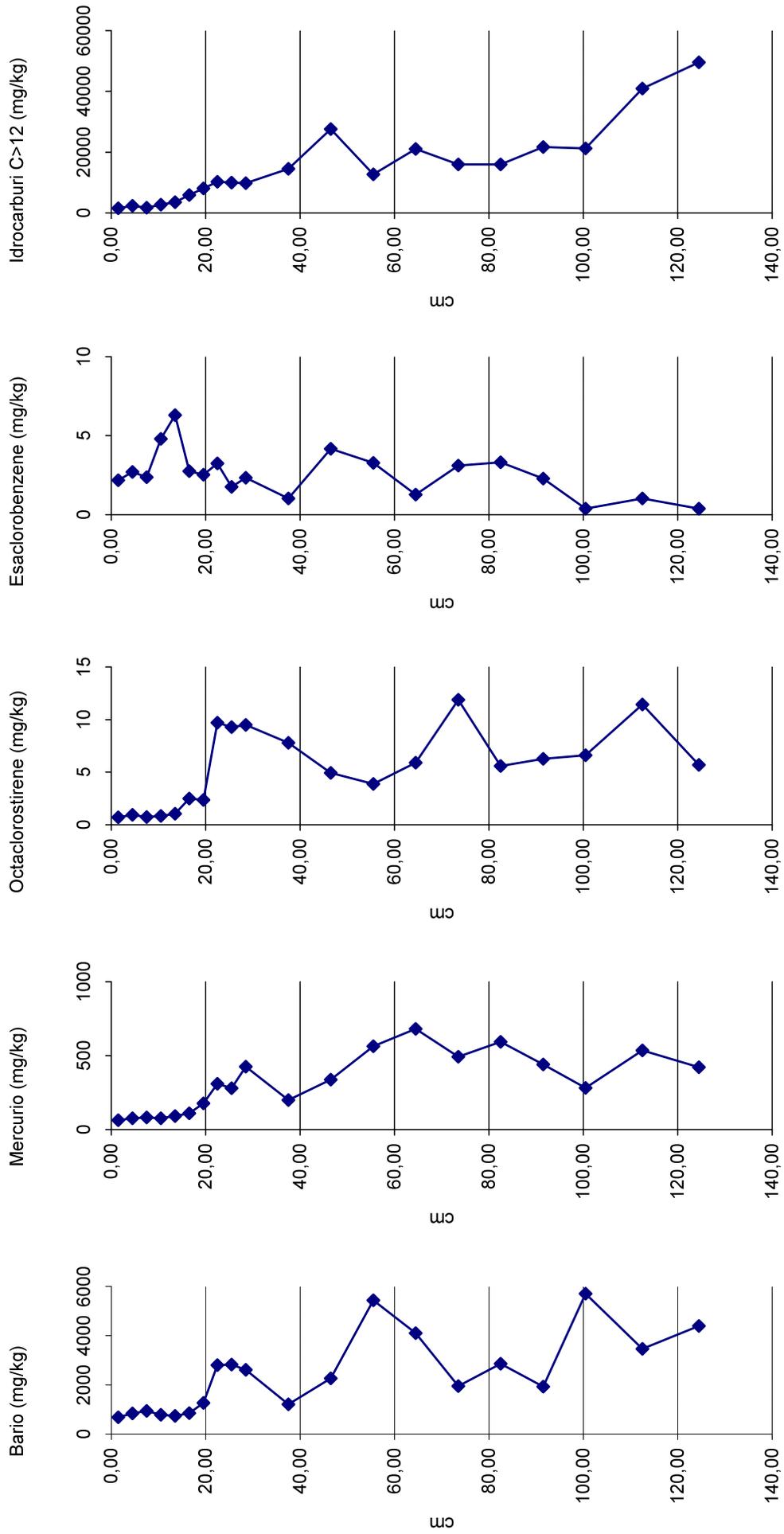


Fig. 22. Profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo la carota AU010 SW.

Dall'insieme dei risultati ottenuti è possibile concludere quanto segue:

- all'interno dei sedimenti della Rada di Augusta è presente una sistematica variabilità nei valori di concentrazione dei microinquinanti organici ed inorganici nei primi 60-150 cm di spessore dei sedimenti che mostrano, per quanto riguarda le carote prelevate nella zona centro-settentrionale dell'area (carote AU01, AU02, AU03, AU04) valori più elevati nella parte superiore del record (a partire da profondità variabili tra gli 80 e i 40 cm di profondità) rispetto ai valori di background naturale registrati nella parte inferiore.
- le carote prelevate nell'area centrale della Rada (carote AU05, AU06, AU07) mostrano sistematici incrementi nei valori di concentrazione dei diversi microinquinanti tra circa 60 e 10 cm di profondità e chiari trend di diminuzione nella parte superficiale del record. A tale andamento si contrappone la carota AU07 che mostra un deciso incremento nei valori di concentrazione di tutti i microinquinanti anche nei 10 cm di sedimento superficiale.
- le carote AU08, AU09 e AU10, prelevate nell'area più inquinata della Rada di Augusta (considerando i dati disponibili dalle altre fasi di caratterizzazione dei sedimenti) dell'area mostrano decisi decrementi nei valori di concentrazione dei vari microinquinanti a partire da circa 60-20 cm di profondità a seconda dei diversi record considerati.

Da tali risultati emerge un quadro complesso del sistema sedimentario della Rada di Augusta che sostanzialmente conferma l'interpretazione riportata nel documento di Ficco et al. (2009). Gi Autori individuano nel gruppo di carote AU06, AU08, AU09 e AU10 la presenza di sedimenti fondamentalmente non disturbati con una chiara registrazione di eventi di contaminazione (definiti "primari" nel documento stesso) e relativi ai fenomeni di immissione di fanghi di depurazione non trattati dell'impianto Cloro-Soda, attivo dal 1958 al 2005 ma responsabile dello scarico di ingenti quantità di contaminanti fino all'anno 1979 momento nel quale è entrato in funzione l'impianto di de-mercurizzazione (Colombo et al., 2005).

In questi record sedimentari è chiaramente presente un effetto di recupero (diminuzione della contaminazione) nei sedimenti più superficiali dovuto alla seguente deposizione di materiale meno inquinato.

Secondo gli Autori, le altre carote risentirebbero degli effetti di dragaggio e movimentazione dei sedimenti con una conseguente registrazione di eventi di contaminazione non rispondente al periodo dell'originale deposizione dei sedimenti stessi. Tale indicazioni sembrerebbe suggerire che l'origine primaria della contaminazione, attribuibile agli effetti del Cloro-Soda, sia il fenomeno di inquinamento primario della Rada che è stato ridistribuito negli anni lungo la colonna sedimentaria, a seguito dei fenomeni di movimentazione dei sedimenti. In questo ultimo gruppo di carote, ovviamente, il tempo di recupero dello stato di contaminazione dei sedimenti per effetto del seppellimento e conseguente diluizione con materiale meno inquinato in alcuni casi, non è chiaramente visibile.

3. Comparabilità di risultati ottenuti per le carote di sedimento prelevate con carotiere a vibrazione e carotiere a gravità

Durante la fase di caratterizzazione della Rada di Augusta, sono state selezionati tre punti di campionamento (relativi alle coppie di carote AU03, AU09 e AU10; Fig. 1) in cui è stato effettuato il prelievo di carote con carotiere a gravità (carote indicate con la sigla AU SW) e con carotiere a vibrazione Rossfelder (carote indicate con la sigla AU VBR).

Una diretta comparazione della distribuzione verticale delle tre coppie di carote per un selezionato numero di microinquinanti investigate è riportata nelle Fig. 23-25.

Da tale confronto emerge che soltanto per le carote prelevate nell'area AU 03 la distribuzione dei microinquinanti lungo la colonna sedimentaria mostra pattern e valori di concentrazione comparabili, sebbene risulti evidente uno shift dei valori relativi alla carota prelevata con vibrocarotiere dell'ordine dei 20-30 cm verso l'alto. Tale shift, come chiaramente riportato in Appendice I sulla base di fotografie e dettagli, potrebbe essere dovuto ai fenomeni di disturbo dei 20 cm superficiali di sedimento prelevato con il carotiere a vibrazione.

Per quanto riguarda le altre due coppie di carote (relative ai punti AU 09 e AU 10) i risultati mostrano evidenti differenze sia in termini di distribuzione verticale dei microinquinanti che di valori assoluti di concentrazione degli stessi. Ancora una volta risulta evidente uno shift sistematico (dell'ordine di 40-60 cm tra i due record acquisiti con metodologia differente) che ribadisce l'impossibilità da parte del carotiere a vibrazione di mantenere inalterata la stratigrafia dei sedimenti, soprattutto nella parte più superficiale del record.

Se da un lato risulta chiara la difficoltà di ricostruire in maniera corretta la sequenza stratigrafica di record sedimentari prelevati con carotiere a vibrazione Rossfelder a causa dagli effetti di perdita della parte più superficiale del materiale, risulta altrettanto evidente l'importanza dell'uso di tale campionatore per il recupero di sedimenti più profondi rispetto a quelli che è possibile prelevare con carotiere a gravità (generalmente non più spessi di 100 cm). Nel caso particolare, i profili AU09 e AU10, acquisiti con carotiere a vibrazione mostrano la presenza di intervalli di contaminazione anche al di sotto dei livelli prelevati con carotiere a gravità e che evidenziano sostanziali effetti di movimentazione dei sedimenti stessi e assenza reale del mantenimento di una stratificazione originale dell'area investigata.

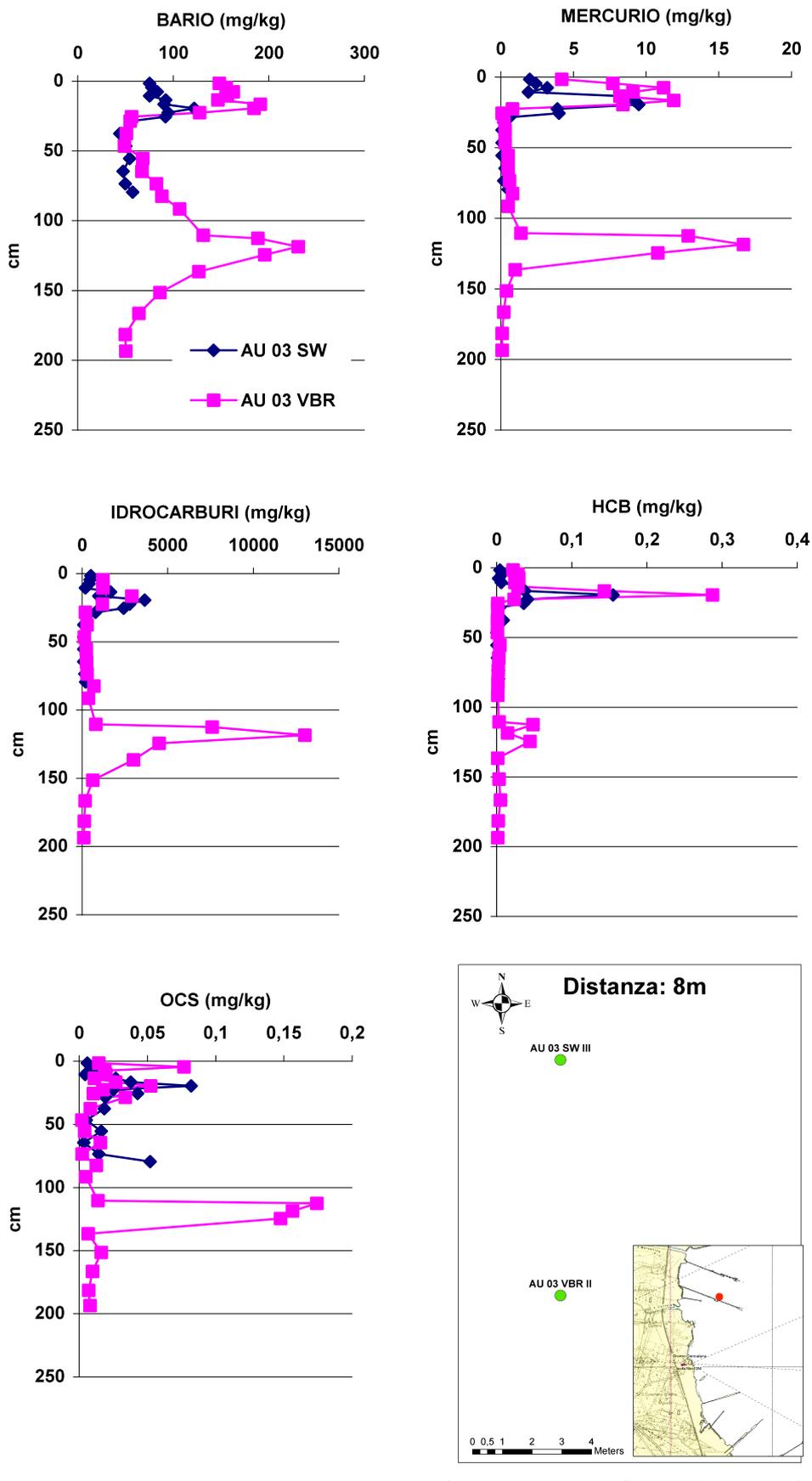


Fig. 23. Comparazione dei profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo le carota AU03 (SW e VBR) prelevate tramite carotiere a gravità e a vibrazione.

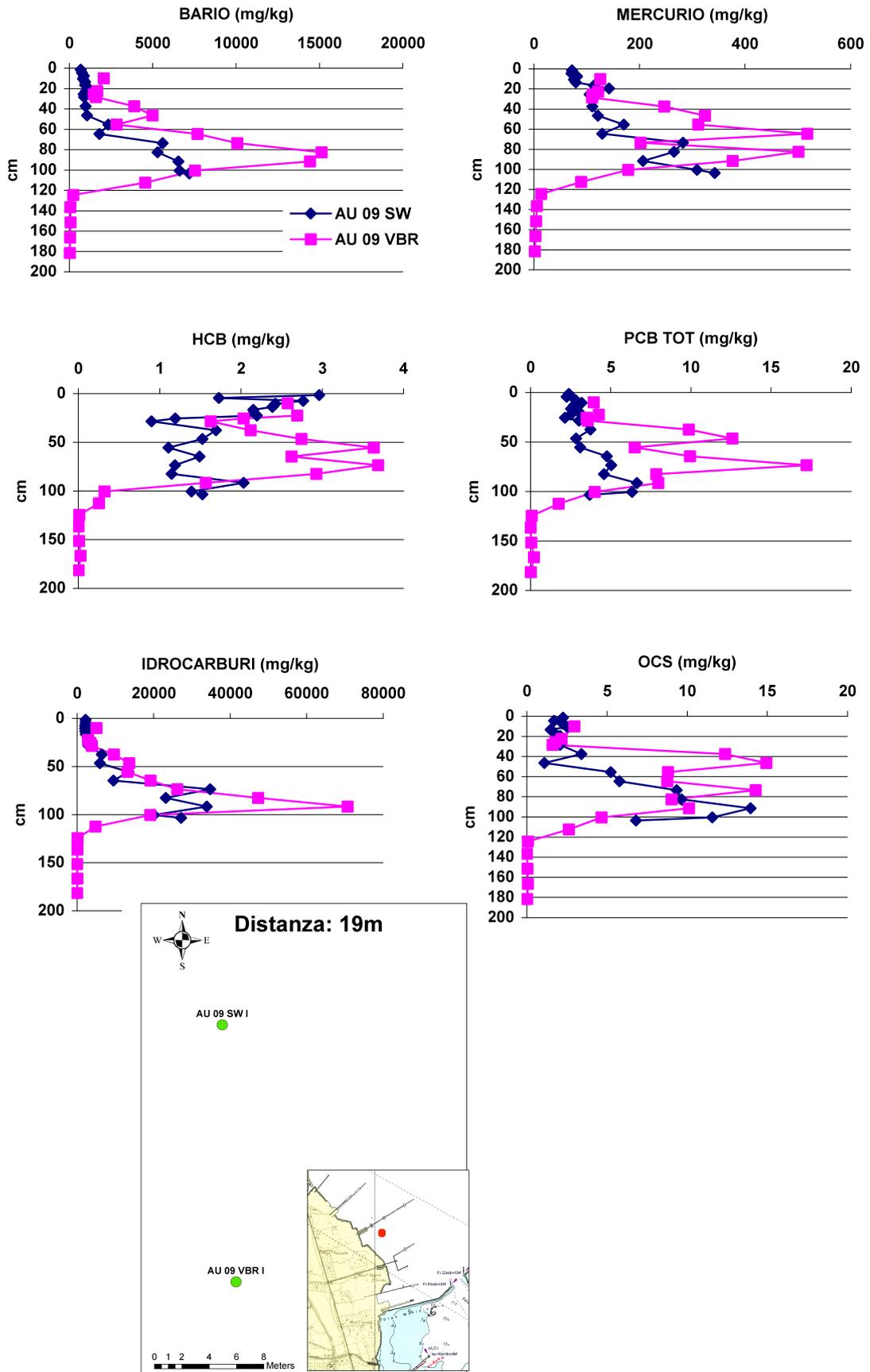


Fig. 24. Comparazione dei profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo le carota AU09 (SW e VBR) prelevate tramite carotiere a gravità e a vibrazione.

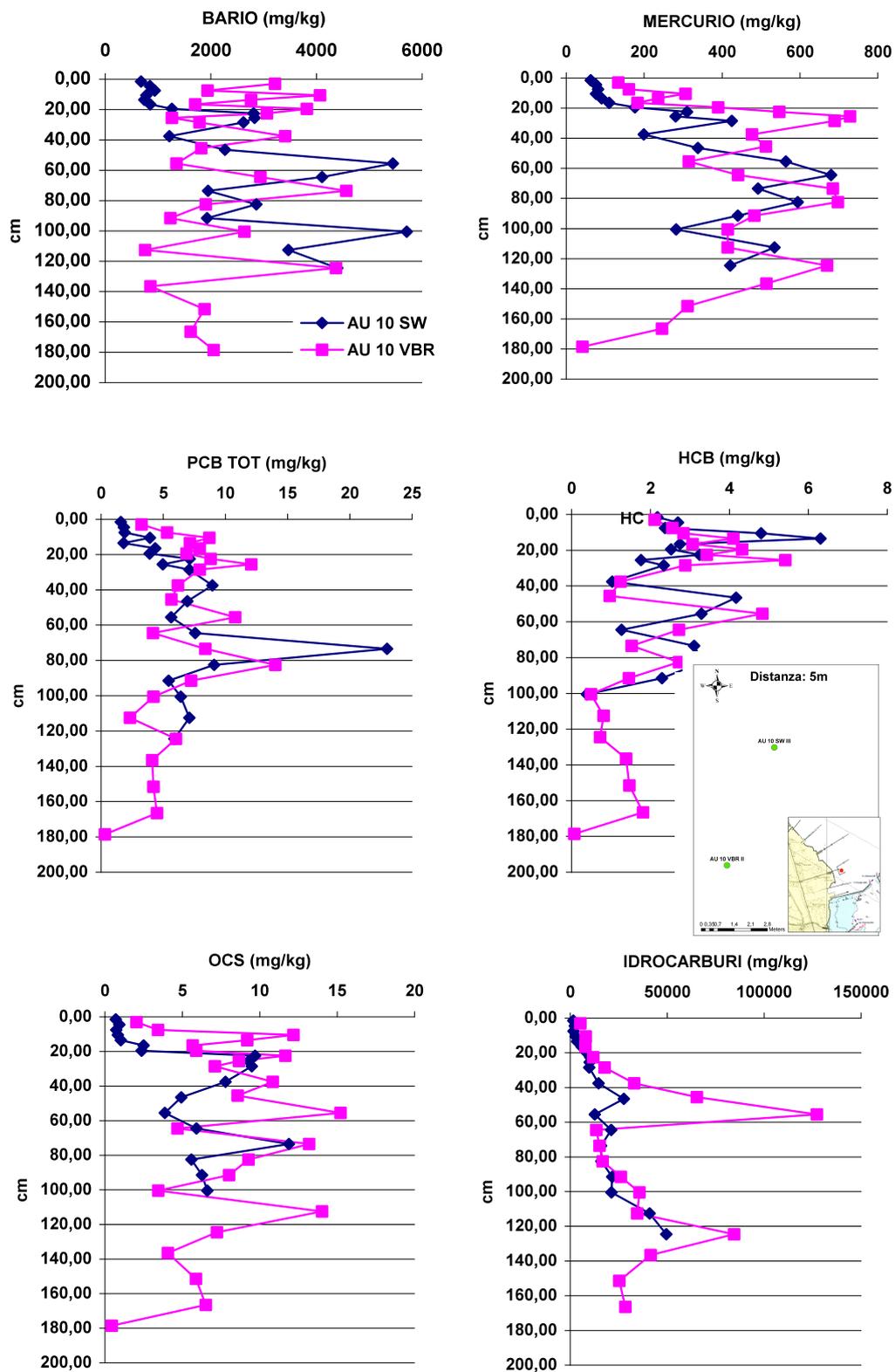


Fig. 25. Comparazione dei profili relativi alla distribuzione di inquinanti lungo le carota AU010 (SW e VBR) prelevate tramite carotiere a gravità e a vibrazione.

4) Definizione di una potenziale cronologia dei sedimenti all'interno della rada di Augusta

L'indagine relativa alla datazione del record sedimentario della Rada di Augusta è stata effettuata sulla base di uno studio di dettaglio di tre carote (AU02 SW, AU03 SW, AU10 SW, Fig. 1). Per tale attività sono stati analizzati i sedimenti prelevati con carotiere SW104. L'analisi dei radionuclidi è stata effettuata presso il **centro di ricerca "GAU - Radioanalytical. National Oceanography Centre, Southampton)**.

I risultati emersi dall'indagine cronologica delle tre carote sono riportati sinteticamente nella relazione dei CTU della Procura della Repubblica del Tribunale di Siracusa (Ausili et al., 2008) e in maggiore dettaglio nella relazione riportata in Allegato 7 della relazione stessa ("Investigation of submarine sediment cores from Augusta Harbour Sicily for ^{137}Cs , ^{210}Pb and other radionuclides" di Croudace and Warwick).

Come riportato dagli stessi ricercatori dell'istituto di Southampton, i risultati non permettono di attribuire affidabili e definitivi valori di età per i campioni analizzati.

"This investigation has shown that conventional dating profiles for ^{137}Cs and ^{210}Pb (or ^{210}Po) are not immediately apparent for these cores because the radionuclide profiles are controlled partly by the proportions of major mineral components (clays, sand and carbonate). The most polluted sediment (Core AU10) also includes significant anthropogenic hydrocarbon and barite components (among other pollutants)."

In particolare, l'analisi del profilo di distribuzione del ^{210}Pb mostra la presenza di forti disturbi dovuti a potenziali effetti di rimaneggiamento del sedimento e ad un controllo significativo della distribuzione di tale isotopo da parte delle componenti mineralogiche primarie che caratterizzano il sedimento (argille, materiale carbonatico, etc.). Tale fenomeno rende vana la ricerca del profilo classico del ^{210}Pb per la datazione dei record analizzati.

D'altra parte, la distribuzione del ^{137}Cs lungo le tre carote prelevate, mostra una maggiore sistematicità.

In particolare, per la carota AU SW02 e AU SW03 due livelli con relativamente elevate concentrazioni di tale isotopo sono stati chiaramente individuati (Fig. 4 e 5) e interpretati come da riferirsi all'immissione in atmosfera di tale radionuclide negli anni 1954 (data della prima comparsa in atmosfera di ^{137}Cs) e 1963 (anno di massima immissione di ^{137}Cs in atmosfera).

"Core AU2: The excess ^{210}Pb activity is in the upper 200 mm of core which

may indicate an accumulation rate of $200 / 112 = 1.7 \text{ mm/yr}$. All ^{137}Cs (inferred from its first appearance) is in the top 330 mm of core $330 / 54 = 6.1 \text{ mm/yr}$. A weak ^{137}Cs maximum following the first appearance is seen at 310 cm so the accumulation rate using this marker is $310/45 = 7 \text{ mm/yr}$.

Core AU3: There is a clear correlation between ^{210}Pb , ^{137}Cs and K_2O (K-40) and CaO (and Sr) showing that mineralogical composition plays a role in controlling the magnitude of the nuclide activities. ^{137}Cs and ^{210}Pb clearly increase with increasing K_2O implying a clay association. Again, given the deficiencies noted some attempt can be made to estimate accumulation rates. Excess ^{210}Pb is confined to the upper 600 mm of core which may indicate an accumulation rate of approximately $600 / 112 = 5 \text{ mm/yr}$. All ^{137}Cs is in the top 530 mm of core $530 / 54 = 9.8 \text{ mm/yr}$. A ^{137}Cs maximum following the first appearance is seen at 46 cm so the accumulation rate using this marker is $460/45 = 10 \text{ mm/yr}$.

E' proprio l'attribuzione di queste età ai picchi di ^{137}Cs identificati nei sedimenti analizzati che ha permesso di attribuire ai record analizzati valori approssimativi di velocità di sedimentazione e di marcare puntuali valori temporali all'interno dei profili sedimentari investigati.

"Approximate sediment accumulation rates are inferred using the depth distributions of the two radionuclides although in the final assessment the ^{137}Cs data are considered more informative than the ^{210}Pb data. The first appearance and probable 1963 maxima for ^{137}Cs are particularly useful. The probable accumulation rates are $6\text{-}7 \text{ mm/y}$ for AU2, $\sim 10 \text{ mm/yr}$ for AU3 and $\sim 19 \text{ mm/yr}$ for AU10."

Per quanto riguarda invece la carota AU SW10, le misure relative alla distribuzione dei radionuclidi mostrano maggiore complessità. Non solo il profilo del ^{210}Pb appare fortemente disturbato da effetti di rimescolamento/risospensione del sedimento, ma anche il profilo del ^{137}Cs non evidenzia picchi di distribuzione semplicemente attribuibili ad uno o a l'altro evento di immissione di tale radionuclide in atmosfera. Quello che risulta chiaro è che i sedimenti della carota analizzata sono posteriori al 1954 data la presenza fin dalla base del record stesso elevate concentrazioni di ^{137}Cs . Questo comporterebbe elevati valori di velocità di sedimentazione in quest'area valutati approssimativamente in 18 mm/y . Come chiaramente riportato nella relazione dei ricercatori inglesi (Allegato 7 di Ausili et al., 2008) sarebbe

necessario una indagine di tale record a valori di profondità superiore per l'individuazione più accurata di un picco di ^{137}Cs da attribuire all'evento del 1954.

"With the information available it is judged that the highest anthropogenic Ba concentration seen in core AU10 at - 94 cm has an age in the range 1959-1961. The high abundance of Ba persists to deeper levels but cannot be dated because no deeper samples were made available. It would be worthwhile to obtain deeper samples and to validate the inferences made in this study by determining ^{137}Cs and Ba."

Come diretto confronto a tale indagine, sono stati analizzati i risultati ottenuti da uno studio effettuato dall'istituto ISMAR-CNR nell'anno 2005 (Colombo et al., 2005) per conto di Syndial S.p.A., proprio riguardo all'analisi della cronologia dell'inquinamento della Rada di Augusta. Anche in quella occasione furono analizzati i valori di concentrazione di ^{210}Pb e ^{137}Cs , Hg e HCB lungo i record sedimentari prelevati con carotiere a gravità SW104. I profili di distribuzione dei diversi microinquinanti mostrano una chiara strutturazione verticale con massimi di abbondanza di Hg e HCB nell'intervallo di tempo compreso tra il 1960 e il 1975 con evidenze di una sostanziale diminuzione (seppur mantenendo valori ben lontani dal background naturale) nei valori di concentrazione degli inquinanti nei periodi successivi. Gli Autori attribuirono nel loro lavoro i valori relativamente alti di concentrazione di microinquinanti nei sedimenti più recenti, rispetto all'intervallo di massimo registrato tra il 1960 e il 1975, ad eventi secondari di movimentazione del sedimento per effetto delle intense attività di dragaggio che hanno interessato l'intera Rada di Augusta in periodi differenti.

A questo proposito, in Fig. 26 si riporta uno schema sommario delle aree più fortemente interessate da tali attività di movimentazione dei sedimenti generalmente eseguite per la costruzione di nuove infrastrutture (un esempio è rappresentato dal Pontile Superpetroliere nella zona meridionale della Rada) o per semplice necessità del mantenimento del pescaggio minimo per il traffico marittimo che interessa l'area in studio.

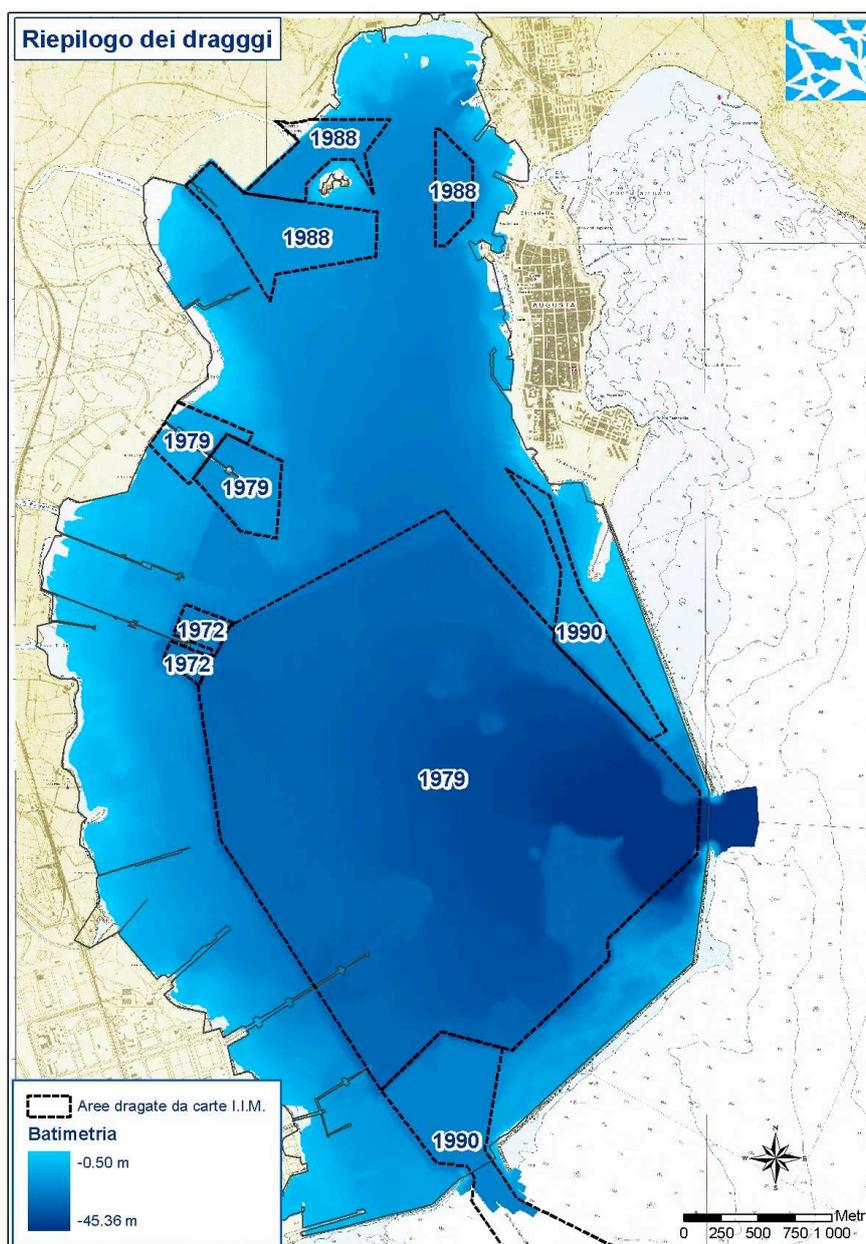


Fig. 26. Aree di dragaggio all'interno della Rada di Augusta e relativo periodo di effettuazione (da ICRAM, 2008b).

La comparazione dei risultati relativi allo studio cronologico dei record sedimentari prelevati in questa ultima fase di caratterizzazione della Rada di Augusta rispetto al dataset presentato nella relazione di Colombo et al. (2005) suggerisce che la maggiore "strutturazione" dei record sedimentari presentati dai sopra citati Autori sia da imputare alla posizione più esterna delle carote prelevate rispetto alla posizione più marginale degli ultimi record acquisiti. La maggiore vicinanza alla costa delle carote studiate nella più recente attività di caratterizzazione, evidenzia più intensi effetti di movimentazione e rimaneggiamento dei sedimenti che pertanto

non permettono l'attribuzione di una cronologia affidabile dei sedimenti stessi, in maniera chiara.

Nell'insieme, è comunque possibile concludere che la fase "primaria" di inquinamento dei sedimenti della Rada di Augusta è attribuibile all'intervallo di tempo successivo all'anno 1963 e, come ben evidenziato dal calcolo delle velocità di sedimentazione per le carote AU03 SW e AU10 SW, sostanzialmente riferibile al periodo compreso tra la fine degli anni Cinquanta e la fine degli anni Settanta. Durante tale periodo risulta provato lo sversamento incontrollato di fanghi di depurazione dall'impianto cloro-soda attraverso il Vallone della Neve. A partire dalla fine degli anni Settanta-inizi anni Ottanta, la presenza dell'impianto di de-mercurizzazione e purificazione dei fanghi del cloro-soda ha drasticamente ridotto gli effetti di afflusso di inquinanti all'interno della Rada. Nel caso della carota AU02 SW la distribuzione dell'inquinamento raggiunge la superficie della carota testimoniando gli eventi di movimentazione del sedimento che hanno ridistribuito il materiale lungo tutta la colonna sedimentaria. Un'evidente differenza nelle velocità di sedimentazione, più elevate nella parte meridionale della Rada e più lente verso la parte più settentrionale, testimonierebbero proprio l'elevato afflusso dei fanghi dei reflui dell'impianto Cloro-Soda in corrispondenza dello sbocco del Vallone della Neve, nella parte più meridionale della Rada.

Dalla fine degli anni Settanta risulta evidente in molti casi (principalmente nelle carote AU03 SW e AU10 SW) un fenomeno di netta diminuzione dei valori di concentrazione di contaminanti a seguito del seppellimento con materiale più recente e meno/non inquinato.

Quesito II: procedano i CTU all'esame della biodisponibilità reale ed attuale dei residui dei contaminanti presenti nei sedimenti della Rada di Augusta attraverso il passaggio dei contaminanti medesimi in rappresentanti stanziali della fauna marina

Le analisi sul biota effettuate dall'ICRAM (ora ISPRA) (Bol-Pr-SI-PR-Rada di Augusta; ICRAM Agosto 2005) evidenziavano, concentrazioni di Hg vicino o superiori ai limiti massimi previsti dalla normativa italiana per le parti commestibili dei pesci. Più in particolare, le concentrazioni di Hg nei muscoli dei saraghi pescati in rada erano superiori a più di un ordine di grandezza rispetto al valore di un bianco (0,1 contro 1,2 mgHg/Kg p.u.). Di contro, nelle triglie di fango pescate in rada, i valori di concentrazione di Hg nei muscoli erano solo del 20% superiori al bianco ma le concentrazioni nel fegato erano di 4,5 volte superiori. Nei mitili nativi le concentrazioni di Hg si attestavano vicino ma al di sotto dei valori limiti previsti dalla legge italiana per le parti commestibili dei molluschi e dei pesci. Nei mitili trapiantati, si registrava un rapido accumulo nelle sei settimane di esposizione (da 0,024 a 0,341 mg Hg/Kg p.u.).

Le indagini condotte per conto della Procura di Siracusa nell'estate del 2008 hanno evidenziato che nei muscoli di pesci le concentrazioni degli inquinanti analizzati (mercurio, PCB, PCB 209, OCS, ECS, HCB) sono elevate e superiori a quelli misurati nelle specie di controllo. Ciò è evidente dal confronto delle concentrazioni di tutti gli inquinanti in *Mullus barbatus* (triglia), l'unica specie con la quale è possibile un confronto con un bianco. Le concentrazioni degli inquinanti nei mitili nativi campionati nelle differenti aree della Rada, evidenziano le notevoli differenze di contaminazione nell'area di indagine. Le analisi di bioaccumulo in mitili trapiantati, se paragonati con le indagini precedenti (Bol-Pr-SI-PR-Rada di Augusta; ICRAM Agosto 2005), evidenziano una minore biodisponibilità in colonna d'acqua. Tale differenza, secondo Ausili et al. 2008, "suggerisce una più bassa biodisponibilità di queste sostanze nella colonna d'acqua e, dunque, la presenza nel 2003 di scarichi ancora attivi o attivi fino a poco tempo prima"

La tipologia di inquinanti nel biota in uno con le deduzioni dei CTU escludono, in modo inequivocabile, qualunque tipo di responsabilità da parte di della Società ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A ai processi di contaminazione della Rada di Augusta e all'eventuale trasferimento degli inquinanti nella catena trofica.

Quesito III: procedano i CTU all'accertamento, attraverso l'impiego di marcatori, dei soggetti responsabili dell'attuale inquinamento dei fondali della Rada di Augusta verificando, altresì, se l'inquinamento medesimo possa essere stato causato da inquinanti presenti nella falda superficiale

Un'indagine accurata dei profili di distribuzione dei diversi microinquinanti analizzati durante l'ultima fase di caratterizzazione ha permesso di definire, con un buon grado di affidabilità, la potenziale origine degli stessi all'interno dei sedimenti della Rada di Augusta.

1) Origine del mercurio nei sedimenti della Rada di Augusta

La prima considerazione che con chiarezza emerge dal dataset acquisito riguarda gli elevati valori di correlazione calcolati tra Ba e Hg (sempre superiori a 0.5-0.6 per tutti i campioni e record sedimentari analizzati, Fig. 27). Tale risultato sta alla base della potenziale definizione dell'origine del mercurio all'interno dei sedimenti studiati. In effetti, nel processo di lavorazione all'interno di un impianto cloro-soda viene utilizzata come materia prima la salamoia. La purezza di salamoia, in termini di sali diversi dal cloruro di sodio, prevede uno step di preparazione essenziale per il resto del processo. Generalmente, uno dei meccanismi più utilizzati per la purificazione della salamoia è quello legato alla precipitazione di solfati a seguito dell'aggiunta di cloruro di bario alle soluzioni originali. Nei fanghi di reflui non trattati di un impianto cloro-soda saranno, pertanto, presenti elevate concentrazioni di Ba e Hg. La forte correlazione, all'interno dei sedimenti analizzati tra Hg e Ba testimonia, chiaramente, l'origine comune di entrambi gli elementi e marca, definitivamente, l'origine del mercurio presente nel sistema sedimentario: gli scarichi non controllati di mercurio a mare da parte dell'impianto cloro-soda nel periodo antecedente alla realizzazione dell'impianto di de-mercurizzazione nel 1979 e posteriore alla costruzione dell'impianto stesso (1958).

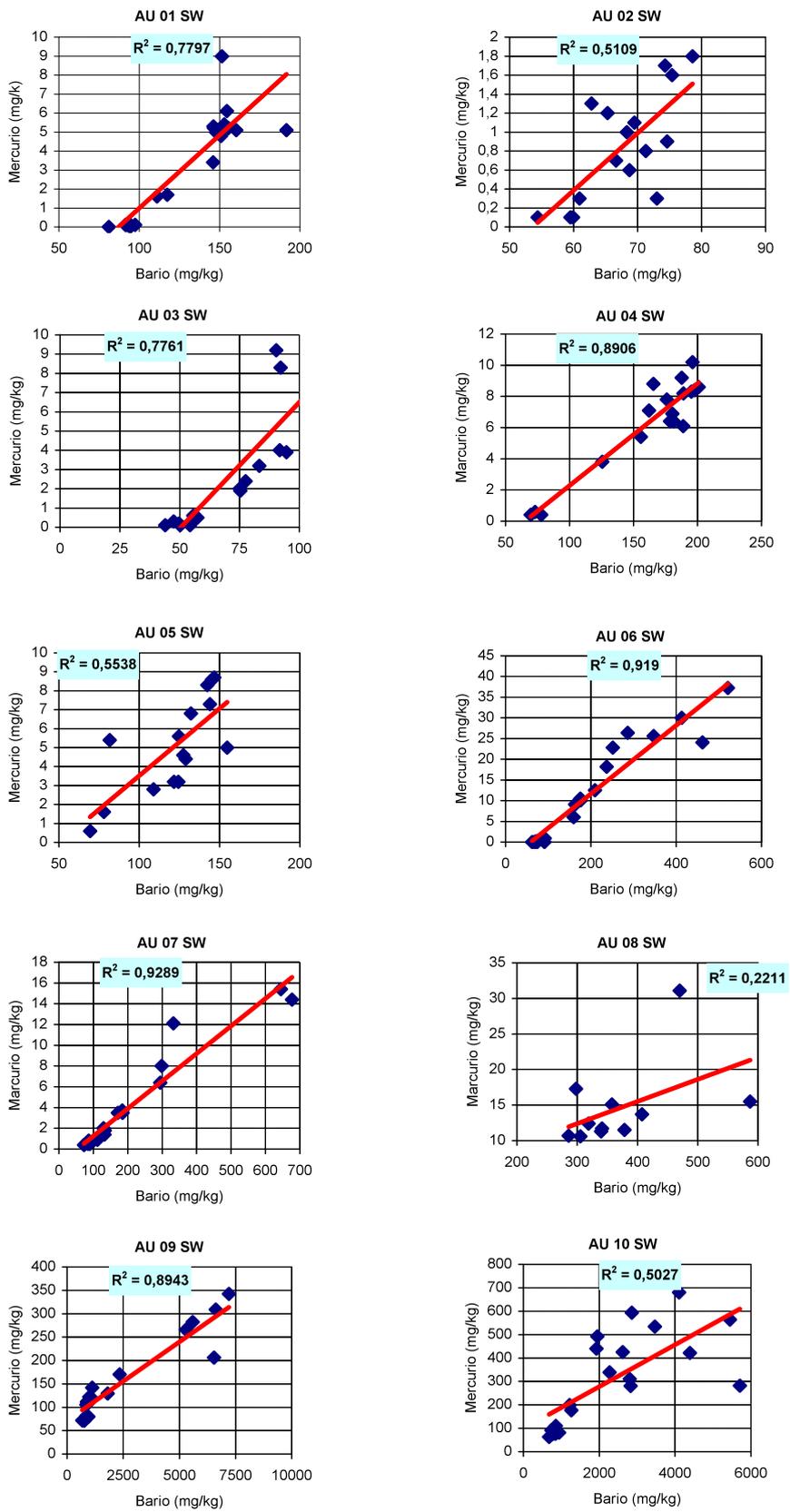


Fig. 27. Correlazioni tra Ba e Hg per le diverse carote sedimentarie analizzate.

2. Origine dell'Esaclorobenzene nei sedimenti della Rada di Augusta

Un'indagine accurata sulla potenziale origine del HCB nei sedimenti della Rada di Augusta risulta anch'essa di interesse per determinare le cause che hanno influito sulla sua distribuzione nei sedimenti della Rada. Nella relazione "Origine della contaminazione della Rada di Augusta" effettuata dall'istituto ISMAR-CNR di Bologna (Colombo et al., 2005) si è chiaramente definita come potenziale origine di tale composto l'impianto DL2 di Percloroetilene realizzato nel 1959 nell'area B3 della società SINCAT S.p.A (gruppo EDISON settore chimico). L'attività di tale impianto è cessata, definitivamente, nel settembre 1979. Nello specifico, l'impianto produceva Percloroetilene utilizzando Dicloroetano e Cloro come materie prime. Tra i sottoprodotti nel processo di produzione venivano annoverati acido cloridrico e peci clorurate con concentrazioni di Esaclorobenzene variabili tra 1 e 10% in peso. Potenziali effetti di dilavamento delle peci (solide) avrebbero potuto determinare massicci arrivi di Esaclorobenzene a mare sempre attraverso immissione dal Vallone della Neve.

Nella loro relazione, Ficco et al. (2009) suggeriscono un'ulteriore sorgente di Esaclorobenzene per i sedimenti della Rada di Augusta: l'anodo di grafite dell'impianto cloro-soda (in funzione ancora fino alla fine del 1979 e quindi sostituito con anodi in acciaio). In particolare, gli Autori descrivono, chiaramente, il potenziale effetto di formazione e sintesi di prodotti indesiderati durante il processo di ossidazione all'anodo tra cui si annoverano PCB 209, OCS ed HCB.

La similarità nella distribuzione lungo i record sedimentari di tali composti organici lascia intravedere una potenziale comune origine per i sedimenti analizzati. Gli Autori sottolineano che anche nell'impianto di produzione di Percloroetilene viene prodotto OCS, ma in concentrazioni di gran lunga inferiori al HCB. Pertanto, utilizzando il rapporto OCS/HCB è possibile attribuire a sorgenti diverse la loro presenza. Con $HCB/OCS \gg 1$ ci si troverebbe i presenza di forti contributi dall'impianto di produzione di Percloroetilene, con rapporti vicini a 1 si tratterebbe di materiale derivante dall'anodo di grafite del Cloro-Soda

Come riportato nella relazione degli Autori, le carote AU06 e AU07, AU09 e AU10 sono un buon esempio di rapporti HCB/OCS indicativi di un'origine chiara dall'anodo di grafite del cloro-soda. In realtà anche le altre carote (eccetto la AU01 che presentano valori di concentrazione dei microinquinanti molto basse) mostrano il medesimo comportamento e attribuendo, in maniera chiara, l'origine del HCB proprio agli effetti dell'anodo di grafite del cloro-soda. Ciò permette di spiegare anche la eccellente sincronicità tra distribuzione di Hg, OCS e HCB nei record sedimentari acquisiti durante l'ultima fase di caratterizzazione e, in genere, in tutti i dataset disponibili per la Rada di Augusta.

3. Origine degli Idrocarburi C>12 nei sedimenti della Rada di Augusta

Ficco et al. (2009) nella loro relazione chiariscono in maniera esauriente un punto chiave in relazione all'inquinamento dei sedimenti della Rada di Augusta da Idrocarburi C>12. Uno studio accurato dei cromatogrammi, su cui sono state basate le quantificazioni finali del gruppo di composti considerati, ha permesso di definire la reale origine di tali contaminanti. La predominanza tra i campioni analizzati di cromatogrammi caratterizzati da una preponderanza della cosiddetta *unresolved complex mixture* (miscela di idrocarburi essenzialmente composta da alcani ramificati e ciclici generalmente considerati meno degradabili rispetto agli idrocarburi lineari), suggerisce che i processi di cracking termico per la produzione di etilene, propilene e benzina risalgono al periodo antecedente al 1976 con il modello EDISON presente all'interno del Polo Petrochimico di Priolo associate all'impianto del Cloro-Soda.

Sulla base di tale indicazione, gli Autori stessi indicano che "le attività di raffineria, inclusi i relativi sistemi di cracking, non hanno contribuito in maniera sostanziale alla contaminazione della Rada".

L'analisi di un cromatogramma acquisito di recente (22 gennaio 2009) relativo al soprannatante della falda limitrofa agli impianti delle Raffinerie ERG Mediterranee S.p.A. (Fig. 28) evidenzia, in modo chiara la presenza e la prevalenza di composti a catena lineare rispetto alla *unresolved complex mixture* che caratterizza i sedimenti prelevati durante l'ultima fase di caratterizzazione della Rada. Questo aspetto costituisce un ulteriore elemento per escludere un impatto primario delle attività di raffinazione da parte della Società ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A sull'inquinamento da Idrocarburi pesanti nella Rada di Augusta.

L'attribuzione di una sorgente di inquinamento da Idrocarburi C>12, in associazione all'impianto del Cloro-Soda è in perfetto accordo con la generale concordanza nei pattern di distribuzione verticale con Hg e HCB, chiaramente evidenziati anche durante l'ultima fase di caratterizzazione dei sedimenti della Rada di Augusta.

Inoltre, è da sottolineare che nella parte più superficiale della carota AU10 i sedimenti sono caratterizzati da elevate concentrazioni di Idrocarburi C>12 ma tipici di *unresolved complex mixture* che, pertanto, ancora una volta escludono una significativa influenza delle attività delle raffinerie sull'inquinamento da parte di questi composti nella Rada di Augusta.

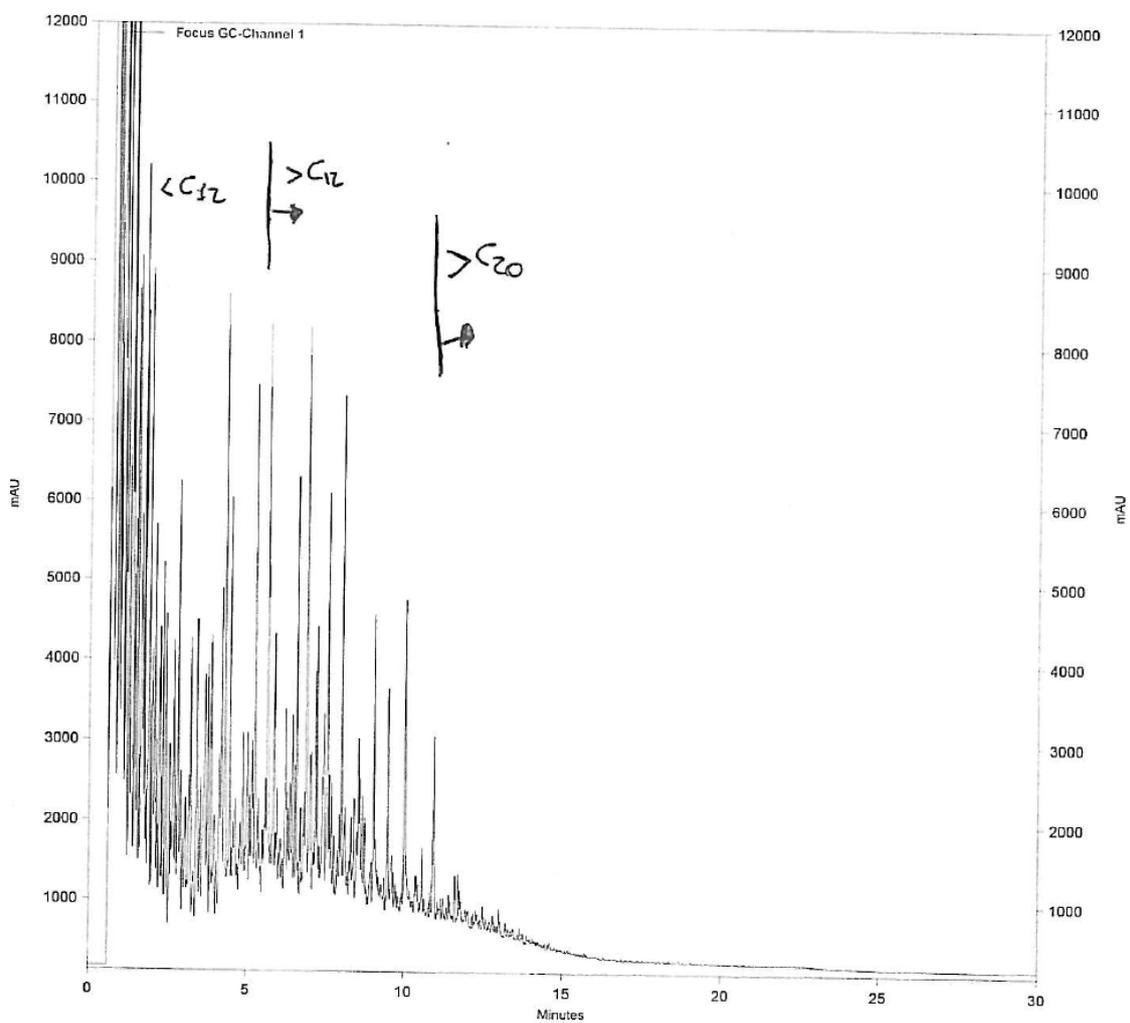


Fig. 28. Cromatogramma relativo all'analisi di un recente campione del sopra-natante presente nella falda limitrofa all'impianto di raffinazione della società Erg Raffinerie Mediterranee S.p.A. (22 gennaio 2009). Sono evidenti i picchi relativi alle diverse catene lineari di idrocarburi.

4. Analisi spaziale del dataset a disposizione

Un'analisi spaziale accurata dei valori di concentrazione di Hg, HCB e Idrocarburi C>12 relativa alla fase di caratterizzazione ambientale effettuata da ICRAM (ora ISPRA) nel 2005-2006 permette di evidenziare, con chiarezza, la sorgente "puntiforme" del Vallone della Neve per gli stessi inquinanti già a partire dalla profondità di 100-120 cm (Fig. 29). Nelle interpolazioni effettuate per i livelli più superficiali, sono evidenti gli effetti di movimentazione dei sedimenti e loro redistribuzione all'interno della Rada in perfetto accordo con i dati disponibili per le opere di dragaggio effettuate all'interno della Baia **a partire dal 1979.**

L'interpolazione presentata in Fig. 29 per i valori di concentrazione dei diversi microinquinanti è basata sulla tecnica dell'IDW (*Inverse Distance Weighted*). Tale approccio è basato su un metodo di interpolazione deterministico, in particolare sull'assunzione che il valore non noto di una data cella sia maggiormente influenzato dai punti noti più vicini, e che tra questi quelli aventi distanza minore dalla cella considerata abbiano un maggior peso nel determinarne il valore interpolato finale.

La differenza principale con il sistema di kriging utilizzato da ICRAM (ora ISPRA) per l'interpolazione dei dati relativi ai diversi microinquinanti misurati durante la fase di caratterizzazione ambientale del 2005-2006 sta nel fatto che mentre nell'IDW la legge che regola la variabilità spaziale del dataset è fissata a priori, nel kriging tale legge viene dedotta utilizzando il dataset stesso. Quanto più la legge calcolata dall'analisi del variogramma si avvicina a quella utilizzata nel kriging, tanto più i due metodi daranno risultati confrontabili.

Nel caso in oggetto, tale metodo è stato preferito all'utilizzo della metodologia del kriging a causa dell'estrema variabilità, su piccola e grande scala, del dataset che si risolve in una scarsa stabilità dei variogrammi sperimentali rendendo, quindi, l'IDW un metodo sufficientemente accurato nella stima dei soli andamenti (dettagli sulla variabilità a piccola scala del dataset geochimico relativo ai sedimenti della Rada di Augusta verranno forniti nell'ambito delle considerazioni per il Quesito IV). E' anche evidente l'uso di classi molto ampie di variabilità dei valori di concentrazione dei diversi microinquinanti che permette di superare eventuali problemi legati alla elevata variabilità spaziale dei contaminanti descritta in dettaglio nel prossimo capitolo.

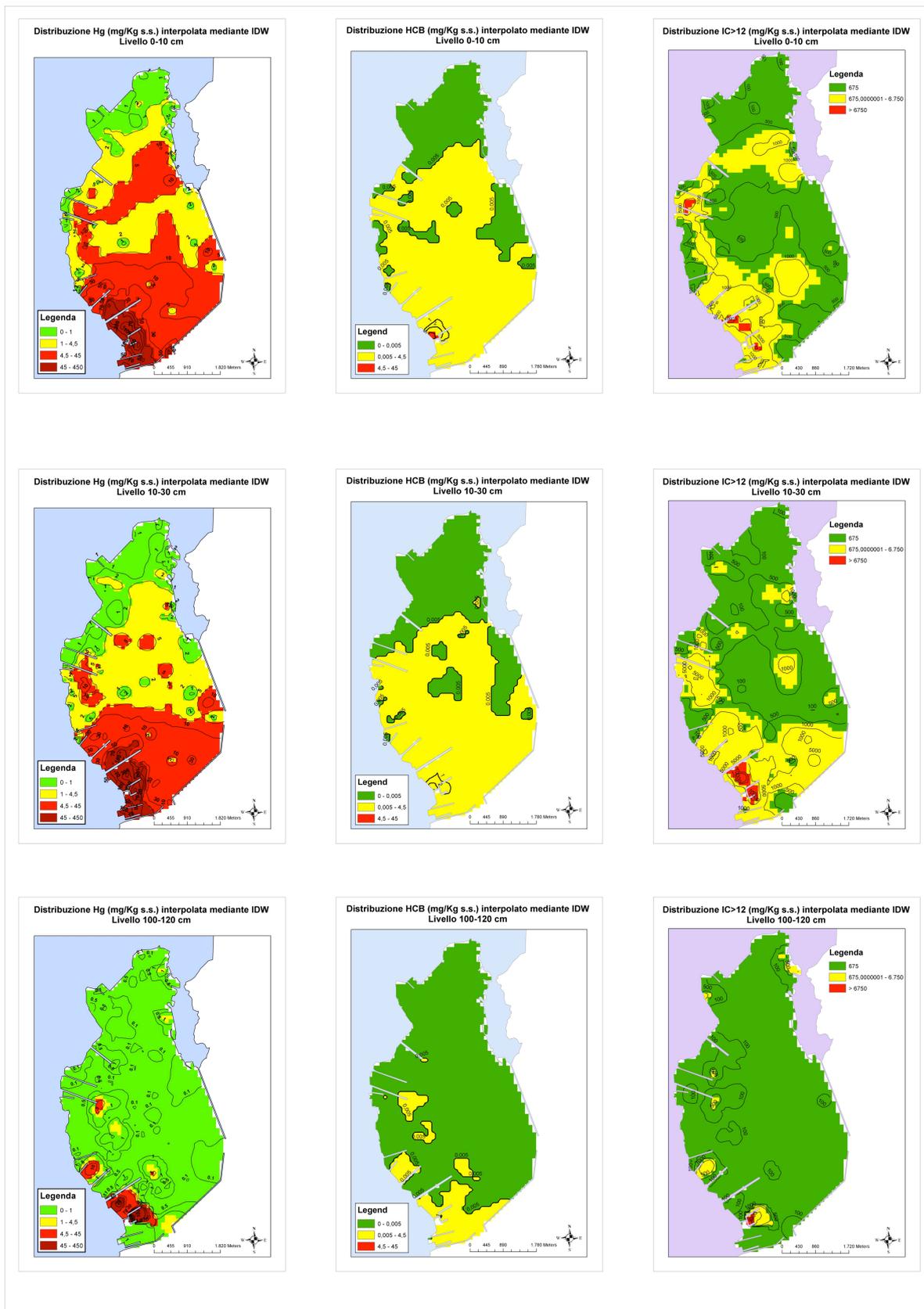


Fig. 29. Distribuzione di Mercurio, Esaclorobenzene e Idrocarburi C>12 nei sedimenti della Rada di Augusta alle profondità di 0-10, 10-30 e 100-120 cm. I dati sono relativi alla caratterizzazione ambientale effettuata da ICRAM (ora ISPRA) nel periodo 2005-2006.

Sintesi dei risultati

Lo studio delle potenziali fonti di inquinamento dei sedimenti della Rada di Augusta ha chiaramente dimostrato che i principali contaminanti presenti nel sistema investigato (Mercurio, Esaclorobenzene, Octaclorostirene, Idrocarburi C>12) hanno come principale sorgente l'attività industriale del Petrolchimico relativa agli anni 1950-1970 durante i quali la normativa ambientale non definiva procedure di controllo sullo stato di contaminazione degli scarichi a mare di reflui industriali. E' altresì chiaro che la stragrande maggioranza del Hg presente nei sedimenti della Rada di Augusta derivi dagli effetti di scarica dei fanghi dell'impianto del cloro-soda sversati senza controllo all'interno dell'area, soprattutto in corrispondenza del Vallone della Neve. Tale attività è antecedente alla messa in funzione dell'impianto di de-mercurizzazione dei fanghi stessi a partire dagli inizi degli anni Ottanta.

In particolare, come ripreso nella relazione di Ficco et al. (2009) ma ben chiaro già nel documento di Colombo et al. (2005), tra il 1958 e il 1979 furono scaricati a mare, senza nessun previo trattamento, circa 500 t di mercurio.

Queste evidenze consentono di escludere qualsiasi coinvolgimento e responsabilità da parte della Società ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A presente nell'area di studio solo dall'ottobre del 2002. La presenza recente nell'area della Rada di Augusta e i processi industriali che ne caratterizzano l'attività, escludono un diretto e significativo impatto di contaminazione da parte degli impianti di proprietà di detta Società sui sedimenti della Rada di Augusta.

Infine, l'applicazione di un semplice box model ha permesso esaurientemente ai CTU (Ficco et al., 2009) di escludere definitivamente qualsiasi significativo contributo da parte della falda superficiale che insiste sulla Rada di Augusta all'inquinamento dei sedimenti.

In effetti, anche in condizioni di concentrazioni e flussi estremi, il contributo degli inquinanti dalla falda sarebbe irrilevante e non certamente paragonabile ai valori di abbondanza rinvenuti nei sedimenti. D'altro canto, gli inquinanti presenti nei sedimenti sono chiaramente da attribuirsi ad effetti di trasporto in fase solida (nello specifico attraverso la scarica di fanghi di depurazione) dall'impianto Cloro-Soda e dal relativo punto sorgente di scarico rappresentato dal Vallone della Neve, piuttosto che in fase disciolta o colloidale come sarebbe da attribuire ad effetti di sversamento dalla falda.

Quesito IV: procedano i CTU all'accertamento della praticabilità e degli indirizzi strategici della bonifica della Rada di Augusta alla luce dei risultati degli accertamenti relativi alla consulenza espletata dai CTU prof. E. Bacci, dott. M. Gabellino e Dott.ssa A. Ausili

Nella loro relazione, Ficco et al. (2009) suggeriscono di limitare un intervento invasivo di dragaggio all'interno della Rada tramite *dry dredging* accoppiato a sistemi di disco aspirante (*environmental disc cutter*) solo per i sedimenti presenti in un'area molto limitata (circa 0.7 km² per un totale di circa 1.000.000 di m³ di sedimento) della Baia e di adottare quindi, per il resto dei materiali inquinati sedimenti, l'approccio del *Monitored Natural Recovery* (MNR). Gli Autori basano le loro considerazioni sul fatto che, dai record sedimentari prelevati, in molti casi sono evidenti fenomeni di recupero (diminuzione nei valori di concentrazione di principali inquinanti per effetto di diluizione da parte di materiale non inquinato attualmente in deposizione all'interno della Rada) nei sedimenti più superficiali. D'altra parte, gli Autori considerano il materiale da sottoporre a dragaggio come alloctono al sistema, sostanzialmente composto da fanghi industriali e non da vero e proprio sedimento.

L'approccio proposto limiterebbe, in maniera sostanziale, gli effetti di inquinamento secondario che emergerebbero da un massiccio intervento di spostamento e seguente trattamento dei sedimenti della rada così come proposto da ICRAM (2006; 2008a; 2008b).

D'altro canto, numerosi documenti relativi a studi di fattibilità di un approccio a grande scala di dragaggio dei sedimenti della Rada di Augusta (Environ International Consulting Team, 2008 e bibliografia ivi riportata), hanno chiaramente dimostrato l'inconsistenza concettuale del programma proposto e l'evidente assenza di una sistematica e completa proposta in grado di valutare, realisticamente, il potenziale impatto che tale opera (di cui tra l'altro non sono note esperienze pregresse a scala globale) potrebbe avere sulla fase di recupero successiva dell'ecosistema marino e del sistema ambientale nel suo insieme (atmosfera, idrosfera, biosfera) nelle aree limitrofe alla rada di Augusta.

Ovviamente non rientra negli scopi di questo documento definire nei dettagli tecnici lo sviluppo delle attività di bonifica della Rada, mantenendo al livello di linee guida strategiche la valutazione delle opere proposte.

In questo documento si condivide la posizione dei CTU riportata in Ficco et al. (2009) in relazione alle strategie di bonifica della Rada di Augusta, ma si suggerisce di estendere l'approccio del *Monitored Natural Recovery* all'intera area escludendo anche l'interventi puntuale di dragaggio nell'area più inquinata. Si ritiene infatti che la movimentazione degli stimati un milione di metri cubi di sedimento possa rappresentare di per sé un elevato pericolo per l'ecosistema e l'ambiente nel suo complesso limitrofo alla Baia (Apitz et al., 2005; Barcelo and Petrovic, 2007; Cnaario et al., 2003; 2005; Biester et al. 2002a, 2002b; Boszke et al., 2003; Forstner and Apitz, 2007; Hinton and Vega, 2001; Reddy, 2008). In particolare, gli evidenti effetti di biodisponibilità di metil-mercurio, OCS, EPS, HCB chiaramente evidenziati dai

dati di Ausili et al. (2008) suggeriscono che movimentazione e distribuzione di tali contaminanti nella colonna d'acqua (sebbene limitati dall'utilizzo di tecniche di dragaggio adeguate) potrebbero risultare devastanti per l'ecosistema della Baia nonché direttamente pericolosi (nei termini di potenziali trasferimenti in atmosfera e/o in aree marine esterne alla Rada stessa per la salute umana (Beldowsky and Pempkowiak, 2005; Benoit et al., 2001, 2003; Covelli et al., 2008; Davi set al., 1997; Faganelli et al., 2003; Neculita et al., 2005; Zhong et al., 2008).

Un monitoraggio regolare nel tempo e adeguato nella scelta dei parametri e delle metodologie di indagine, accoppiato a sistemi di incremento di input di materiali non contaminati da terra, con relativo aumento della velocità di sedimentazione dell'intera Rada di Augusta si ritiene possa rappresentare il più adeguato sistema di recupero ambientale del sistema considerato in un intervallo di tempo compreso tra i 5 e i 10 anni.

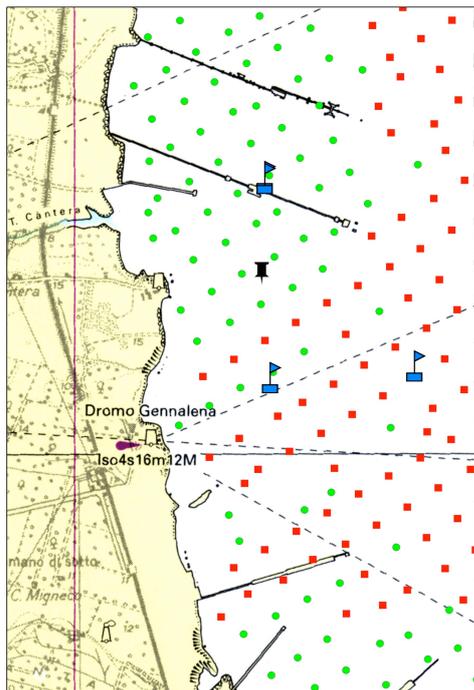
1. Determinazione dei volumi per il dragaggio dell'area selezionata

Nel caso in cui si prediligesse l'approccio invasivo di un dragaggio limitato all'area indicata da Ficco et al. (2009), la determinazione dei volumi necessiterebbe un più adeguato e attento studio geostatistico e possibilmente una più adeguata caratterizzazione ambientale, mirata proprio alla eventuale fase di rimozione di sedimenti aree specifiche della Rada. In effetti, già nel Capitolo "Comparazione dei dataset disponibili e relativi a caratterizzazioni pregresse dei sedimenti della Rada di Augusta" è stata evidenziata la presenza di forti e statisticamente significative differenze nei risultati ottenuti non solo per quanto riguarda i dataset relativi alle fasi di caratterizzazione I e II, ma anche nel confronto di dataset acquisiti durante fasi di lavoro diverse.

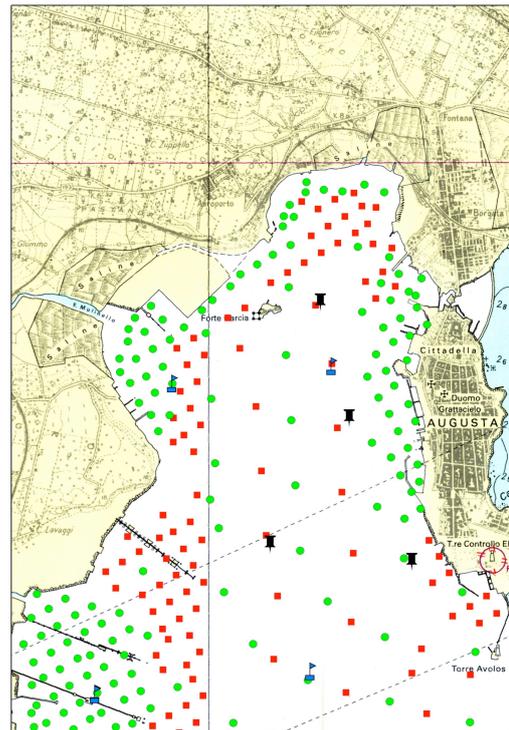
Una semplice ed ulteriore comparazione con un numero limitato di carote effettuate nella fase di caratterizzazione effettuata da ICRAM (ora ISPRA) nel 2005-2006 e relativamente vicine a quelle effettuate nell'ultima fase di caratterizzazione è presentata nelle Fig. 30-36.

Legend

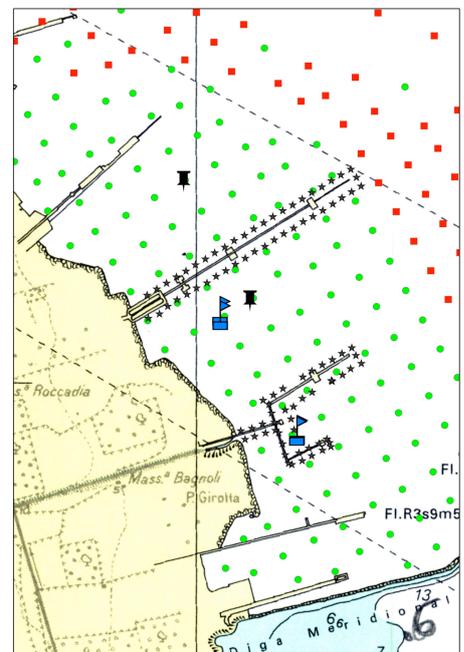
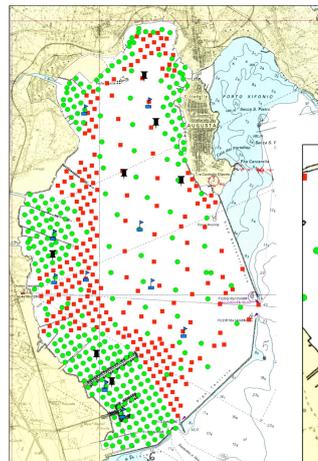
- ✦ Colombo et al. (2005)
- 🚩 Nuova caratterizzazione
- ★ URS Italia (2007)
- ISPRa (2008b) Pr01
- ISPRa (2008b) Pr02



Dettaglio zona centrale costiera



Dettaglio zona Nord



Dettaglio zona Sud

Fig. 30. Distribuzione spaziale di tutte le carote di sedimento prelevate durante le diverse fasi di caratterizzazione ambientale della Rada di Augusta (vedi testo per dettagli).

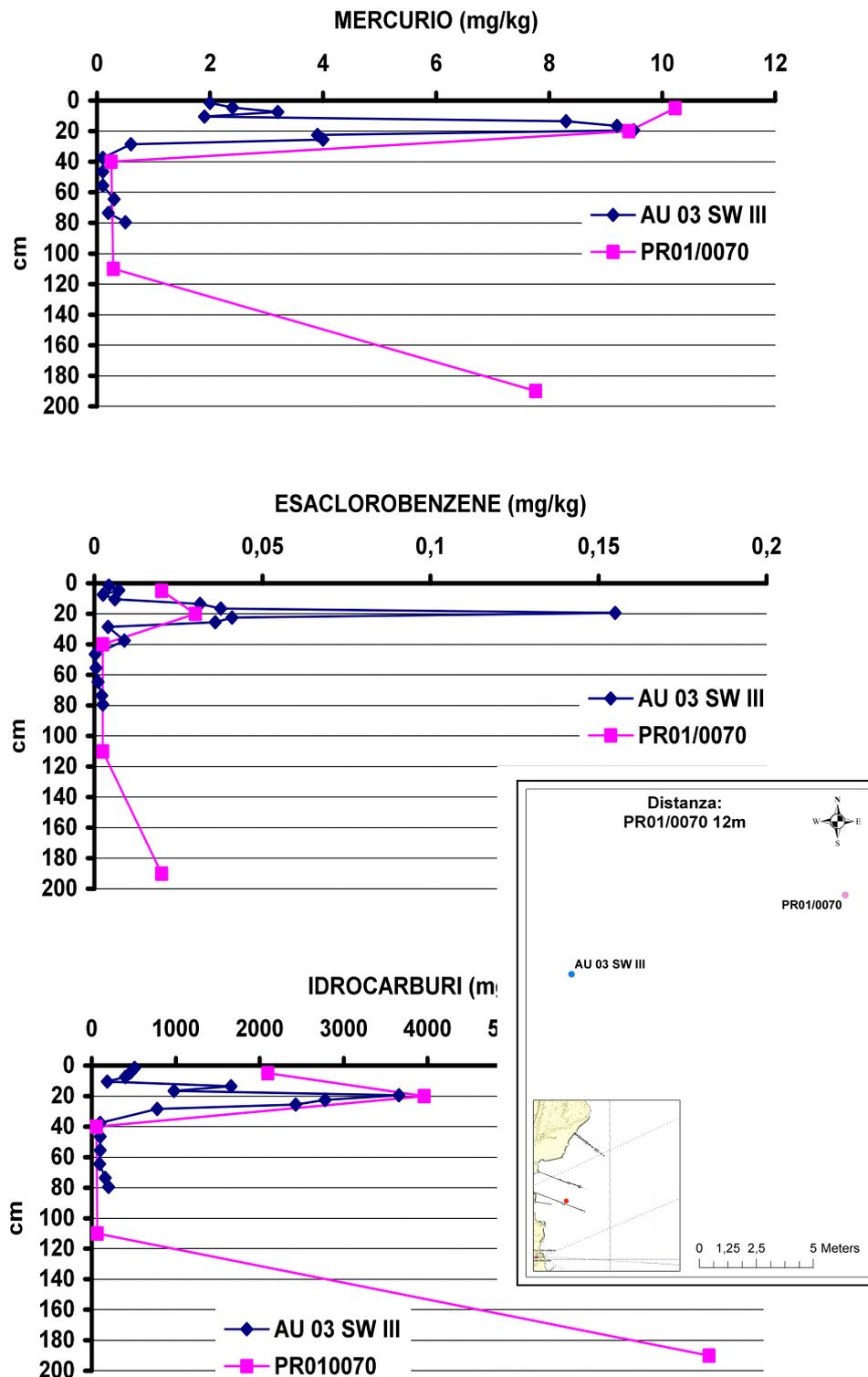


Fig. 31. Comparazione tra i valori di concentrazione dei diversi microinquinanti misurati nella carota AU03 SWIII e in carote vicine appartenenti al dataset della fase di caratterizzazione I e II di ICRAM (2008a).

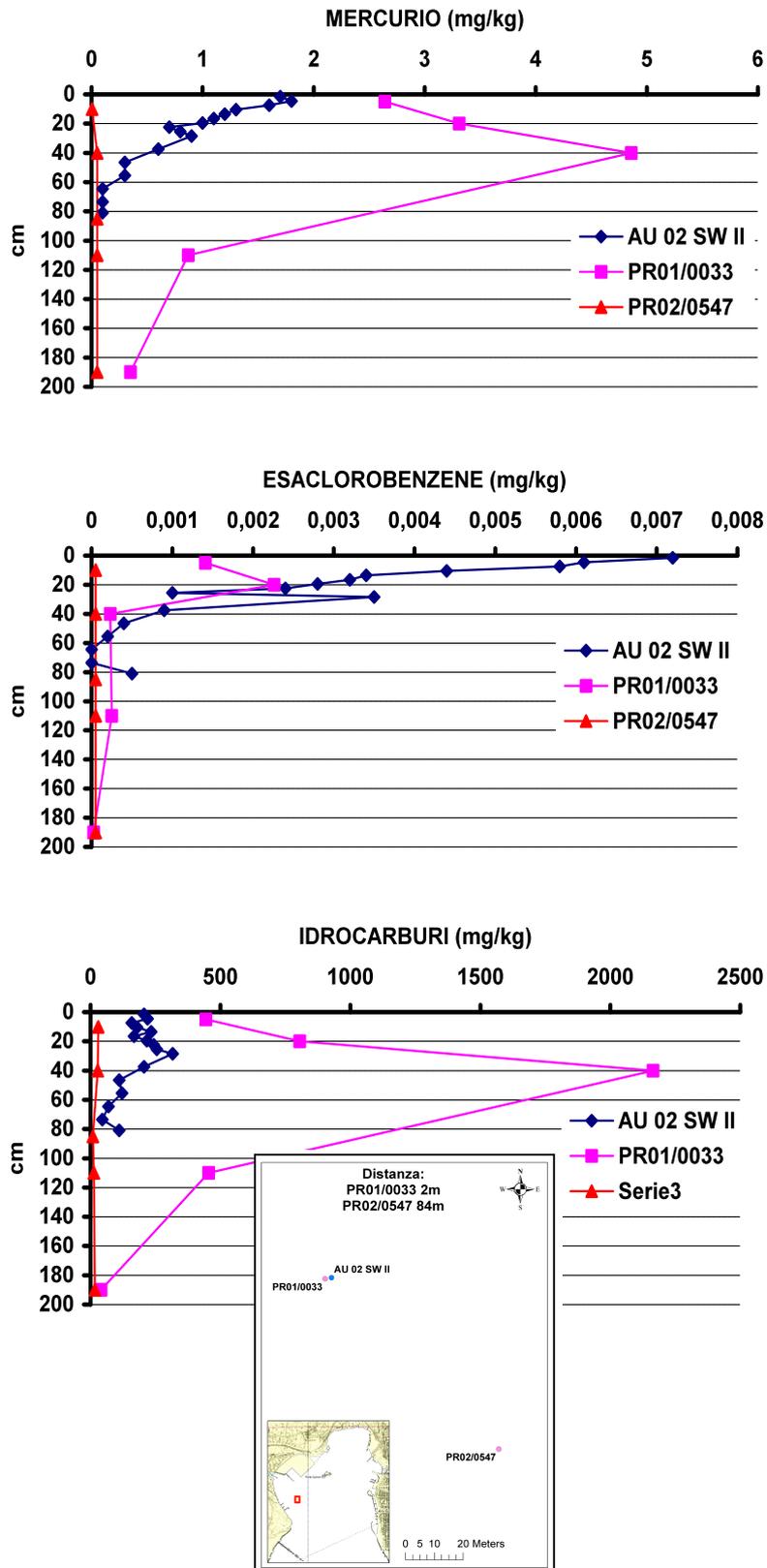


Fig. 32. Comparazione tra i valori di concentrazione dei diversi microinquinanti misurati nella carota AU02 SWII e in carote vicine appartenenti al dataset della fase di caratterizzazione I e II di ICRAM (2008a).

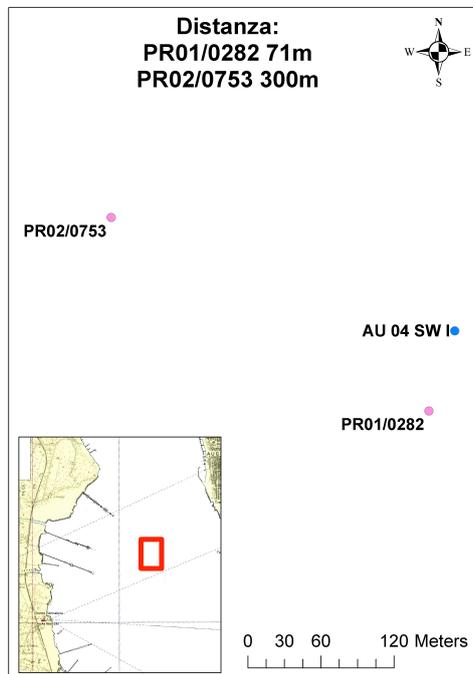
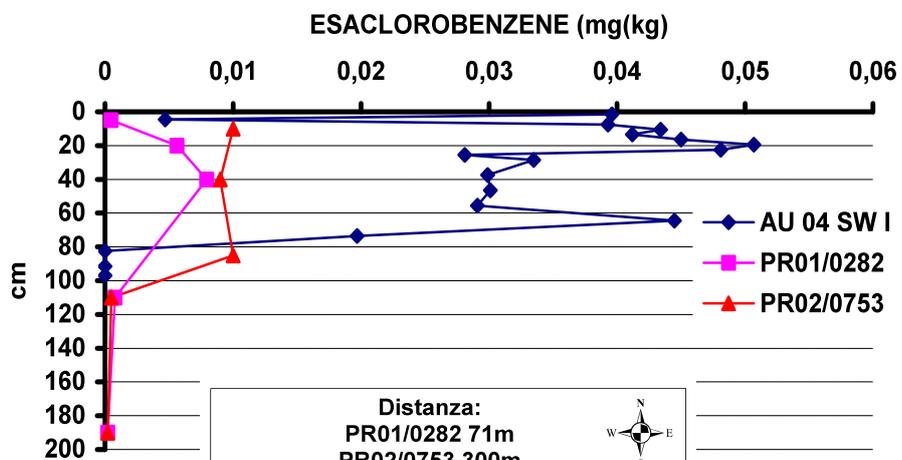
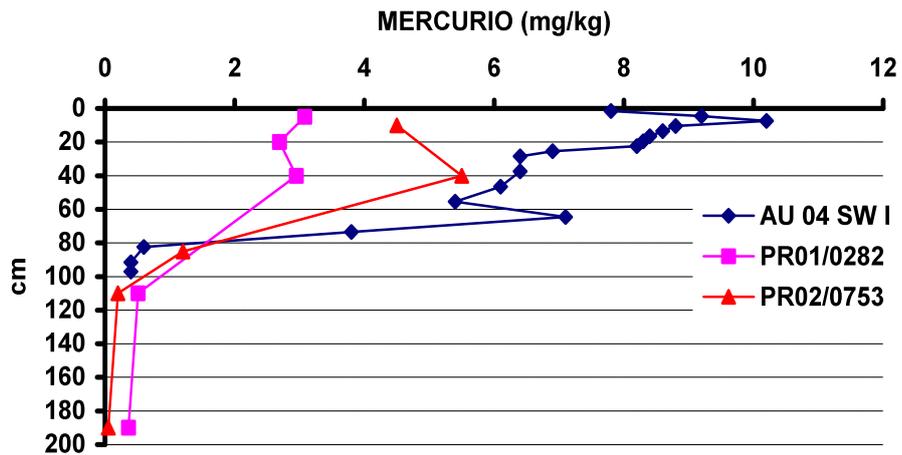


Fig. 33. Comparazione tra i valori di concentrazione dei diversi microinquinanti misurati nella carota AU04 SWI e in carote vicine appartenenti al dataset della fase di caratterizzazione I e II di ICRAM (2008a).

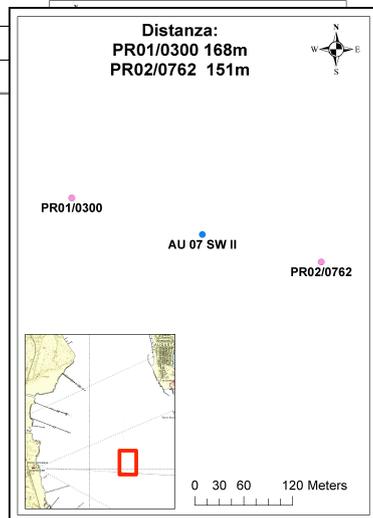
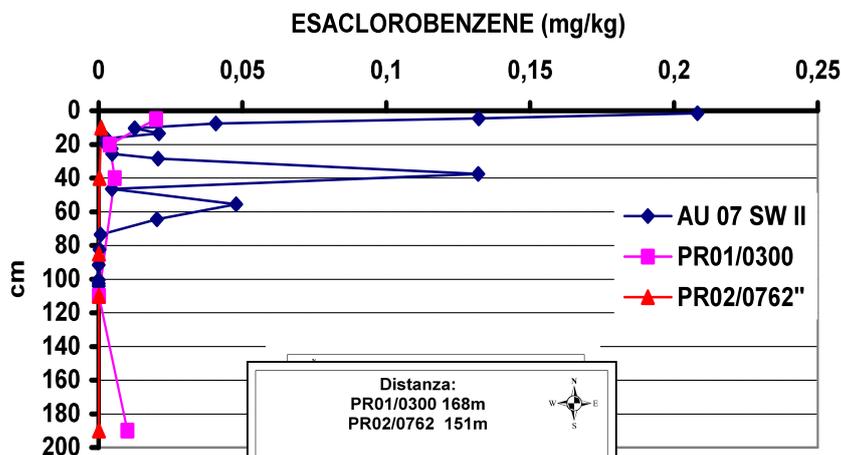
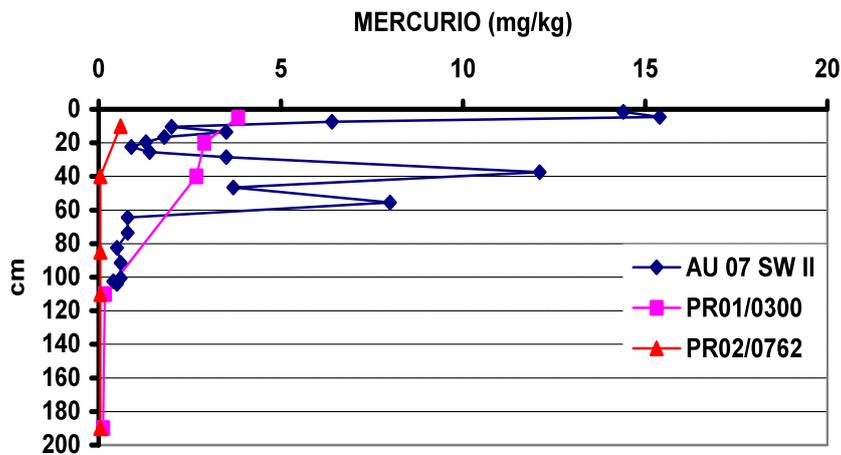


Fig. 34. Comparazione tra i valori di concentrazione dei diversi microinquinanti misurati nella carota AU07 SWII e in carote vicine appartenenti al dataset della fase di caratterizzazione I e II di ICRAM (2008a).

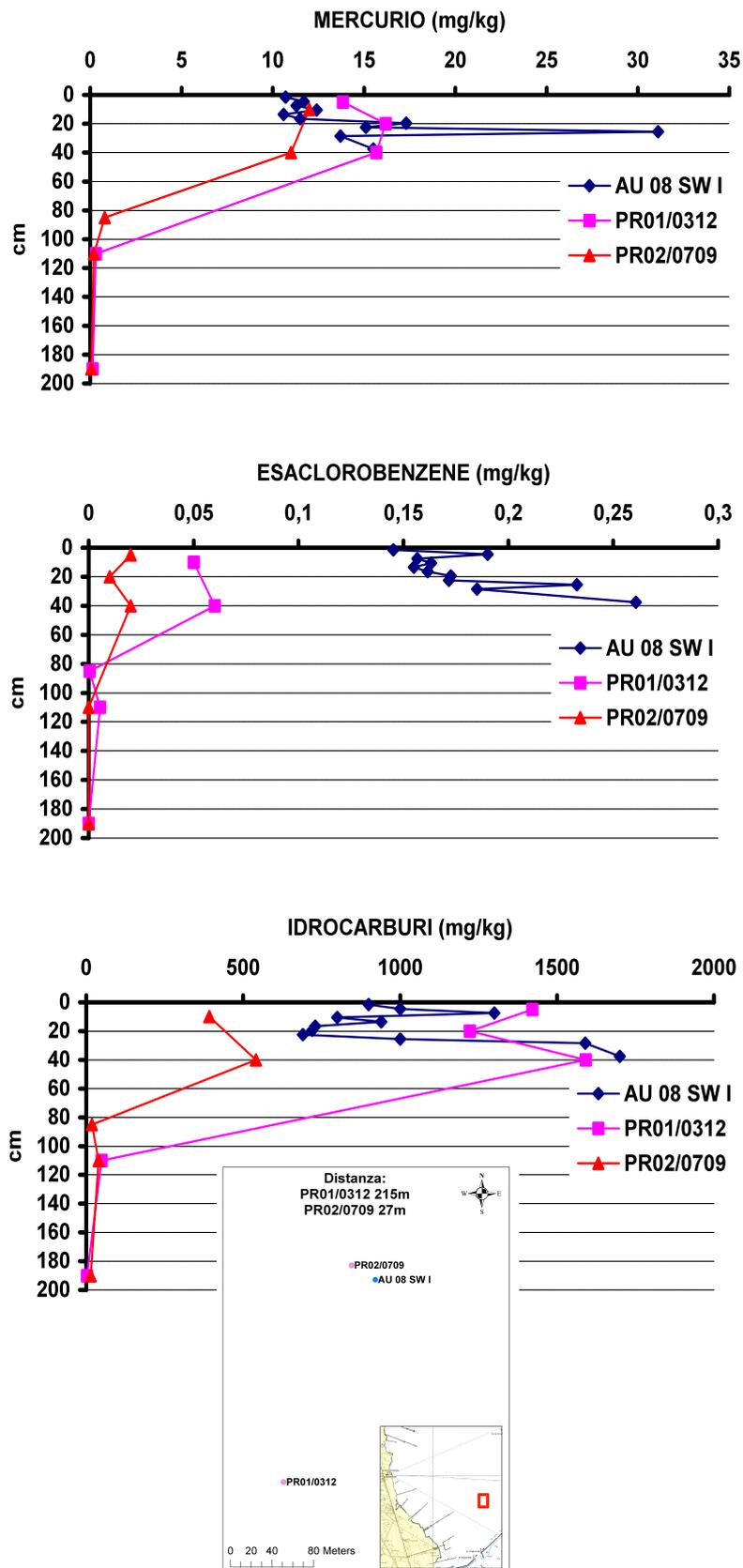


Fig. 35. Comparazione tra i valori di concentrazione dei diversi microinquinanti misurati nella carota AU08 SWI e in carote vicine appartenenti al dataset della fase di caratterizzazione I e II di ICRAM (2008a).

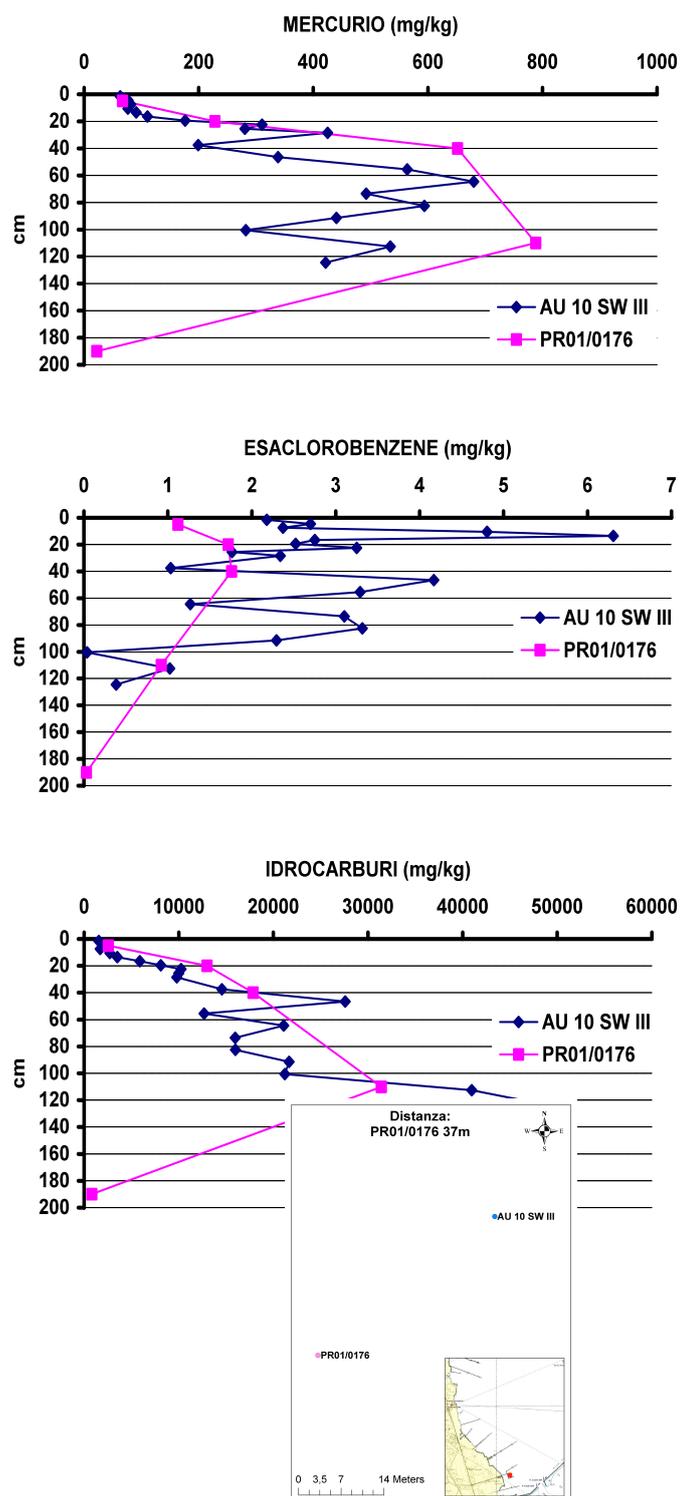


Fig. 36. Comparazione tra i valori di concentrazione dei diversi microinquinanti misurati nella carota AU10 SWIII e in carote vicine appartenenti al dataset della fase di caratterizzazione I e II di ICRAM (2008a).

Nella maggior parte dei i valori di concentrazione rilevati nei diversi record sedimentari comparati mostrano forti differenze per tutti gli inquinanti considerati

In particolare, le evidenti differenze nella distribuzione dell'Esaclorobenzene tra i risultati relativi alla caratterizzazione effettuata da ICRAM (ora ISPRA) nel periodo 2005-2006 e la caratterizzazione ultima sono anche da imputare ad un'anomala distribuzione di questo microinquinante registrato nella fase analitica del 2005-2006 che mostra costanti valori di concentrazione (0.0025 mg/kg) ben lontani dal limite di rilevabilità strumentale per decine di campioni distribuiti lungo diversi valori di profondità (Fig. 37). Nel caso specifico si ritiene che problemi analitici e/o molto più probabilmente di campionamento (in relazione all'elevata volatilità del composto e alla difficoltà di mantenerne inalterata la concentrazione con opportuno sistema di prelievo) possano avere provocato tale anomalia che inficia lo studio statistico della distribuzione di tale microinquinante effettuata da ICRAM (ora ISPRA) e proposta nel documento "Progetto preliminare di bonifica della Rada di Augusta - fase I e II. Elaborazione definitiva" (rif. Doc. ICRAM # BoI-Pr-SI-PR-Rada di Augusta-03.22)".

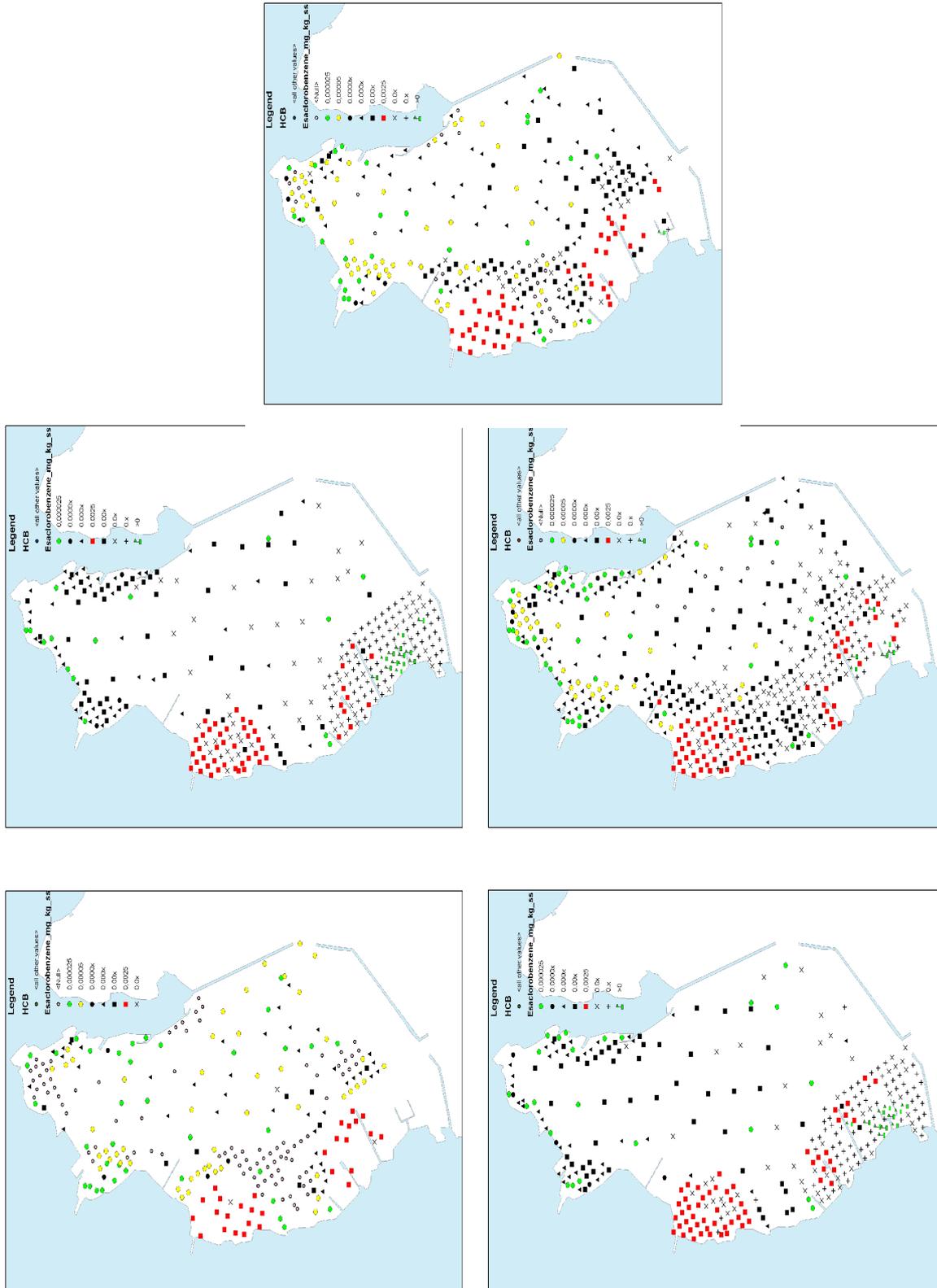


Fig. 37. Distribuzione (per classi di grandezza) dell'Esaclorobenzene nei sedimenti della Rada di Augusta come riportato da ICRAM (ora ISPRA) sulla base delle caratterizzazioni effettuate negli anni 2005-2006. I quadrati rossi indicano valori di concentrazione riportati costanti e corrispondenti a 0.005 mg/kg.

2. Geostatistica del dataset analizzato

Per un'indagine approfondita sulla variabilità spaziale del dataset relativo alle caratterizzazioni ambientali eseguite da ICRAM (ora ISPRA) nel 2005-2006 è stata condotta un'analisi variografica, per due aree specifiche della Rada di Augusta, per un numero selezionato di microinquinanti e per i livelli 0-10 e 10-30 cm di profondità dei sedimenti.

L'analisi dei variogrammi, per due delle aree in cui è stato effettuato il confronto (Fig. 38-40), rende evidente l'impossibilità di avere una stima affidabile della variabilità spaziale su scale inferiori a 100m, che ci permetta di valutare se le differenze riscontrate tra la vecchia e la nuova caratterizzazione possano essere dovute ad un'alta variabilità su piccola scala.

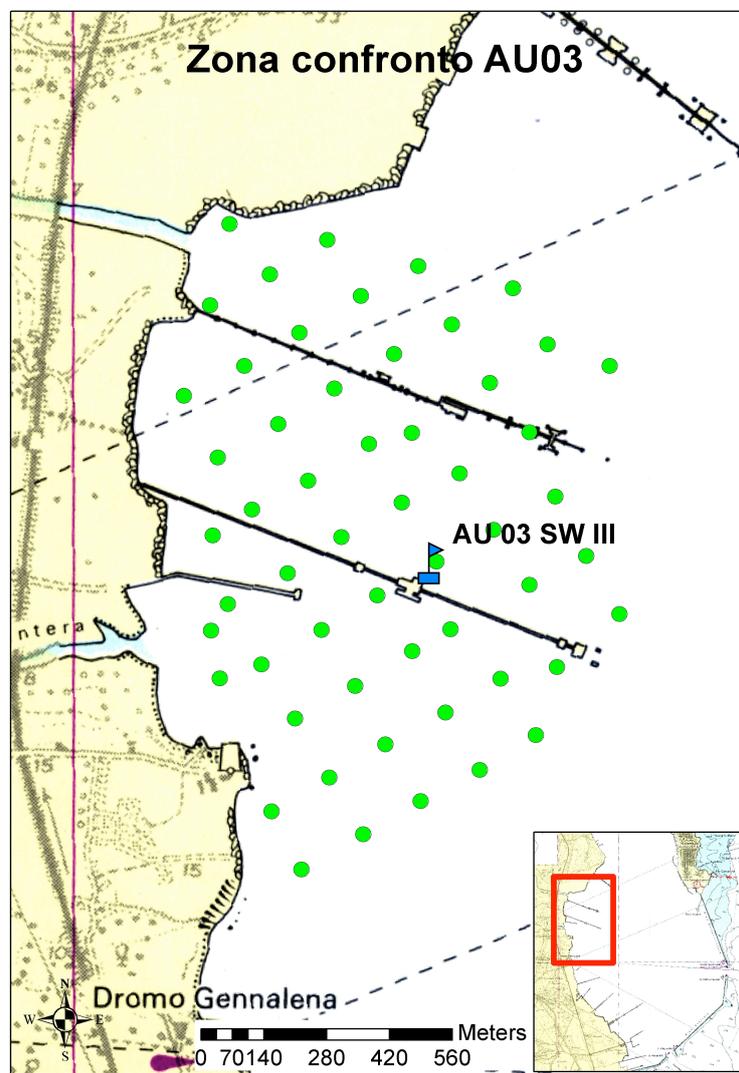


Fig. 38. Dettaglio dell'area centrale della Rada di Augusta e distribuzione delle carote di sedimento su cui è stata effettuata l'indagine geostatistica.

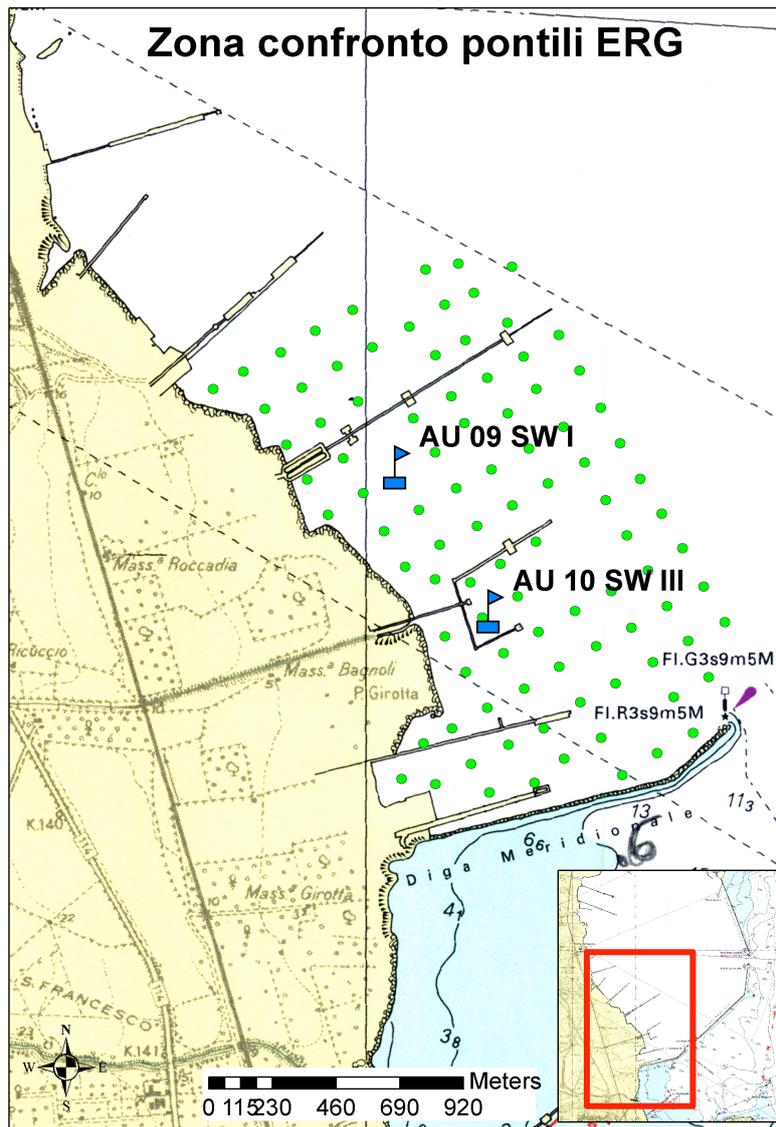


Fig. 39. Dettaglio dell'area meridionale della Rada di Augusta e distribuzione delle carote di sedimento su cui è stata effettuata l'indagine geostatistica.

L'impossibilità di effettuare delle stime accurate della variabilità per valori di distanza ridotte (<100 mt) è dovuta, per la maggior parte, alla maglia regolare di campionamento adottata durante la fase implementazione del piano di caratterizzazione (circa 140m), ma anche al comportamento dei variogrammi sperimentali, che spesso presentano o un numero di coppie molto basso nella stima della varianza per il primo *lag*, o un valore di varianza molto elevato già in corrispondenza dello stesso (Fig. 31). Inoltre, il valore della semivarianza per la prima coppia è molto vicino alla varianza globale del sistema.

La variabilità riscontrata alla scala di 100 mt risulta verificata dalla variabilità mostrata nella distribuzione dei microinquinanti in carote vicine e relative a fasi di caratterizzazione

ambientale diverse. Tale elevata differenza potrebbe essere imputabile direttamente ad una variabilità ad altissima frequenza all'interno del sistema considerato, a problemi di campionamento non opportuno per quanto riguarda per esempio l'HCB (caratterizzato da un forte componente di volatilità).

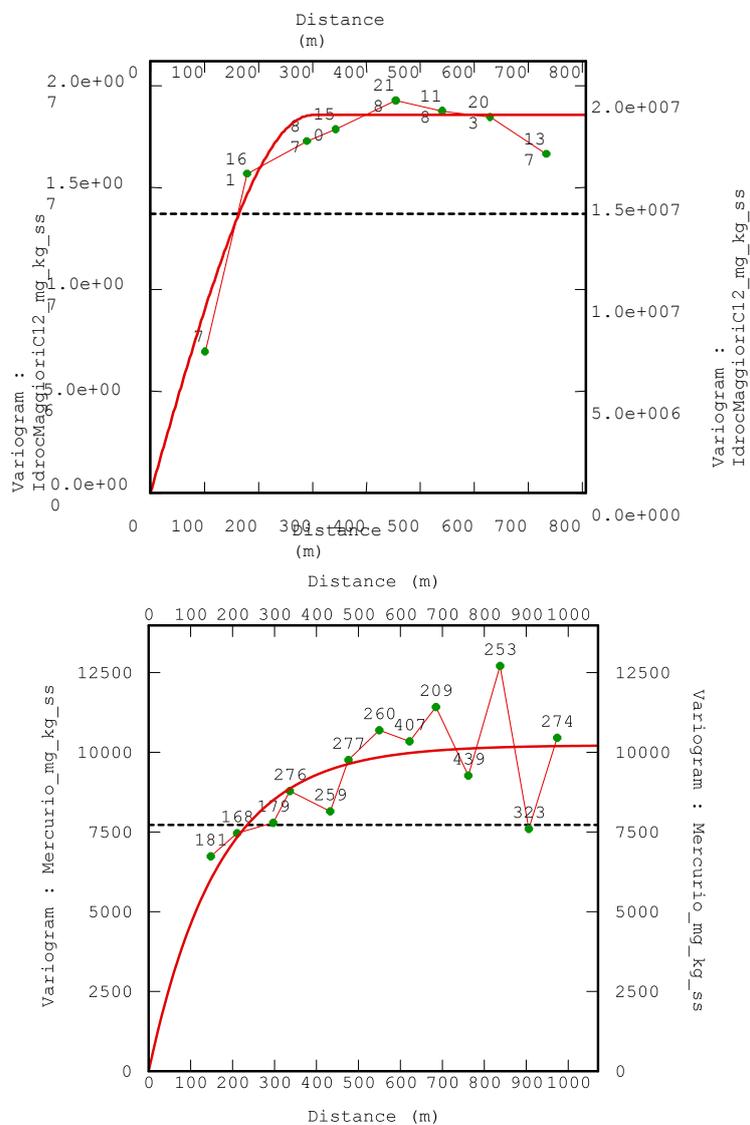


Fig. 40. Variogrammi relativi alla distribuzione di Idrocarburi C>12 e Mercurio

Si ritiene, in ogni caso, necessario un campionamento a maglia più stretta e possibilmente con adozione campionamento stratificato casuale che permetta di verificare l'effettiva variabilità statistica del sistema e, pertanto, una stima più appropriata dei variogrammi sulla base dei quali definire un'opportuna e accurata stima dei volumi di sedimento inquinato.

3. Sintesi dei risultati

I confronti effettuati tra i risultati ottenuti durante le diverse fasi di caratterizzazione ambientale della Rada di Augusta chiaramente evidenziano che l'altissima variabilità nella distribuzione dei microinquinanti all'interno della baia rende, non comparabili, a differenza di quanto esposto nella relazione di Ausili et al. (2008), misure effettuate su carote di sedimento prelevate anche a poche decine di metri di distanza una dall'altra.

Inoltre, i risultati relativi all'analisi variografica dei dataset a disposizione, dimostra la necessità di una caratterizzazione più accurata e con campionamento a maggiore frequenza (possibilmente del tipo a maglia stratificata casuale) in grado di quantificare con maggiore accuratezza e precisione i volumi di materiale particolarmente inquinato e da dragare. Tale fase di indagine dovrebbe permettere di circoscrivere l'intervento di una potenziale movimentazione del sedimento inquinato e limitare, così, non solo i costi dell'intervento ma, soprattutto, gli effetti che da questa attività deriverebbero come impatto sull'ambiente.

CONCLUSIONI

Dai risultati emersi dall'indagine ambientale effettuata nell'ambito del Procedimento Giudiziario n. 5010/08 emergono una serie di conclusioni che vengono sinteticamente riportate nei seguenti punti:

1. Dai risultati ottenuti emerge un quadro complesso del sistema sedimentario della Rada di Augusta che sostanzialmente conferma l'interpretazione riportata nel documento di Ficco et al. (2009) che individua nel gruppo di carote AU06, AU08, AU09 e AU10 la presenza di sedimenti fondamentalmente non disturbati con una chiara registrazione di eventi di contaminazione (definiti "primari" nel documento stesso) e relativi ai fenomeni di immissione di fanghi di depurazione non trattati dell'impianto cloro-soda. E' chiaramente presente in questi record sedimentari un effetto di recupero (diminuzione della contaminazione) nei sedimenti più superficiali delle carote analizzate. Secondo gli Autori, le altre carote risentirebbero degli effetti di dragaggio e movimentazione dei sedimenti con una conseguente registrazione di eventi di contaminazione non rispondente al periodo dell'originale deposizione dei sedimenti stessi. L'insieme di tale informazioni suggerisce che l'origine primaria della contaminazione attribuibile agli effetti del Cloro-Soda sia il fenomeno di inquinamento primario della Rada che è stato negli anni, a seguito dei fenomeni di movimentazione dei sedimenti, ridistribuito lungo la colonna sedimentaria. Nelle carote di sedimento (e pertanto, nelle aree della rada che da tali record sedimentari sono rappresentati) in cui fenomeni di movimentazione e riorganizzazione secondaria del record risulta evidente, il recupero dello stato di contaminazione dei sedimenti per effetto del seppellimento e conseguente diluizione con materiale meno inquinato necessita di un periodo congruo stimabile (sulla base dei tassi di sedimentazione stimati per le diverse aree investigate) nell'ordine dei dieci anni.

2. Lo studio delle potenziali fonti di inquinamento dei sedimenti della Rada di Augusta ha chiaramente dimostrato che i principali contaminanti presenti nel sistema investigato (Mercurio, Esaclorobenzene, Octaclorostirene, Idrocarburi C>12) hanno come principale sorgente l'attività industriale del Petrolchimico relativa agli anni Cinquanta-Settanta durante i quali la normativa ambientale non definiva procedure di controllo sullo stato di contaminazione degli scarichi a mare di reflui industriali. Queste evidenze escludono qualsiasi coinvolgimento e responsabilità da parte della Società ERG Raffinerie Mediterranee S.p.A, presente nell'area di studio solo dall'ottobre del 2002. Sia la recente presenza nell'area della Rada di Augusta che i processi industriali che ne caratterizzano l'attività escludono un diretto e significativo impatto di contaminazione da parte degli impianti di proprietà di detta Società sui sedimenti della Rada di Augusta.

3. ENZO

4. Gli evidenti fenomeni di miglioramento dello stato di contaminazione della Rada di Augusta in aree dove la sedimentazione risulta essere rimasta sostanzialmente o solo parzialmente indisturbata da processi di movimentazione secondaria, nonché la definitiva attribuzione ad un fenomeno ormai concluso di "contaminazione primaria" dell'area in questione permette di suggerire, come linea strategica per una bonifica dei sedimenti, un sostanziale loro mantenimento in loco con potenziale incremento della naturale velocità di sedimentazione con materiale selezionato e un monitoraggio adeguato per verificare opportunamente l'evoluzione del sistema. Si esclude categoricamente la soluzione di un dragaggio "a grande scala" come suggerito da ICRAM nel progetto di bonifica definitivo del 2008 che, si ritiene, comporterebbe un'incontrollata e imprevedibile (a causa dell'assenza di informazioni accurate di alcuni parametri chiave per la definizione di scelte tecniche opportune da apportare) evoluzione per l'ambiente e l'ecosistema che "interagisce" con la Rada di Augusta. L'eventuale scelta di un dragaggio realmente limitato, come proposto da Ficco et al. (2009), necessiterebbe, comunque, di una più accurata e opportuna definizione di volumi di sedimento da rimuovere e la scelta di una metodologia adeguata in relazione agli inquinanti presenti e alla tipologia di sedimenti da rimuovere valutando accuratamente l'efficacia, l'efficienza e la sostenibilità delle tecnologie proposte.

Bibliografia citata

- Apitz SE, Davis JW, Finkelstein K, Hohreiter DL, Hoke R, Jensen RH, Kirtay VJ, Jersac J, Mack EE, Magar VS. (2005). Assessing and managing contaminated sediments: part I, developing an effective investigation and risk evaluation strategy. *Integrated Environ Assess Manage* 1:2–8.
- Ausili A., Bacci E., Gabellini M. (2008) Relazione di consulenza tecnica in merito agli accertamenti svolti sui fondali della Rada di Augusta (periodo di indagine luglio - novembre 2008). Procura della Repubblica presso il Tribunale Di Siracusa (Proc. N. 5010/08 RGNR) – Quesiti I e II
- Barcelo D, Petrovic M. (2007). *Sediment Management of Sediment Resources: Sediment Quality and Impact Assessment of Pollutants. Volume 1.* ISBN: 9780444519627. pp.333. Elsevier B.V., Amsterdam.
- Beldowsky, J., Pempkowiak, J. (2005). Mercury fluxes on the sediment water interface and bioavailability of mercury in Southern Baltic Sea sediments. *RMZ-Materials and Geoenvironment*, 52, 5-7.
- Benoit, J.M., Gilmour, C.C., Heyes, A., Mason, R.P., Miller C.L. (2003) Geochemical and biological controls over Methylmercury production and degradation in aquatic ecosystems. *American Chemical Society, Ch.19*, 262-297.
- Benoit, J.M., Gilmour, C.C., Mason, P. (2001). Aspects of bioavailability of mercury for methylation in pure cultures of *Desulfobulbus propionicus* (1pr2). *Appl. Env. Micr.*, 51-58.
- Biester, H., Miller, G., Scjoler, H.F. (2002a) Estimating distribution and retention of mercury in three different soils contaminated by emissions from chlor-alkali plants: part I. *Sc. Tot. Env.*, 284, 177-189.
- Biester, H., Muller, G., Sholer, H.F. (2002b) Binding and mobility of mercury in soils contaminated by emissions from chlor-alkali plants. *Sc. Tot. Env.*, 284, 191-203.
- Boszke, L., Kowalski, A., Glosinska, G., Szarek, R., Siepak, J. (2003). Environmental factors affecting speciation of mercury in the bottom sediments: an overview. *Polish J. Env. St.*, 2, 5-13.
- Canario, J., Vale, C., Caetano, M. (2005). Distribution of monomethylmercury and mercury in surface sediments of the Tagus Estuary (Portugal). *Baseline Marine Poll. Bull.*, 50, 1121-1145.
- Canario, J., Vale, C., Madureira, M.J. (2003). Mercury in contaminated sediments and pore waters enriched in sulphate (Tagus Estuary, Portugal). *Env. Poll.*, 126, 425-433.
- Colombo, F., Frignani, M., and Bellucci, L. (2005). Origine storica della contaminazione dei sedimenti della Rada di Augusta. October.

- Covelli, S., Faganelli, J., De vittor, C., Predonzani, S., Acquavita, A., Horvat, M. (2008). Benthic fluxes of mercuri in a lagoon environment (Grado Lagoon, Northern Adriatic Sea, Italy). *Applied geochemistry*, 23, 529-546.
- Davis, A., Bloom, N.S., Hee, S.Q. (1997) The environmental geochemistry and bioaccessibility of mercury in soils and sediments: a review. *Risk Analysis*, 17, 557-56.
- Environ International Consulting Team (2008) Valutazione di un modello concettuale del sito e descrizione dei processi dei sedimenti e delle condizioni geochimiche nel Porto industriale della Rada di Augusta. Dicembre 2008, 1-45.
- Faganelli, J., Horvat, M., Covelli, S., Fajon, V., Logar, M., Lipej, L., Cermelj, B. (2003) Mercury and methylmercury in the Gulf of Trieste, 304, 315-326.
- Ficco P., Cammarata G., Bacci E. (2009) Relazione di consulenza tecnica in merito all'origine dei contaminanti presenti nei sedimenti ed alle strategie per il risanamento della Rada di Augusta. Procura della Repubblica presso il Tribunale Di Siracusa (Proc. N. 5010/08 RGNR) – *Quesiti III e IV*
- Fitzgerald, W.F., Lamborg, C.H., (2004) Geochemistry of mercury in the environment. *Treatise on Geochemistry*, 9.04, 107-148.
- Forstner, U., Aplitz, S. (2007) Sediment remediation: US focus on capping and monitored natural recovery, *J. Soils Sediments*, 7, 351-358.
- Hinton, J., Veiga, M. (2001) Mercury contaminated sites: a review of remedial solutions. *Proic. NMD, Forum 2001. Mar. 19-20, 2001, Minamata.*
- ICRAM (2006). Progetto preliminare di bonifica dei fondali della Rada di Augusta. Marzo 2006.
- ICRAM (2008a) Progetto preliminare di bonifica della Rada di Augusta – fase I e II. *Elaborazione definitiva” (rif. Doc. ICRAM # BoI-Pr-SI-PR-Rada di Augusta-03.22).*
- ICRAM (2008b). Progetto preliminare di bonifica della Rada di Augusta inclusa nel sito di bonifica di interesse nazionale di Priolo – fase I e II. June.
- Neculita, C.M., Zagury, G.J., Deschenes, L (2005) Mercury speciation in highly contaminated soils from chlor-alkali plants using chemical extractions. *J. Env. Qual.*, 34, 255-262.
- Reddy, K.R. (2008) The technical challenges to in-situ remediation of polluted sites. *Geotech. Geol. Eng.* DOI 10.1007/s10706-008-9235-y.
- URS Italia (2007) Attività di caratterizzazione delle aree a mare contermini ai pontili della raffineria ERGMED di Priolo (SR). Relazione tecnica. 2 marzo 2007.
- Zhong, H., Wang, W.X. (2008) Effects of sediment composition on inorganic mercury partitioning, speciation and bioavailability in oxic surficial sediments. *Env. Poll.*, 151, 222-230.

APPENDICE I

Appendice I

**RAPPORTO SULL'ATTIVITÀ DI CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI
DELLA RADA DI AUGUSTA EFFETTUATO
IN DATA 14-18 LUGLIO 2008**

(Prof. Enzo Saggiomo-Dr. Mario Sprovieri)

Napoli, Luglio 2008

INDICE

1. Imbarco e fase preliminare	p. 3
2. Attività di sub-campionamento delle carote di sedimento	p. 8
3. Note sul piano di campionamento	p. 14
4. Report fotografico di alcune carote prelevate in data 14-18 luglio 2008	p. 15
5. Appendice I – Verbale riunione 2 luglio 2008 (Siracusa)	p. 17
6. Appendice II – Verbale delle operazioni di prelievo di campioni di sedimento dei fondali della Rada di Augusta 14 luglio 2008 da parte di CTU della Procura della Repubblica di Siracusa	p. 18

1. Imbarco e fase preparatoria

Questa breve nota riporta le informazioni salienti relative all'attività di carotaggio e sub-campionamento effettuata all'interno della Rada di Augusta in data 14-18 luglio 2008 in relazione al procedimento penale 5810/08 RGNR e alle indicazioni condivise da tutte le parti durante la riunione svoltasi presso l'ufficio del sostituto procuratore della Repubblica Dr. Musco a Siracusa in data 2 luglio 2008.

In data 14 luglio 2008 è stato effettuato l'imbarco del personale su motopontone attrezzato per campionamento di carote di sedimento. Di seguito viene elencato il personale imbarcato:

- Dr. Massimo Gabellino (CTU Procura della Repubblica), Dr.ssa Elena Romano e tre tecnici (ICRAM);
- Prof. E. Bacci (CTU Procura della Repubblica);
- Dr. Mauro Frigniani, Dr. Luca Bellucci (CTU ENI), Dr.ssa Stefania Romano, Dr.ssa Silvia Giuliani (ISMAR-CNR);
- Dr. Fabrizio Lirer (incaricato da CTU ERG);
- tecnici dedicati alla gestione del carotiere a vibrazione;
- tecnici dedicati alla gestione della gru.

Si dichiara che il Dr. Fabrizio Lirer ha presenziato a tutte le operazioni di carotaggio e campionamento dei sedimenti dall'inizio delle attività fino alle ore 15.00 del giorno 18 luglio 2008. Questo rapporto di attività si riferisce pertanto al lavoro eseguito in questo lasso di tempo.

L'imbarco è avvenuto presso i Cantieri Golden Bay (Rada di Augusta).

Le operazioni di carotaggio sono state svolte su motopontone (Fig.1) governato da una pilotina. Tutte le attività sono state inoltre seguite da un'imbarcazione ausiliaria con il compito di posizionare i gavitelli per il corretto posizionamenti tramite DGPS dei punti di perforazione e il trasporto a terra delle carote prelevate. Il posizionamento dei punti è stato effettuato sia di personale dell'ICRAM che dai ricercatori dell'ISMAR-CNR. Il personale dell'ICRAM ha chiaramente specificato che le coordinate definitive dei diversi punti verranno comunicate in secondo omento dopo le opportune correzioni.

Le attività di carotaggio hanno avuto inizio alle ore 10.30 con il primo prelievo di carota effettuato alle ore 11.30.

Tutte le carote prelevate e trasportate a terra sono state trasferite furgone di proprietà dell'ICRAM presso i laboratori Chelab s.r.l., siti in Contrada Biggemi a Priolo. Presso i medesimi laboratori sono state eseguite tutte le attività di sub-campionamento delle carote di sedimento.



Fig.1 – Motopontone con la gru utilizzata per le manovre del carotiere a vibrazione e del carotiere SW104.

Come stabilito durante la riunione presso gli uffici del sostituto Procuratore della Repubblica di Siracusa, le carote sono state prelevate (in accordo al programma stabilito e allegato alla presente relazione) tramite carotiere a vibrazione e carotiere SW104. Il carotiere a vibrazione (Fig. 2a, 2b, 2c, 2d) è stato noleggiato direttamente dall'ICRAM mentre il carotiere SW104 (Fig.3) è di proprietà dell'ISMAR-CNR di Bologna.



Fig.2a- Carotiere a vibrazione con asta da tre metri. Alla destra c'è il motore per il sistema di vibrazione



Fig.2b- Zavorra per la stabilizzazione dell'asta del carotiere e galleggianti per il mantenimento verticale delle aste.



Fig. 2c- Fase di preparazione per l'inizio di un'attività di perforazione tramite carotiere a vibrazione.

E' risultata fin dal primo momento chiara la difficoltà da parte del carotiere a vibrazione nel recuperare in maniera indisturbata carote di sedimento di lunghezza superiore a 2 metri.

L'assenza di sistemi a bracci fissi utili ad aumentare la superficie di adesione al fondo per una maggiore stabilità del carotiere al fondo rende in effetti molto difficile la penetrazione del carotiere.

Al contrario, il sistema di perforazione SW104 (Fig. 3, 4, 5, 6) si è dimostrato assolutamente adeguato per le finalità del lavoro di prelievo di carote di circa 1 metro di lunghezza.



Fig. 3- Carotiere SW104.



Fig.4- Carotiere SW104 dopo la perforazione

Fig.5- Estrazione del liner trasparente contenente la carota



Fig.6- Dettaglio dell'interfaccia acqua-sedimento della carota prelevata con il sistema SW104

2. Attività di sub-campionamento delle carote di sedimento

Durante le fasi di sub-campionamento sono stati saltuariamente presenti il Prof. Bacci e il Dr. Degetto.

Le carote prelevate con il sistema SW104, sono state estruse dai liners trasparenti mediante estrusore manuale o idraulico (Fig.7a, 7b).



**Fig. 7a-Dettaglio dell'estrusore manuale
dell'estrusore idraulico**



Fig. 7b-Dettaglii

Prima del sub-campionamento, su tutte le carote prelevate sia tramite sistema SW104 che con carotiere a vibrazione è stata misurata la suscettività magnetica mediante suscettivimetro ad anello (Fig.8) in dotazione a ISMAR-CNR di Bologna.



Fig.8- Misura della suscettività magnetico per una carota prelevata con il sistema a vibrazione.

L'apertura delle carote prelevate con sistema a vibrazione è stata effettuata tramite taglio con sega elettrica (Fig.9).



Fig.9- Taglio mediante sega elettrica del liner prelevato con carotiere a vibrazione.

L'abbondante acqua presente nella parte superiore dei liners prelevati tramite sistema a vibrazione è stata eliminata tramite un foro creato il più possibile vicino all'interfaccia acqua-sedimento (Fig.10).



Fig.10. Dettaglio del foro creato per permettere la fuoriuscita dell'acqua presente nella parte superiore del liners a seguito del campionamento effettuato a mezzo carotiere a vibrazione.

L'ispezione visiva delle carote prelevate con il sistema di carotaggio a vibrazione ha immediatamente evidenziato una scarsa preservazione della parte sommitale delle stesse. I primi 20-30 cm sono risultati generalmente intrisi d'acqua con un effetto di forte rimescolamento del sedimento (Fig. 10). Inoltre, risulta praticamente indeterminata la quantità di sedimento persa al top delle carote prelevate con tale sistema.



Fig10-Dettagli relativi alle parti superiori delle carote prelevate con vibrocarotiere

L'acqua presente nella parte superiore delle carote prelevate con il sistema SW104 è stata prelevata mediante un tubo opportunamente provvisto di una siringa di aspirazione (Fig.11).



Fig.11- Dettaglio del sistema di aspirazione dell'acqua presente al top delle carote prelevate con sistema SW104.

Il campionamento delle carote prelevate con il sistema SW104 ha previsto il prelievo "fette" di sedimento di spessore variabile tra 1 e 3 cm in rispetto delle indicazioni condivise da tutte le

parti nella riunione presso la Procura della Repubblica di Siracusa. Il taglio delle "fette" di carota è stato eseguito mediante dei dischi di plastica. (Fig.12).



Fig.12-Dettaglio relativo alle operazioni di prelievo di sedimento dalle carote prelevate con sistema SW104.

Dal campione prelevato è stata asportata tramite spatola in plastica la parte più esterna (Fig.13) in modo da eliminare possibili contaminazioni relativi al contatto del sedimento con il liner.



Fig.13- Dettaglio relativo all'asportazione della parte esterna del sedimento.

Ogni campione, alla fine della fase di preparazione, è stato consegnato ai tecnici ICRAM per la catalogazione ed il prelievo di un'aliquota per l'analisi dei volatili. In particolare, il prelievo dei campioni per le analisi dei volatili è stato eseguito da tecnico della Chelab tramite opportune siringhe (Fig.14).

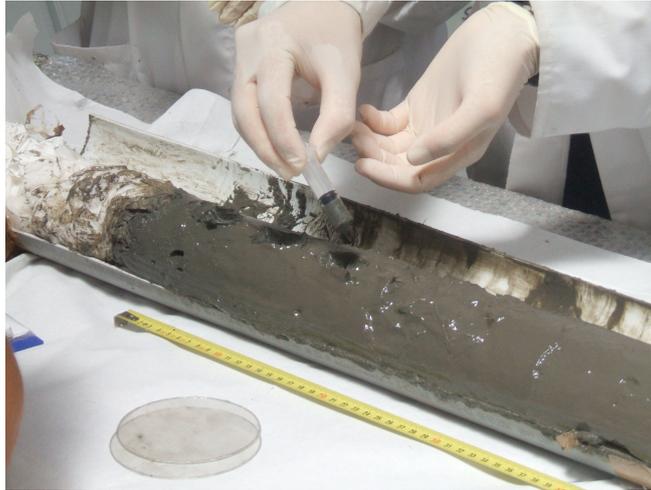


Fig. 14. Dettaglio prelievo volatili

Il sistema di sub-campionamento della carote prelevate tramite sistema a vibrazione è stato effettuato dopo asportazione della parte superficiale del sedimento recuperato (Fig.15 e 16).



Fig. 14- Dettaglio relativo al campionamento di carota prelevata tramite sistema di carotaggio a vibrazione.



Fig. 16- Esempio di carota prelevata con sistema a vibrazione a seguito della fase di campionatura.

3. Note sul piano di campionamento

Al di sotto di una certa profondità (variabile da carota a carota) è stato prelevato un numero di campioni inferiore rispetto a quello previsti dal verbale del 2 luglio 2008, soprattutto nella parte terminale delle carote. I livelli non campionati sono stati prelevati e conservati in contenitori di polietilene in cella frigorifera presso i laboratori Chelab s.r.l., siti in Contrada Biggemi a Priolo. In particolare gli intervalli di carota non campionati e prelevati il 14 e 15 luglio 2008 sono stati spediti ai laboratori SGS S.p.A. Si è successivamente concordato con le parti presenti che tale tipologia di campioni, prelevati dal 17 luglio 2008 venissero ufficialmente sigillati e spediti ai laboratori ICRAM di Roma e fossero disponibili per ulteriori indagini.

L'approccio seguito ha permesso di mantenere costante il passo di campionamento di 3 cm per l'intero intervallo carotato. ufficialmente.

Si fa presente che gli intervalli di carota non campionati prelevati nei giorni 14 e 15 luglio 2008 sono relative alle aree apparentemente più inquinate. Rimane chiaro che tali sedimenti non utili a fini processuali (a causa dell'assenza di sigilli ufficiali) potrebbero essere utilizzati per ulteriori indagini e/o verifiche interne.

Si dichiara infine, che il personale dell'ISMAR-CNR di Bologna ha prelevato campioni di sedimento, negli intervalli non campionati, dalle carote prelevate con sistema a vibrazione.

4. Report fotografico di alcune carote prelevate in data 14-18 luglio 2008



Carota AU-CNR-09(1)



Carota AU-CNR-08(1) e (2)



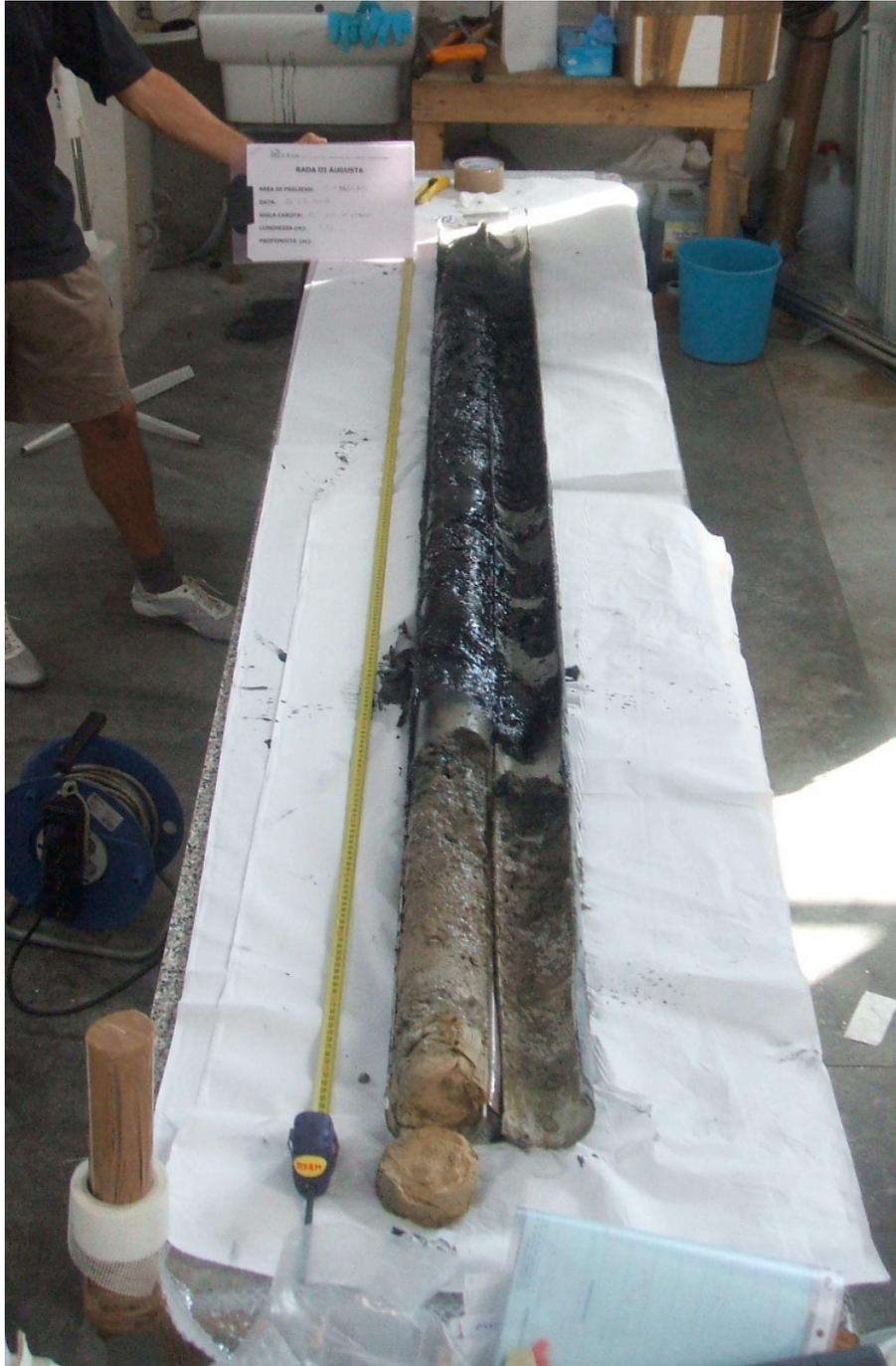
Carota AU- 09 Vibro



Carota AU- 09 Vibro- parte superiore.



Carote AU-CNR-10 (3,4)



Carota AU- 10 Vibro3



Carota AU- 10 Vibro3 (Dettaglio parte superiore)



Carota AU-CNR-3 (3); Carota AU-CNR-07 (2); Carota AU-CNR-3 (2); Carota AU-CNR-3 (1);



Carota AU- 03 Vibro