



Caratterizzazione di un sito industriale dismesso prospiciente la fascia costiera del Golfo di Pozzuoli: il caso di Bagnoli

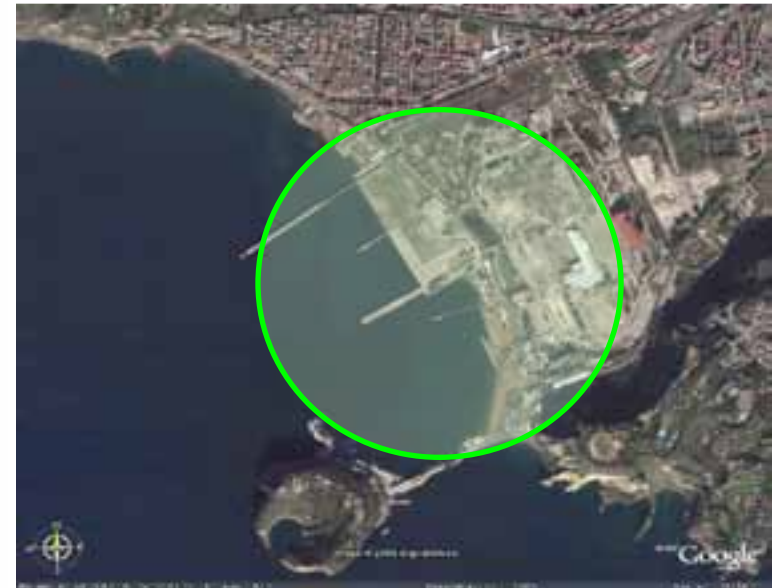
Elena Romano

ISPRA. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Indice

1. Il Sito industriale
2. Il potenziale impatto sull'ambiente marino
3. L'area marina di Bagnoli
4. Il SIN Coroglio-Bagnoli (L. 388/00)
5. Strategia di caratterizzazione
6. Valutazione ambientale dell'area marina – i sedimenti
7. Gli arenili – necessità di un'integrazione
8. Valutazione dell'area marina – gli organismi
9. Conclusioni

1. Il sito industriale



1. Il sito industriale – la storia

1905 Inizio attività dell'acciaiera (Ilva)

1930 Costruzione di pontili carico/scarico merci

1935 Collegamento artificiale tra Nisida e terraferma

1943-46 Temporanea interruzione periodo bellico

1962-64 Realizzazione di una colmata a mare per ampliare gli spazi in un periodo di elevata produzione

1990 Dismissione impianto per crisi internazionale mercato dell'acciaio

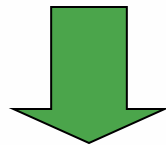
1999 Ministero dell'Ambiente e Commissario di Governo per la Regione Campania affidano ad ICRAM l'incarico per le indagini di caratterizzazione del sito

2000 l'area viene inclusa come sito di bonifica di Interesse Nazionale



2. Il potenziale impatto sull'ambiente marino

- la realizzazione dei pontili e del collegamento artificiale tra Nisida e la terraferma ha alterato in maniera significativa la circolazione e di conseguenza le caratteristiche sedimentologiche e morfologiche dell'area;
- le attività di carico/scarico delle merci hanno determinato una significativa variazione della batimetria e della morfologia dei fondali in prossimità dei pontili;
- la realizzazione di un'area di colmata a diretto contatto con il mare con materiale di scarto dell'impianto siderurgico, oltre a variare sensibilmente la configurazione della linea di costa, determina una potenziale contaminazione dell'area marina



Potenziale contaminazione da metalli pesanti, con particolare attenzione a quelli strettamente legati alle materie grezze utilizzate



3. L'area marina di Bagnoli

3.1. Inquadramento dell'area

Geologia

Appartiene al sistema vulcanico dei Campi Flegrei. Il Golfo di Pozzuoli si è formato per collasso di una caldera; costituito da 4 unità morfostrutturali principali: piattaforma costiera, banchi sottomarini di antichi edifici vulcanici, depressione centrale, piattaforma esterna

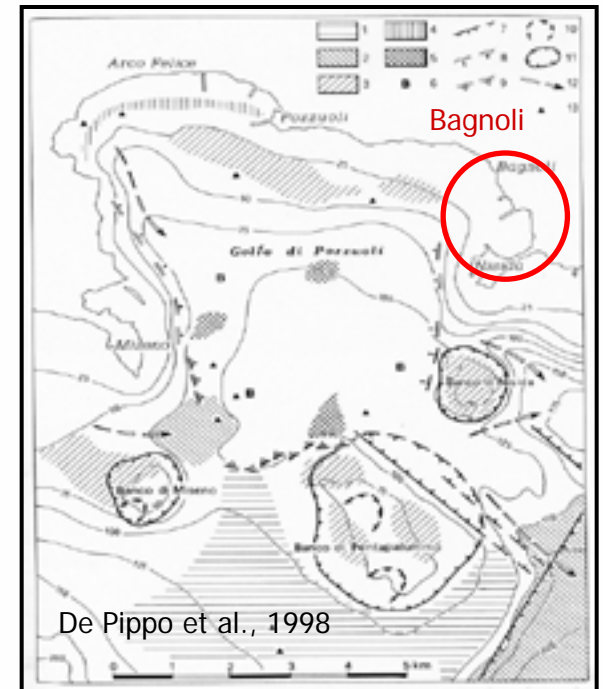


3. L'area marina di Bagnoli

3.1. Inquadramento dell'area

Sedimentologia

Fondali con sedimenti sabbiosi medio-grossolani nella fascia costiera, più fini all'aumentare della profondità. Granuli di natura vulcanica con forte presenza di pomici ed un elevato tasso di sedimentazione (0.4 cm/anno)

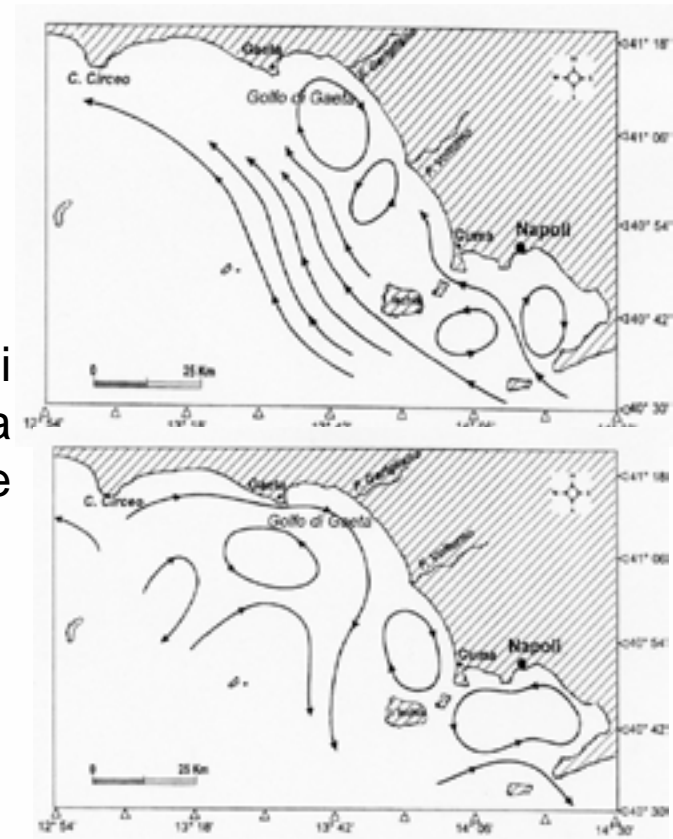


3. L'area marina di Bagnoli

3.1. Inquadramento dell'area

Idrologia

La circolazione costiera risente delle variazioni stagionali ponendo il Golfo di Pozzuoli sotto l'influenza degli apporti fluviali del Volturno e delle acque provenienti dal Porto di Napoli



3. L'area marina di Bagnoli

3.2. Indagini pregresse

Golfo di POZZUOLI

- Contaminazione da metalli lungo tutta la fascia costiera con particolare intensità in prossimità dell'area di Bagnoli

Range di concentrazione

Fe (2.1-48.7%)

Cu (12-200 mg/kg)

Hg (0.1-1.95 mg/kg)

Pb (560-1260 mg/kg)

Zn (73-2300 mg/kg)

- Contaminazione da pesticidi organoclorurati (<0.4-311 ng/g) in prossimità dell'impianto di Bagnoli
- Contaminazione da IPA (1-170 mg/kg) in prossimità di Bacoli

Damiani et al. 1987



Area di BAGNOLI

- Elevato stato di contaminazione da metalli pesanti

Range di concentrazione

As (4-63 mg/kg)

Cd (<0.1-4.8 mg/kg)

Cu (9-95 mg/kg)

Hg (<0.01-1 mg/kg)

Pb (83-675 mg/kg)

Zn (180-1600 mg/kg)

Sharp & Nardi, 1987

3.2. Indagini pregresse

Indagini ICRAM – sett. 1999

Indagati gli arenili adiacenti l'impianto e i fondali antistanti con **prelievo di sedimenti** superficiali e subsuperficiali (carotaggi) su cui sono stati determinati:

- Granulometria,
- Azoto, fosforo, sost. organica
- Idrocarburi totali
- Policlorobifenili (PCB)
- Tributilstagno (TBT)
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA),
- Metalli (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn)
- Diossine
- Amianto
- Microbiologia
- Saggi biologici (Microtox, *C. orientale*)
- Bioaccumulo mitili



3.2. Indagini pregresse – i risultati

Gli arenili

- Concentrazione elevata di metalli in quasi tutti i campioni analizzati: **Pb** (100-443 mg/kg), **Zn** (127-1765 mg/kg), **Mn** (800-4818 mg/kg); **Cu** (117-664 mg/kg) nel litorale di Coroglio (Baia di Nisida)
- Forte contaminazione da **IPA** nel settore Nord anche in livelli profondi (135 mg/kg)
- Amianto assente

I fondali

- Concentrazioni elevate per metalli più elevate davanti la colmata: **Fe** (3-60%), **Hg** (<0.01-9.27 mg/kg), **Pb** (50-660 mg/kg), **Zn** (90-2834 mg/kg)
- Elevata concentrazione di **Cu** (2.5-110 mg/kg) nella baia di Nisida
- Elevata presenza di **As** (31-157 mg/kg) per potenziali sorgenti idrotermali nell'area
- Forte contaminazione da **IPA** anche nei livelli profondi
- Valori di aree a moderato impatto antropico per **PCB** (4-100 ng/g), **diossine** (1,5-9 pg/g) e **TBT** (3-7 ng Sn/g)
- **Saggi ecotossicologici** evidenziano tossicità medio-alta sull'elutriato, individuando presenza di miscele complesse di inquinanti a carattere prevalentemente idrofilo
- **Bioaccumulo sui mitili** evidenzia moderata concentrazione di IPA, PCB, metalli

3.2. Indagini pregresse

Indagini ICRAM – 2000/2001

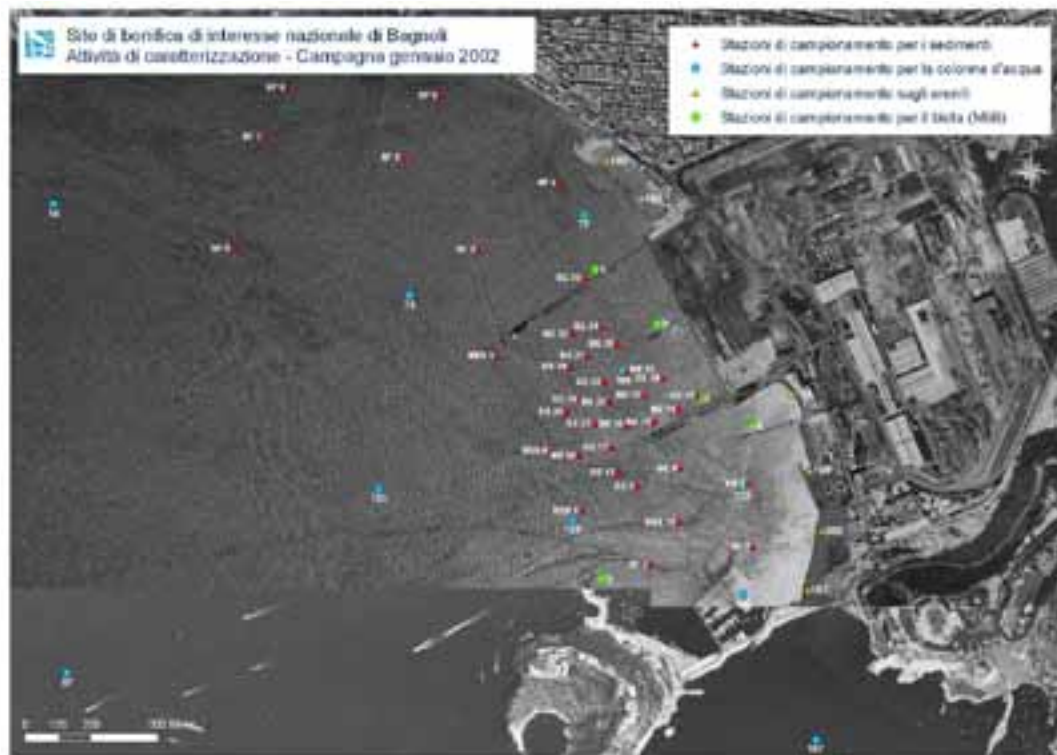
Integrazione della caratterizzazione nell'area marina antistante la colmata e il settore adiacente con il **prelievo di sedimenti** superficiali e subsuperficiali (carotaggi) su cui sono stati determinati:

Granulometria, IPA, PCB, Metalli (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn), saggi (Microtox, C. orientale)

E' stata inoltre caratterizzata la **colonna d'acqua**:

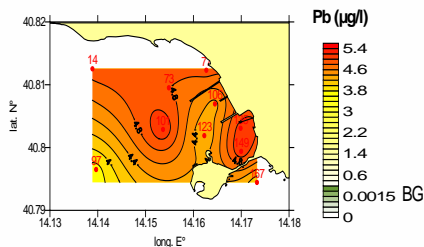
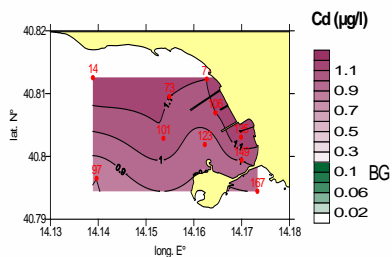
- Profili CTD (salinità, temperatura, densità, ossigeno disciolto, clorofilla, pH, torbidità)
- Analisi: Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), metalli in tracce, Policlorobifenili (PCB)

Indagati anche gli **organismi marini** (mitili) con il bioaccumulo (metalli, IPA, PCB)

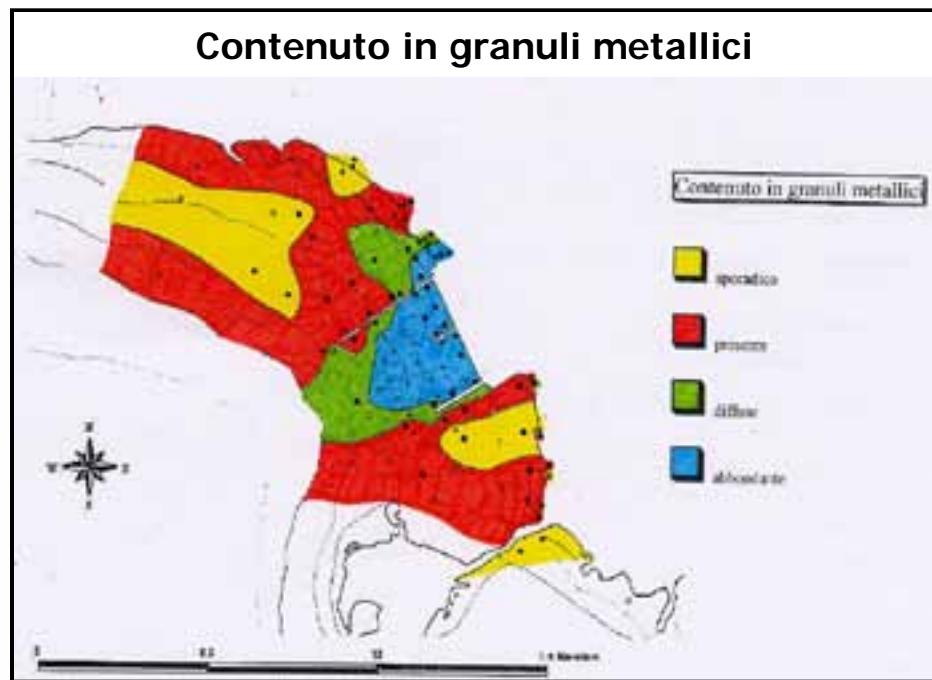
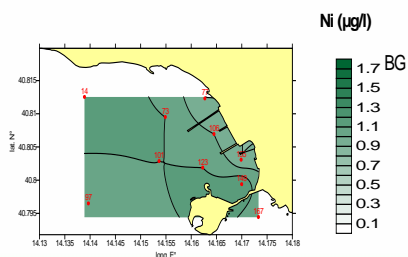
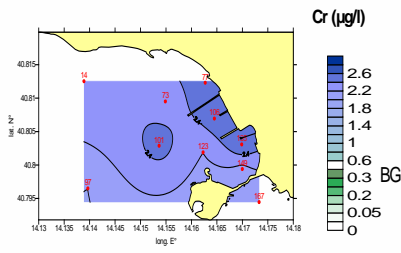
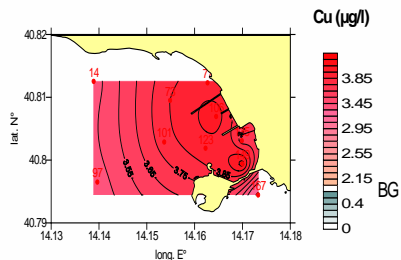
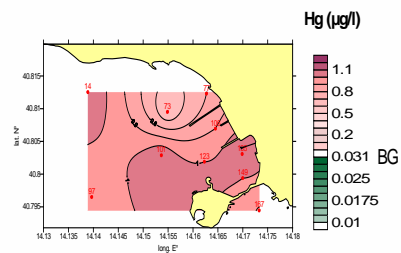


3.2. Indagini pregresse – i risultati

I contaminanti in colonna d'acqua sembrano indipendenti dalla profondità ma tendono a diminuire costa-largo. Il trend indica : $Pb > Cu > Cr > Ni > Cd > Hg$



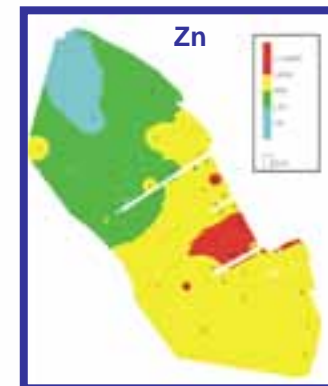
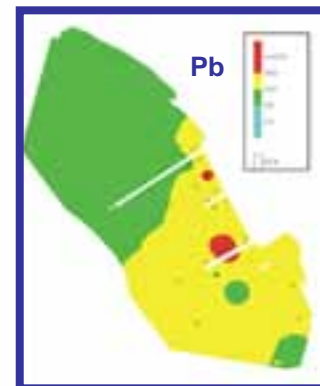
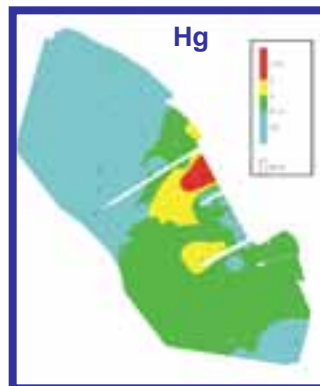
I sedimenti hanno evidenziato una forte alterazione del fondale marino a causa probabilmente delle attività legate al sito industriale.



3.2. Indagini pregresse – i risultati

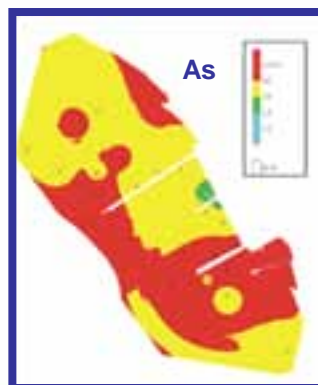
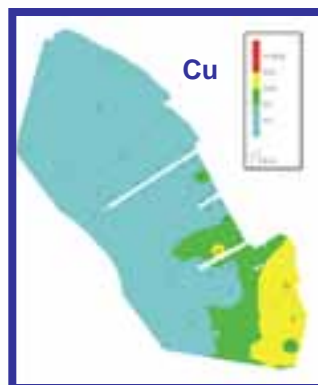
Contaminazione nell'area marina antistante la colmata

- metalli ed elementi in tracce (**As, Cu, Hg, Pb, Zn**)
- Idrocarburi Policiclici Aromatici

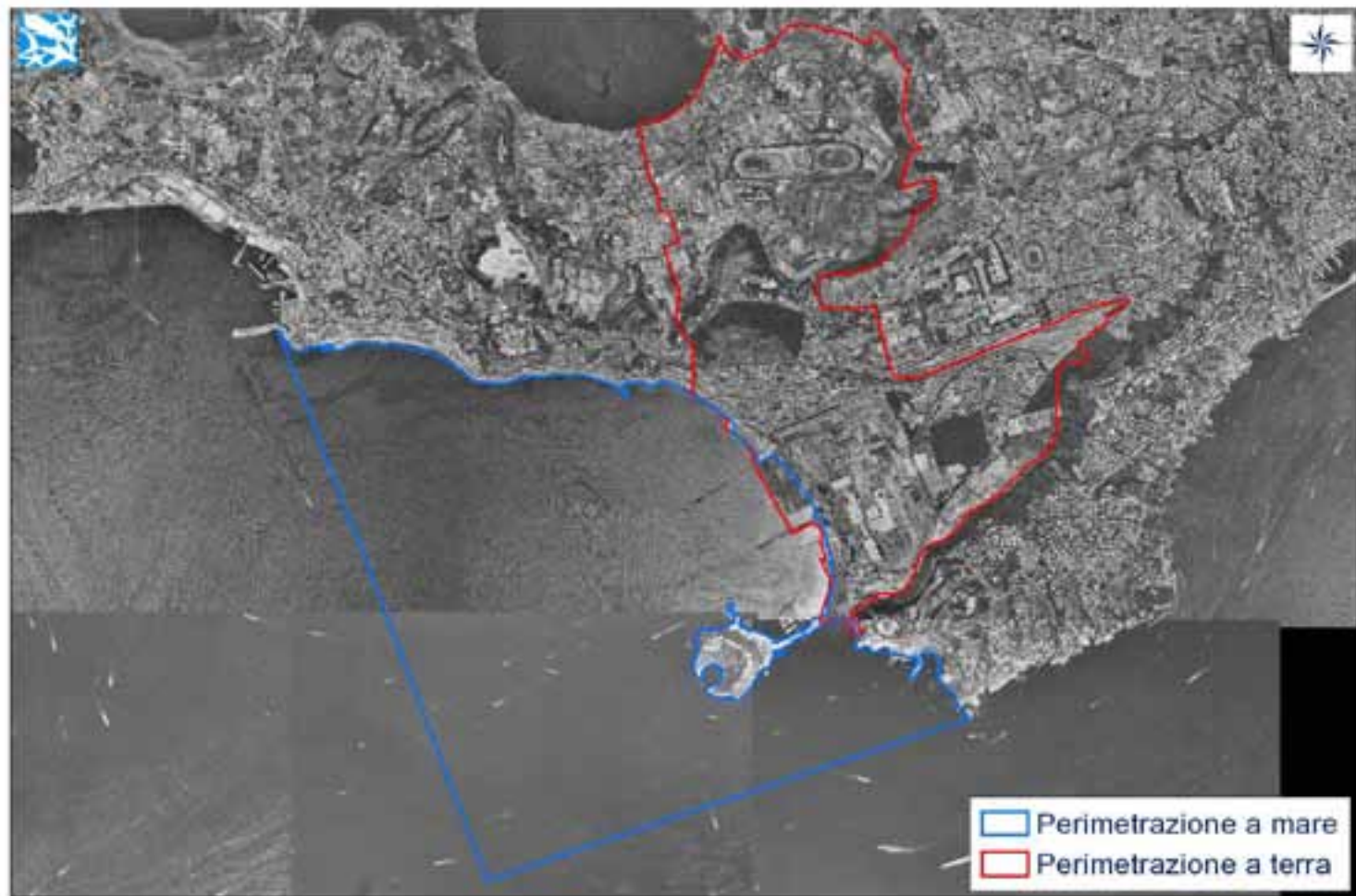


Sono state individuate tre aree con differenti tipologia e grado di inquinamento:

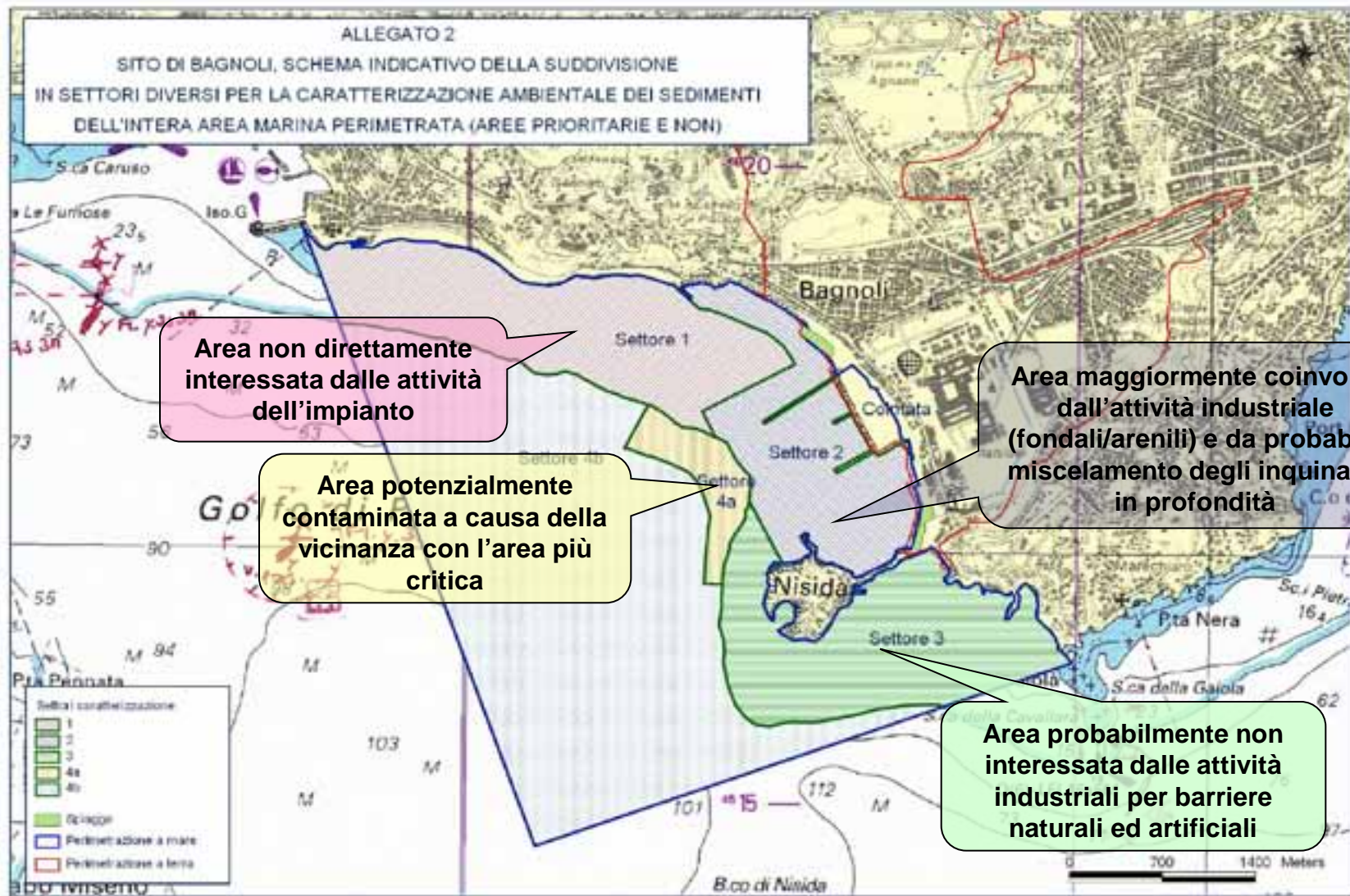
- Area marina antistante l'impianto, dove si riscontra il livello di contaminazione più intenso, dovuto principalmente a **Pb** e **Zn** e, secondariamente, a **Cu, Mn, Ni**
- Settore meridionale contaminato da **Cu, Pb** e **Zn**
- Settore settentrionale contaminato da **Fe**



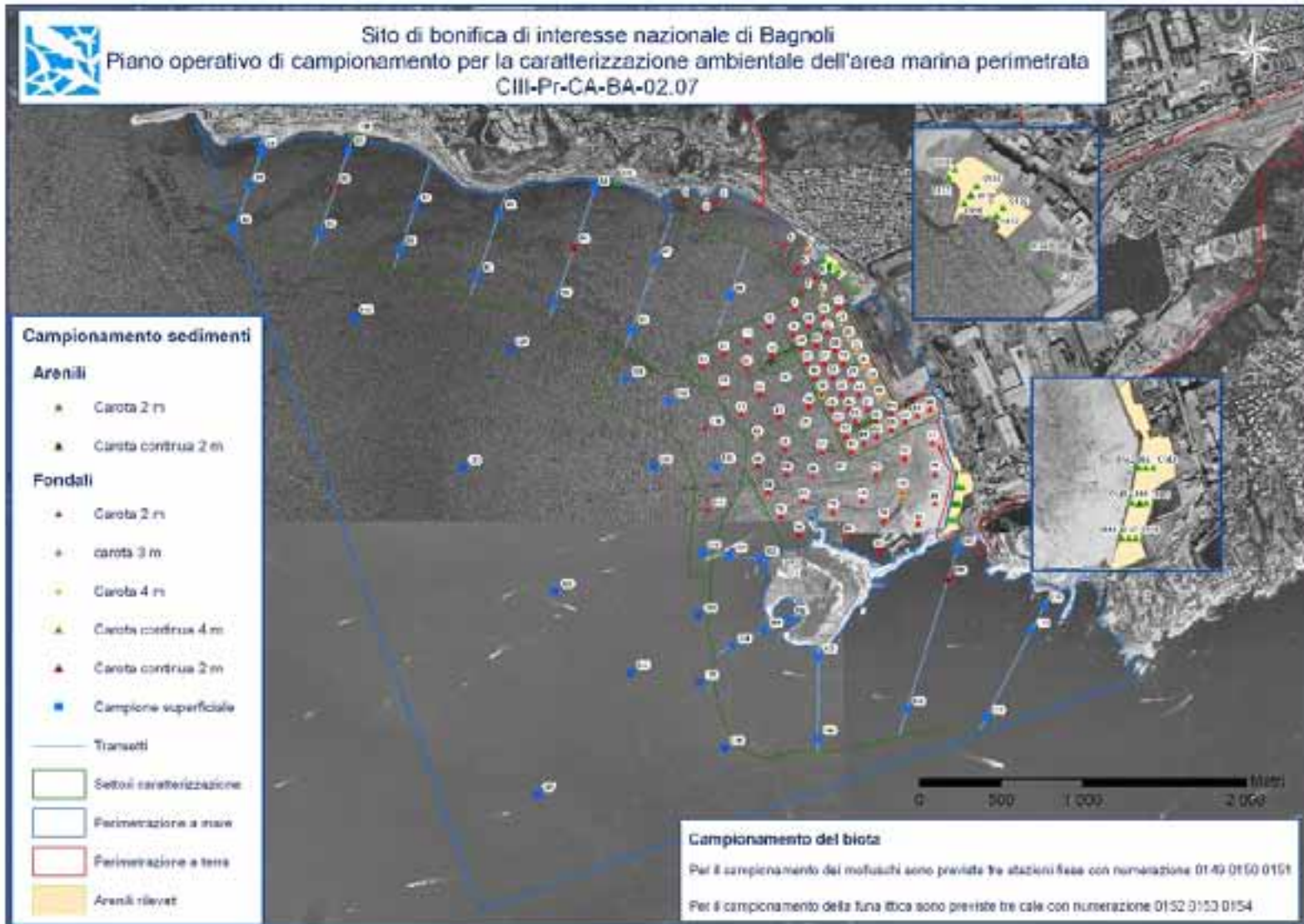
4. Il SIN Coroglio-Bagnoli (L. 388/00)



5. Strategia di caratterizzazione



5. Strategia di caratterizzazione



5. Strategia di caratterizzazione

SCHEMA GENERALE DEL CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI	FONDALI (per settori)					SPIAGGIA EMERSA (per settori)		
	1	2	3	4a	4b	1	2	3
n. transetti	7	-	5	-	-	2	6	-
Interasse transetti (m)	~500	-	~500	-	-	~1500	100	-
n. teorico maglie previste (150x150 m)	-	83	-	-	-	-	-	-
n. totale carote	2	83	1	2	-	2	18	-
n. carote da 2 m	2	70	1	2	-	2	18	-
n. carote da 3 m	-	3	-	-	-	-	-	-
n. carote da 4 m	-	10	-	-	-	-	-	-
n. carote da analizzare con > dettaglio	1	2	1	-	-	-	2	-
N. CAMPIONI SUPERFICIALI	14	-	12	4	10	-	-	-
n. totale livelli da prelevare (*)	24	438	17	24		8	72	-
n. totale livelli da analizzare(*)	24	332	17	22		6	54	-
n. totale livelli da conservare(*)	0	106	0	2		2	18	-
n. totale dei livelli da prelevare(*)						583		
n. totale dei livelli da analizzare(*)						415		
n. totale dei livelli da conservare(*)						168		

5. Strategia di caratterizzazione

Schema completo del campionamento degli organismi per le prove di bioaccumulo	Bivalvi	Organismi necto-bentonici
n. totale di stazioni	3	-
n. organismi da prelevare per stazione	30	-
n. cale per la pesca	-	3
n. organismi da prelevare per specie per ogni cala	-	30
n. totale di organismi da prelevare per cala	-	90
n. totale di organismi	90	270

5. Strategia di caratterizzazione

SU TUTTI I CAMPIONI DI SEDIMENTO DA ANALIZZARE:

- Granulometria,
- Contenuto d'acqua, peso specifico
- pH, potenziale redox
- Concentrazioni di:
 - Metalli pesanti (Al, As, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Fe, Hg, Ni, Pb, V, Zn)
 - Policlorobifenili (PCB)
 - Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)
 - Idrocarburi (<C12), Idrocarburi (>C12)
 - Carbonio organico (TOC)

SU UNA PERCENTUALE DI CAMPIONI DI SEDIMENTO:

- Organostannici (TBT)
- Diossine e furani
- Amianto
- Microbiologia

6. La valutazione ambientale dell'area marina

Valutazione ambientale

- Valori d'intervento

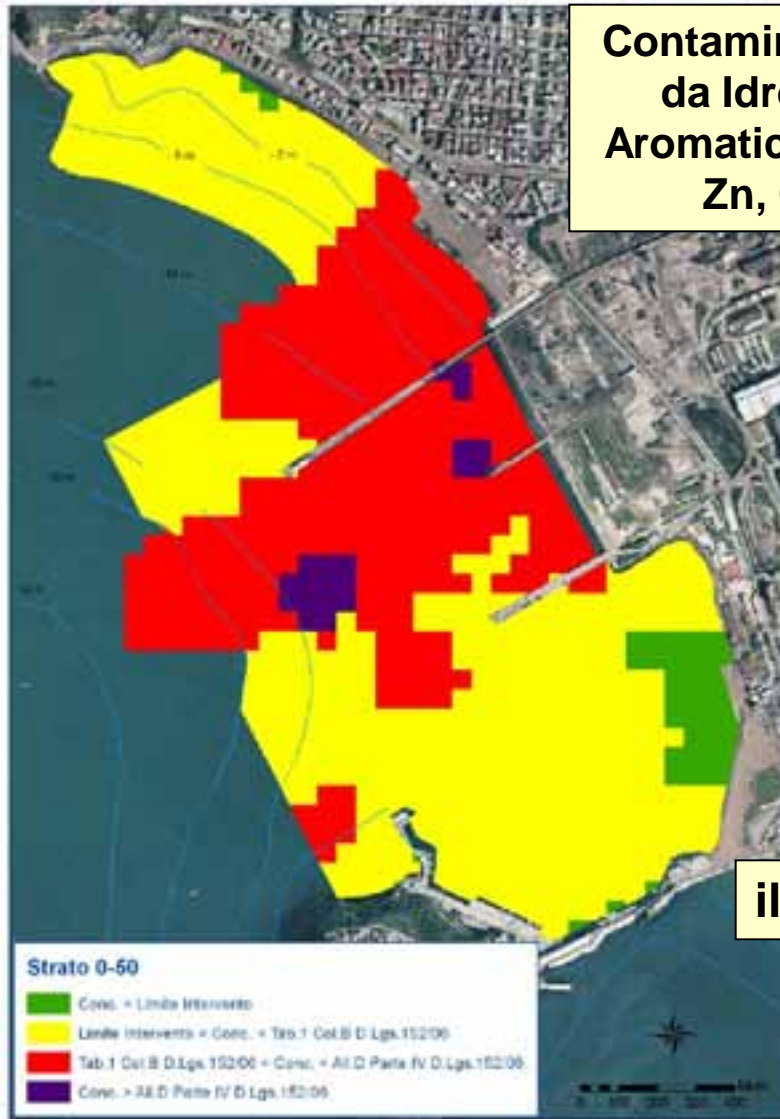
Gestione del sedimento

- valore limite della colonna B della tab. 1 dell'All. 5 al Titolo V alla Parte Quarta del D. Lgs. 152/06;
- valore limite per la classificazione delle sostanze pericolose, in linea con l'Allegato D del D. Lgs. 152/06 Parte IV – Titolo I e II, come indicato dall'art. 1 comma 996 della Legge n. 296 del 27 dicembre 2006

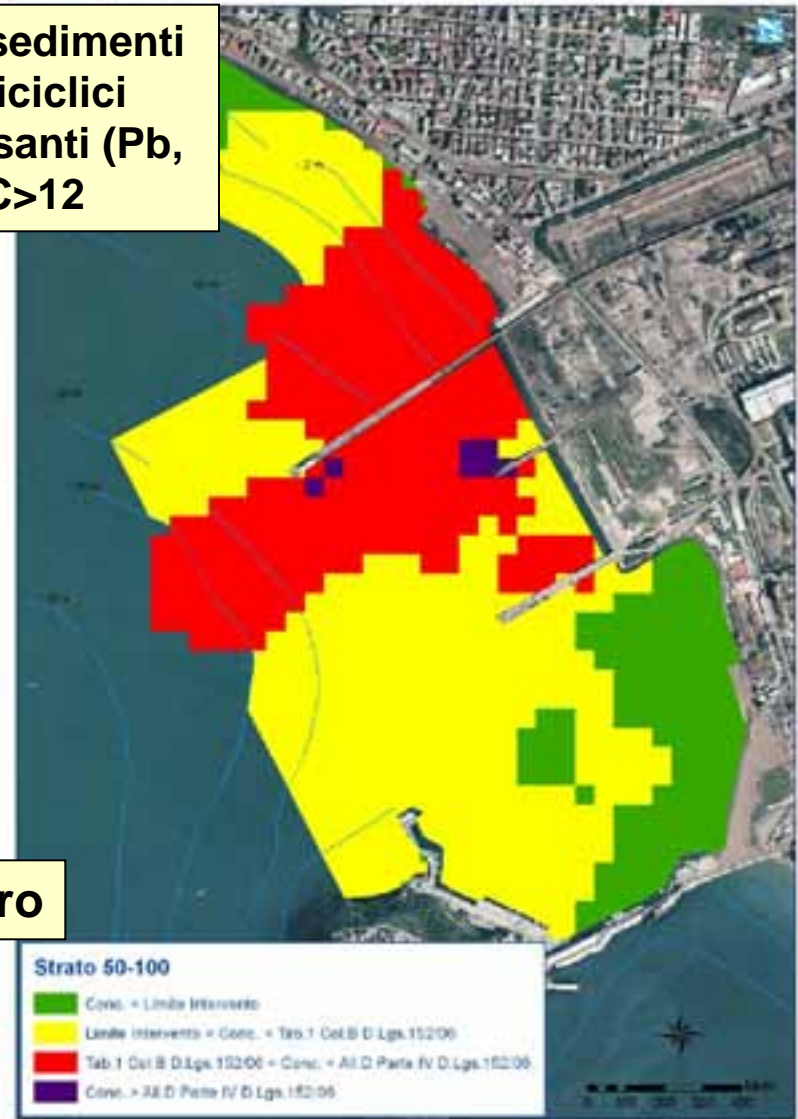
Parametri	Unità misura	Valori intervento	D.M. 471/99 Col. A	D.M. 471/99 Col. B
Arsenico	mg/kg	50	10	30
Cadmio	mg/kg	1	2	15
Cromo totale	mg/kg	160	150	800
Mercurio	mg/kg	0.7	1	5
Nichel	mg/kg	60	120	500
Piombo	mg/kg	160	100	1000
Rame	mg/kg	65	120	600
Zinco	mg/kg	300	150	1500
Organostannici	mg/kg	70		
IPA	mg/kg	4	10	100
PCB totali	mg/kg	0,19	0,06	5

6. Valutazione complessiva dell'area marina

Contaminazione dei sedimenti
da Idrocarburi Policiclici
Aromatici, metalli pesanti (Pb,
Zn, Cu e Cd) e IC>12



il primo metro



6. Valutazione complessiva dell'area marina



il secondo metro



6. Valutazione dell'area marina – gli arenili



7. Gli arenili – necessità di un'integrazione

Indagini geofisiche finalizzate all'identificazione degli spessori e delle estensioni di sedimento di spiaggia coinvolto dalla contaminazione:

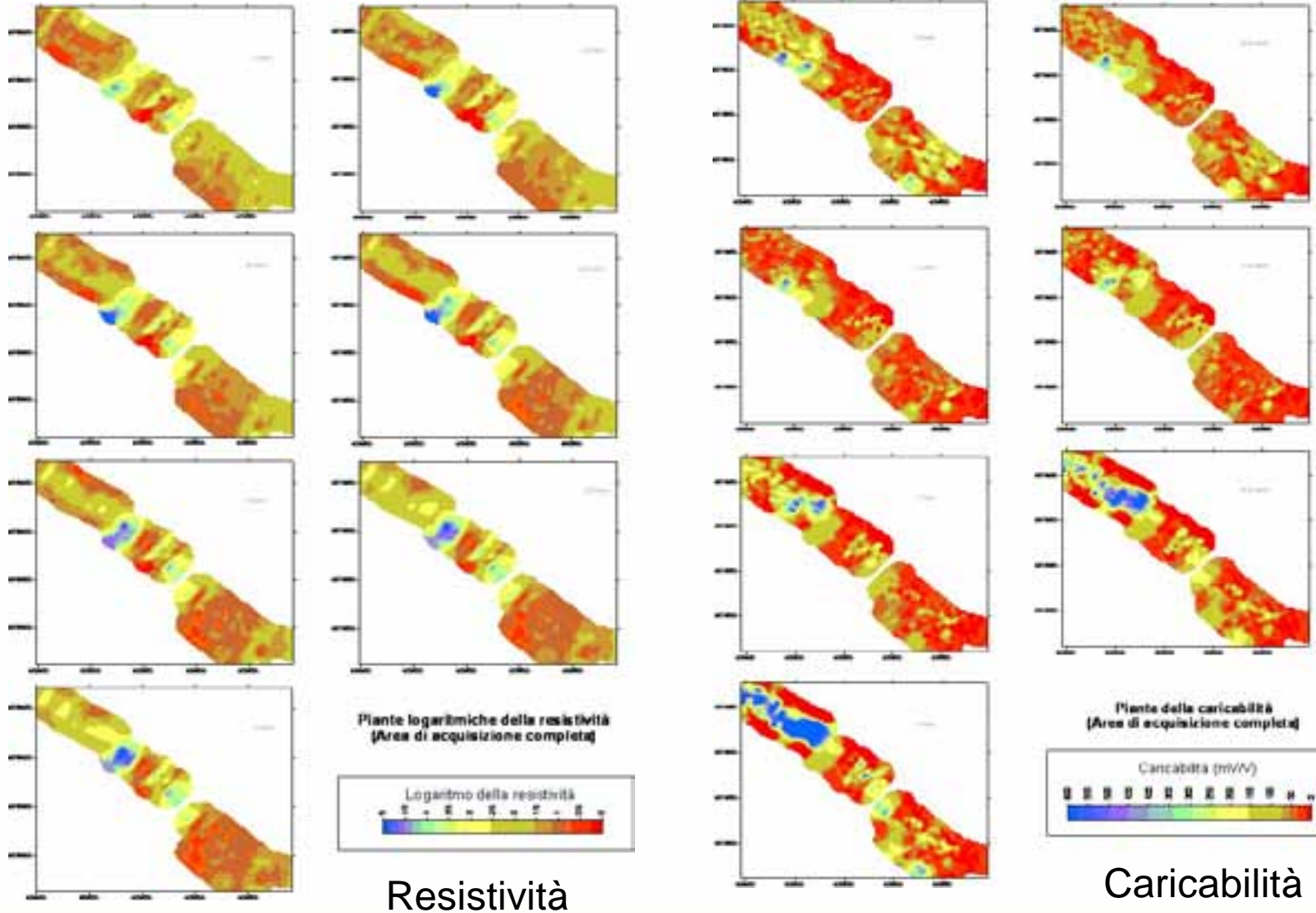
- prove geoelettriche con misure di resistività,
- prove geoelettriche con misure di caricabilità,
- prove sismiche a rifrazione

Confermate da carotaggi profondi (da 6 a 20 m) su cui eseguire analisi granulometriche e chimiche (IPA e metalli)

Caratterizzazione di dettaglio con (maglia 25x25 m) finalizzata ad una successiva bonifica su 2 livelli (0-20 cm) e (30-50 cm) su cui eseguire analisi granulometriche e chimiche (IPA)

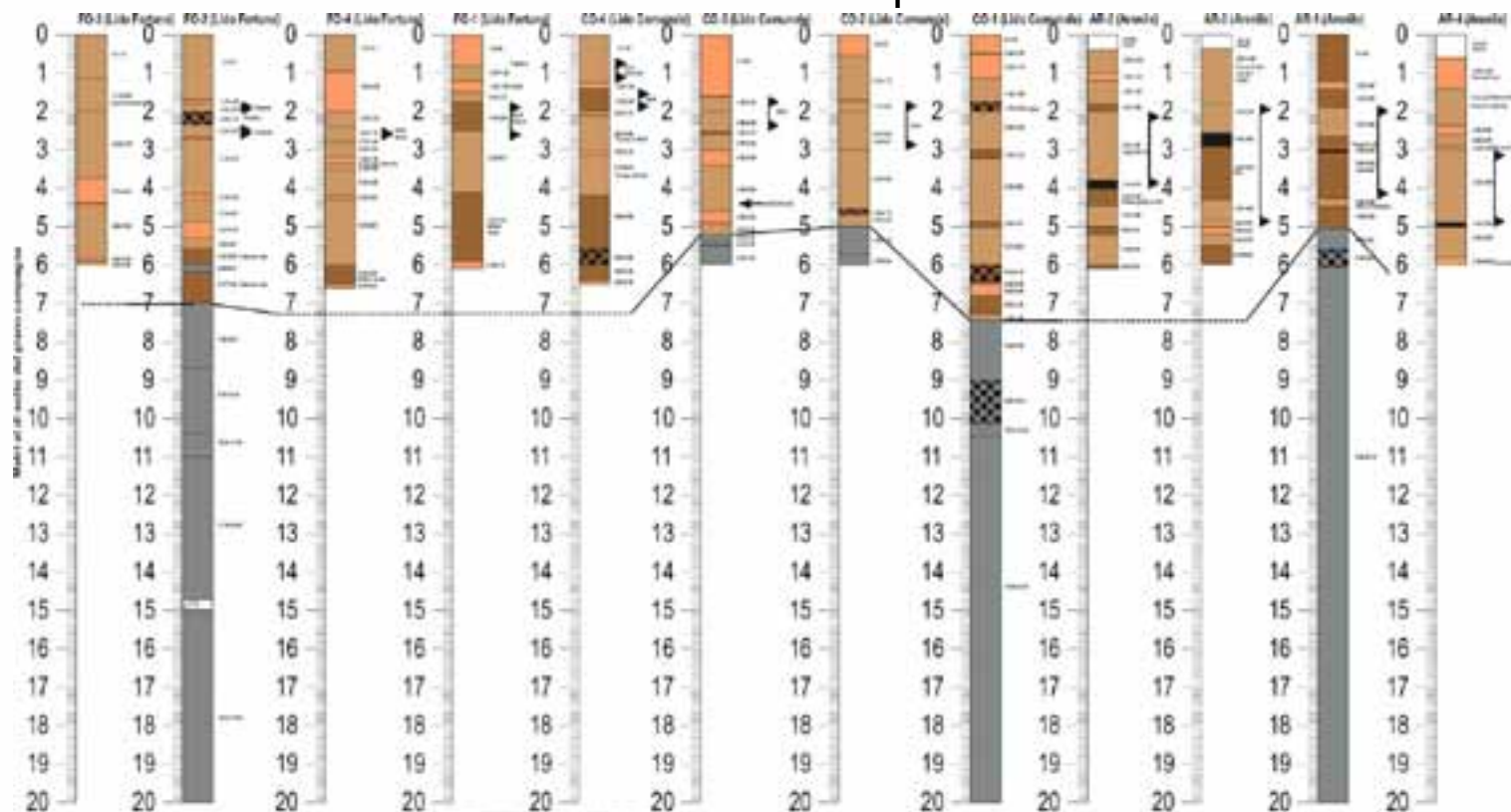


7. Gli arenili – necessità di un'integrazione



7. Gli arenili – necessità di un'integrazione

Evidenziati, a profondità variabile nelle carote, tracce di “idrocarburi” sotto forma di addensato e/o liquida



Descrizione litologica dei sedimenti rinvenuti nei carotaggi effettuati nelle aree: Lido Fortuna (FO), Lido Comunale (CO) e Arenile (AR)



Legenda

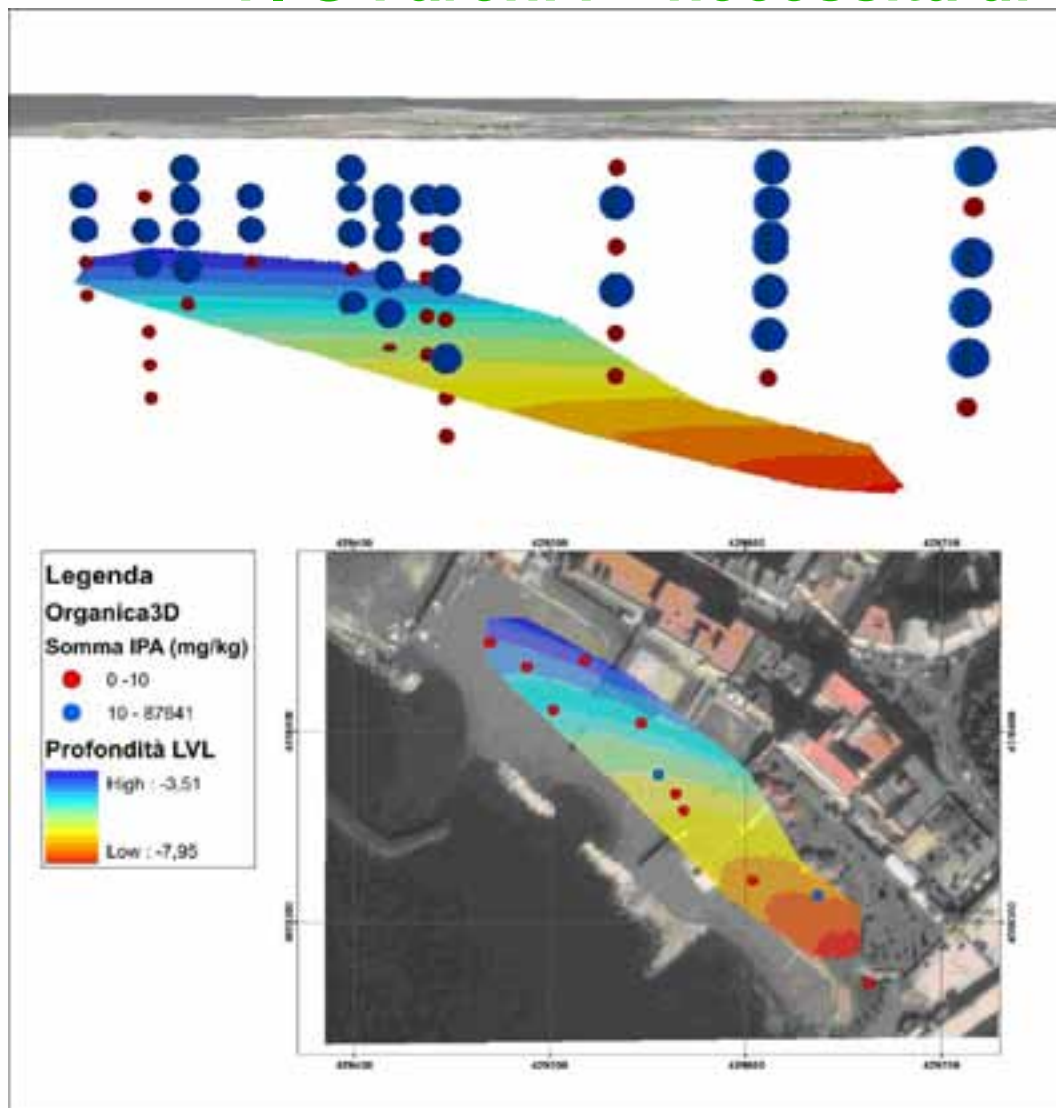
- Sabbia fine
- Sabbia media e medio-fine
- Sabbia grossolana e medio-grossolana
- Ghiaia
- Piroclastiti incoerenti grigio-verdi
- Ghiaia

- pomici
- Livello nero
- Suolo
- Presenza di Olio o di Catrame

7. Gli arenili – necessità di un'integrazione



7. Gli arenili – necessità di un'integrazione



La profondità dello strato di “idrocarburi” va rastremandosi dall’Arenile (a Est), dove si attesta tra 2 e 5 m verso il Lido Fortuna (a Ovest) dove si ritrova intorno ad una profondità di 2 m dal piano campagna con spessori significativi (2-3 m) nell’area dell’Arenile

7. Gli arenili – necessità di un'integrazione



Le analisi chimiche evidenziano una concentrazione elevata di IPA. La situazione più preoccupante emerge nell'area centrale degli arenili. All'interno di quest'area si concentrano, infatti, la quasi totalità dei campioni con superamenti del valore limite presente in colonna B della tabella 1, All. 1, del D.M. 471/99.

8. La valutazione dell'area marina – gli organismi



Stazione	Area	Specie	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg
149	Controllo	<i>Mytilus sp.</i>	0.050	1.983	0.481
150	Pontile nord	<i>Mytilus sp.</i>	0.075	5.476	0.489
151	Pontile sud	<i>Mytilus sp.</i>	0.127	8.778	0.520

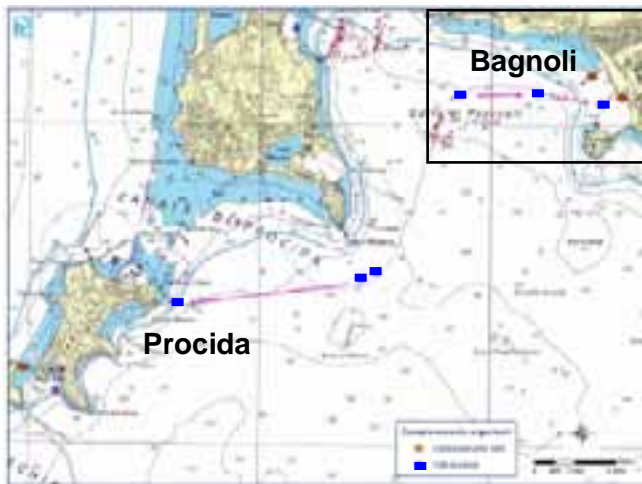


Stazione	Area	Specie	IPA totali mg/kg	IPA cancerogeni mg/kg
149	Controllo	<i>Mytilus sp.</i>	940.96	67.25
150	Pontile nord	<i>Mytilus sp.</i>	7095.68	2112.60
151	Pontile sud	<i>Mytilus sp.</i>	3485.65	1443.35

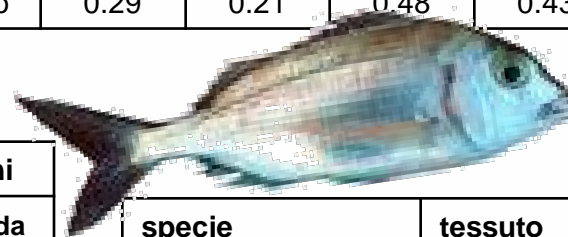
Stazione	Area	Specie	PCB mg/kg
149	Controllo	<i>Mytilus sp.</i>	8.18
150	Pontile nord	<i>Mytilus sp.</i>	26.10
151	Pontile sud	<i>Mytilus sp.</i>	50.77

**Elevata biodisponibilità di Pb, IPA e PCB in
prossimità dell'area industriale**

8. La valutazione dell'area marina – gli organismi



Specie	tessuto	Hg (mg/kg)		Pb (mg/kg)		Cd (mg/kg)	
		Bagnoli	Procida	Bagnoli	Procida	Bagnoli	Procida
<i>Diplodus anularis</i>	fegato	1.47	1.40	5.45	5.22	0.56	0.52
	muscolo	0.76	0.80	0.76	0.71	0.01	0.01
<i>Pagellus erithrinus</i>	fegato	0.45	0.28	9.49	5.63	0.40	0.36
	muscolo	0.41	0.16	0.39	0.27	0.01	0.01
<i>Mullus barbatus</i>	fegato	0.43	0.26	5.04	4.08	0.21	0.23
	muscolo	0.29	0.21	0.48	0.43	0.03	0.02



Specie	tessuto	IPA (mg/kg)		IPA cancerogeni	
		Bagnoli	Procida	Bagnoli	Procida
<i>Diplodus anularis</i>	fegato	332.04	251.45	12.41	11.63
	muscolo	171.44	162.63	28.73	17.05
<i>Pagellus erithrinus</i>	fegato	527.29	272.96	85.95	30.68
	muscolo	220.74	160.74	33.23	18.12
<i>Mullus barbatus</i>	fegato	470.08	480.67	12.43	13.79
	muscolo	420.81	318.33	122.85	25.76

specie	tessuto	PCB (mg/kg)	
		Bagnoli	Procida
<i>Diplodus anularis</i>	fegato	135.63	191.05
	muscolo	89.01	114.92
<i>Pagellus erithrinus</i>	fegato	162.74	133.07
	muscolo	139.69	89.56
<i>Mullus barbatus</i>	fegato	94.05	74.39
	muscolo	140.98	122.49

Biodisponibilità di Hg Pb e IPA in
prossimità dell'area industriale

9. Conclusioni

E' stata una delle prime aree marino-costiere fortemente compromesse su cui è stata sperimentata la validità della strategia di caratterizzazione adottata poi su tutti gli altri SIN

L'approccio integrato ha consentito una conoscenza più approfondita del sito relativamente alle interazioni esistenti tra il comparto sedimenti e il comparto biotico

Nonostante la grande accuratezza nella definizione delle potenziali sorgenti di contaminazione può accadere di trovarsi di fronte a situazioni di criticità ambientale non prevedibili dal modello concettuale