

# **CONTAMINAZIONE IN AMBIENTE MARINO COSTIERO**

**I SEDIMENTI QUALE MEZZO DI  
MONITORAGGIO AMBIENTALE**

# Perché i sedimenti?

- ☺ **Costituiscono l'habitat essenziale per molti degli organismi acquatici**
- ☹ Sono **“reservoir”** per i contaminanti introdotti a seguito delle innumerevoli attività antropiche
- ⌚ **Hanno la capacità di registrare le variazioni temporali degli apporti dei contaminanti in un determinata area (“effetto memoria”)**
- ☠ Sono potenziali **sorgenti secondarie** di contaminanti in ambiente acquatico che rappresentano un pericolo per la vita acquatica in relazione alla loro potenziale tossicità
- 💣 Sono un **“problema di gestione ambientale”** quando contaminati

## **Contaminazione (Contamination\*)**

La presenza di elevate concentrazioni di sostanze nell'acqua, nei sedimenti e negli organismi.

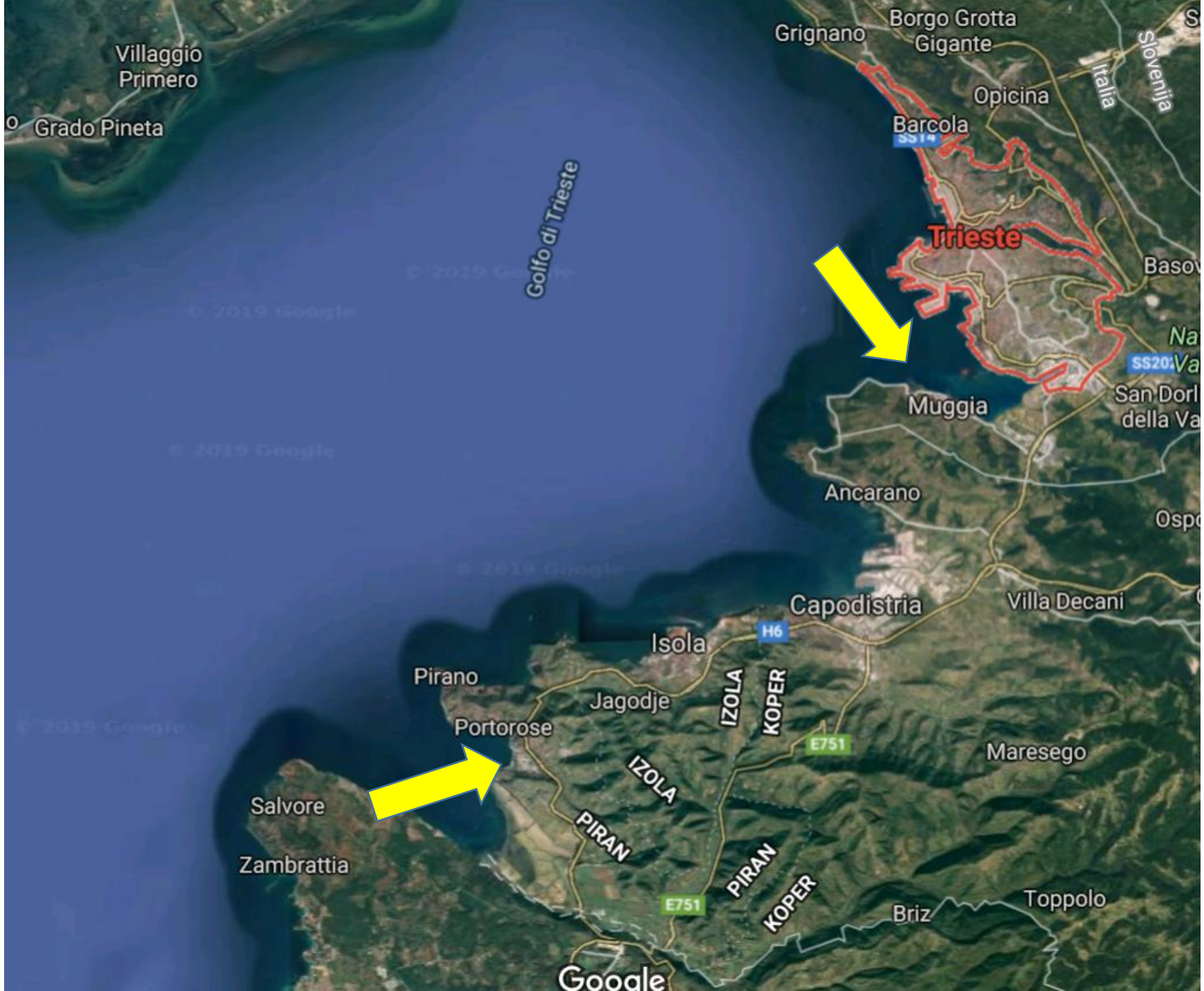
## **Inquinamento (Pollution\*):**

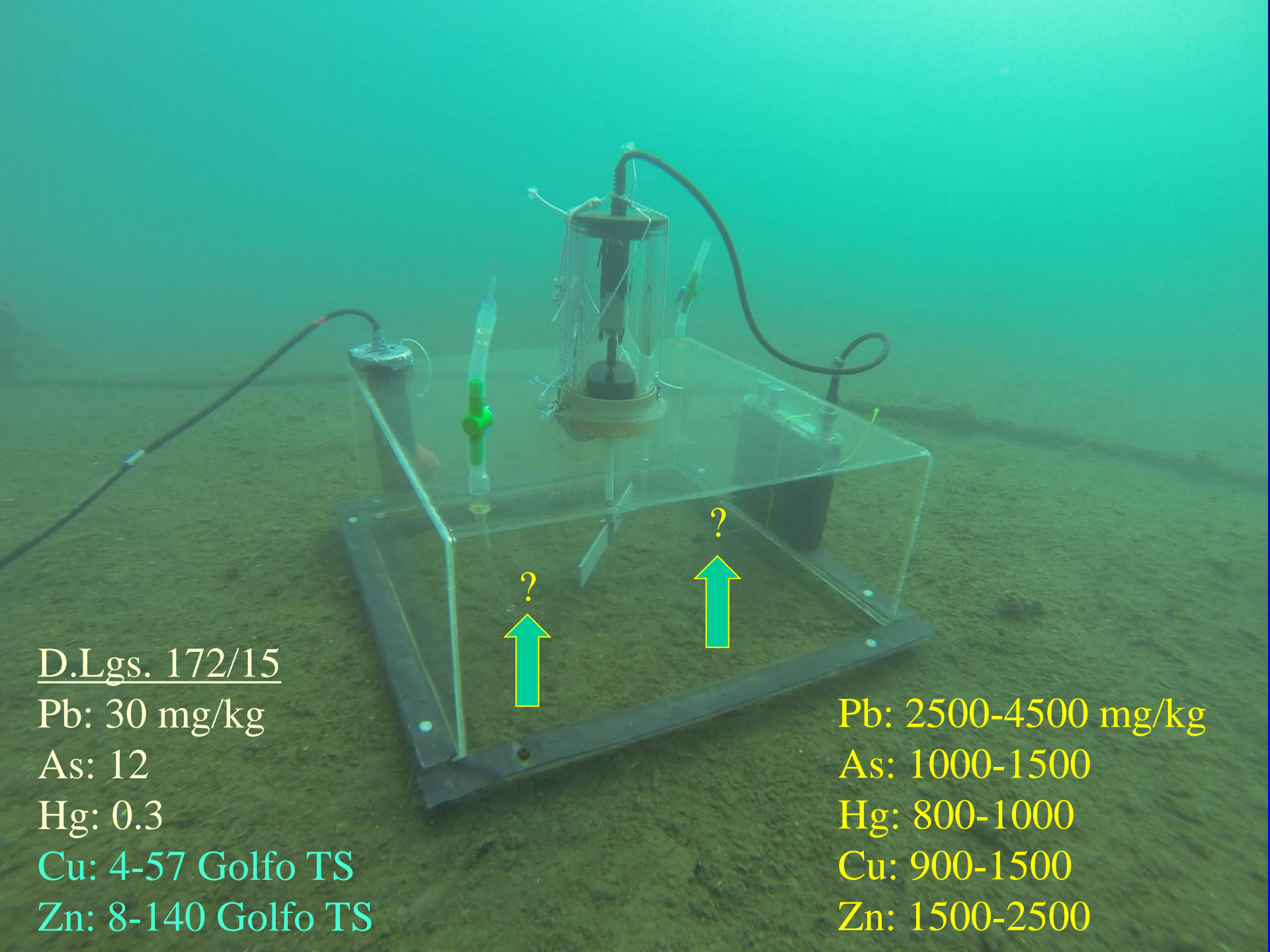
L'introduzione ad opera dell'uomo, diretta o indiretta, di sostanze o energia nell'ambiente marino (inclusi gli ambienti di estuario) con il risultato di provocare effetti deleteri quali danni alle risorse vitali (flora e fauna), pericolo per la salute dell'uomo, ostacolo alle attività marine (pesca, acquacoltura, miticoltura), diminuzione della qualità delle acque e degrado ambientale.

\*definizioni da GESAMP (United Nations Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) e ICES (International Commission for Exploration of the Sea)

**L'inquinamento implica contaminazione ma l'inverso non è necessariamente vero!**







D.Lgs. 172/15

Pb: 30 mg/kg

As: 12

Hg: 0.3

Cu: 4-57 Golfo TS

Zn: 8-140 Golfo TS

Pb: 2500-4500 mg/kg

As: 1000-1500

Hg: 800-1000

Cu: 900-1500

Zn: 1500-2500



D.Lgs. 172/15

Pb: 30 mg/kg

As: 12

Hg: 0.3

Cu: 4-57 Golfo TS

Zn: 8-140 Golfo TS

Pb: 23-25 mg/kg

As: 18-21

Hg: 0.02-0.06

Cu: 200-240

Zn: 150-160

# “Baseline” o “background naturale”

E' necessario definire un valore di riferimento, un valore di concentrazione del contaminante nell'ambiente marino corrispondente al periodo precedente agli *input antropogenici*

Esiste un certo numero di opzioni disponibili riguardo la scelta della baseline per i contaminanti nei **sedimenti**.

E' più difficile la determinazione nelle **acque marine superficiali** e nella **componente biologica** (→ input atmosferici).

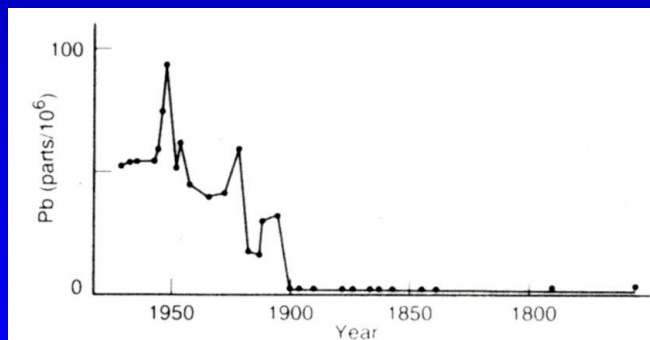


Fig 2 Lead contamination history of sediments in the Bristol Channel. Based on sediment core dated using  $^{210}\text{Pb}$  chronology, with natural lead levels subtracted. (Source: Hamilton and Clifton, 1979.)

**N.B!** per alcuni composti organo sintetici (es.PCB) e radionuclidi artificiali il background naturale (baseline) è zero.

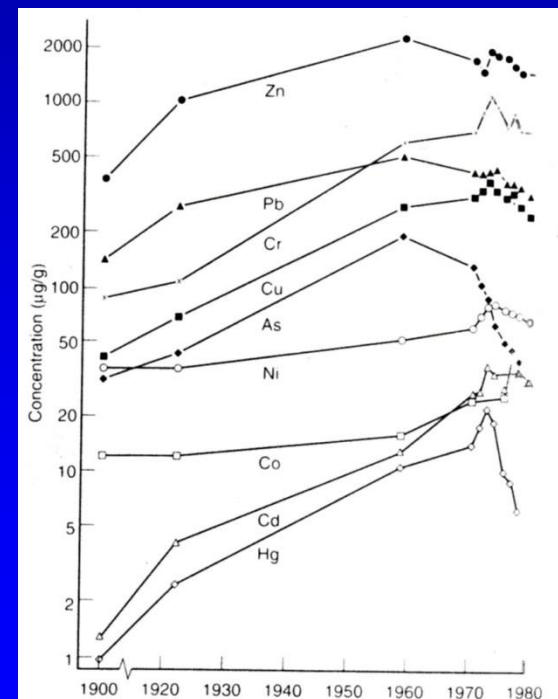


Fig 1 Metal contamination history of the River Rhine, based on analyses of sediments collected by Netherlands Institute for Soil Fertility. (Source: Salomons and de Groot, 1978.)

# SORGENTI DI CONTAMINANTI IN AMBIENTE MARINO

## Fiumi

- apporti al mare sia in forma disciolta e particolata
- l'equilibrio tra fase disciolta e solida può variare al momento del mescolamento fra acque dolci e salate, caratteristica degli estuari o di foci fluviali (assorbimento, precipitazione, rilascio).

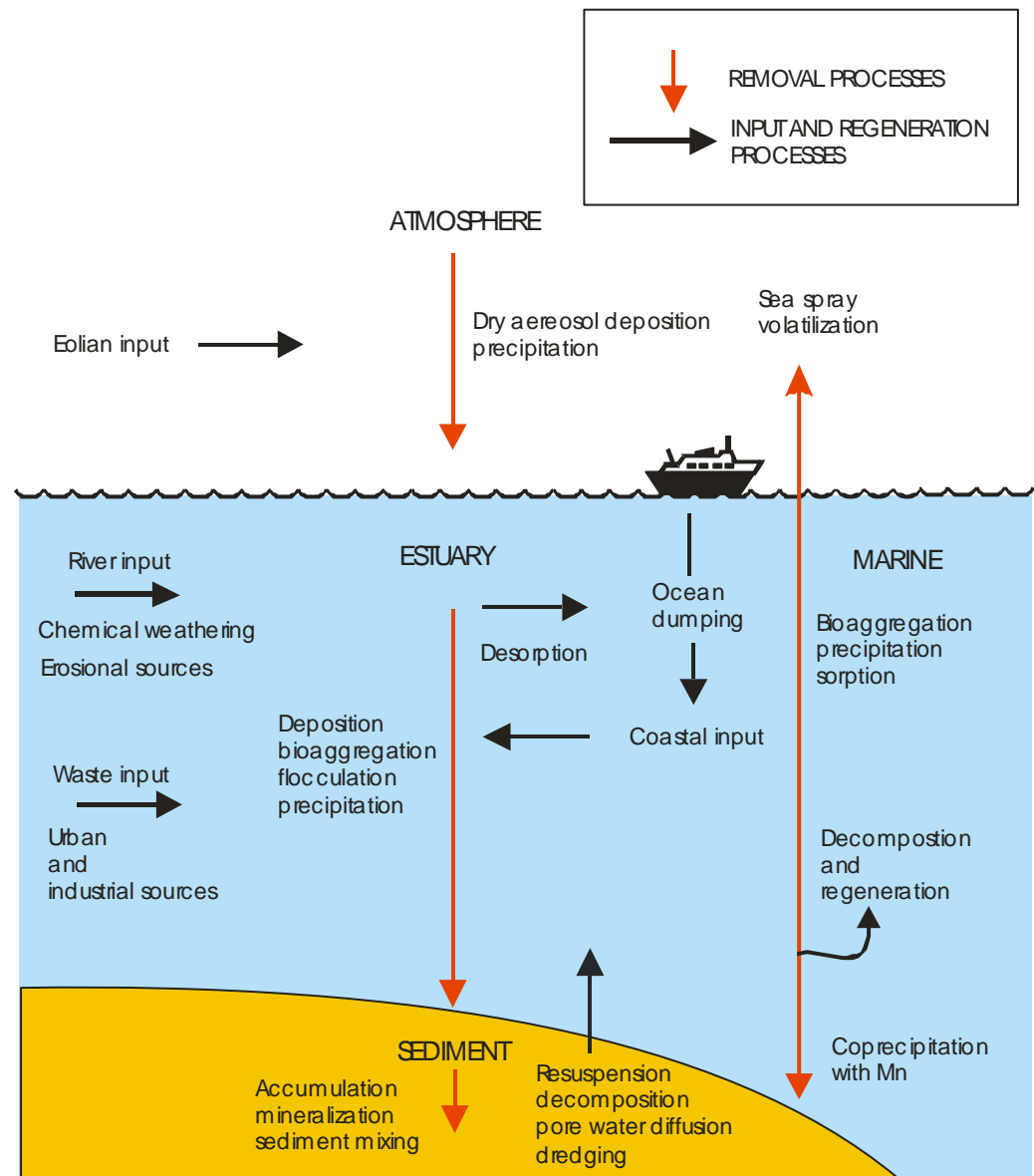
**Atmosfera:** gli input atmosferici possono "bypassare" i complessi processi di rimozione che avvengono negli estuari o nelle foci fluviali in genere, e raggiungere direttamente il mare aperto e le acque oceaniche (deposizione secca o umida).

**Scarichi industriali** (industrial wastes)

**Reflui urbani** (sewage sludge)

**Sversamenti di fanghi di risulta** (dumping)

**Sversamento di materiale dragato** dalle aree portuali o da canali (dredging spoil)



Schematic view of biogeochemical processes in marine and estuarine environments (from Olsen et al., 1982)

# I metalli pesanti nei sedimenti marini: componente litogenica e non litogenica

Metalli in tracce associati alle  
particelle di sedimento

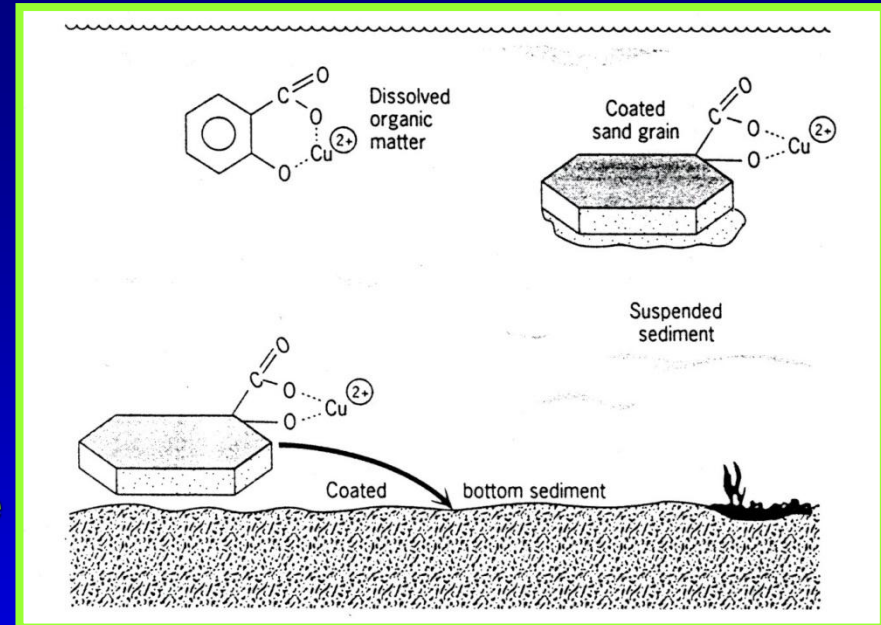


frazione residuale

- reticolo cristallino  
dei minerali

frazione labile

- composti instabili  
termodinamicamente



In quantità ridotte, i metalli pesanti sono presenti nella frazione labile cioè associati agli **ossidi** ed **idrossidi** di **Fe** e **Mn** ed alla **sostanza organica** che funge da “agente complessante”.

I **minerali argillosi** hanno un elevato potere assorbente nei confronti dei metalli in soluzione (“sistemazione reattiva”).

I metalli non sono fissati permanente al sedimento ma possono essere riciclati sia all'interno della sequenza sedimentaria sia, di nuovo, nell'acqua, spesso in conseguenza delle reazioni che avvengono al lato della mineralizzazione della sostanza organica presente nel sistema acquatico

# Contaminazione da metalli pesanti nei sedimenti marino costieri

- Agiscono da trappole per i contaminanti
- Registrano le modificazioni antropiche

## Problematiche

- 1) Scelta della metodologia analitica
- 2) Discriminazione fra concentrazioni naturali e prodotte da episodi di contaminazione



*"Fanghi rossi" al largo del Lido di Venezia*

# Monitoraggio qualità dei sedimenti: esempio di protocollo operativo

- ✓ **Caratterizzazione preliminare dell'area**
- ✓ **Campionamento**
- ✓ **Scelta della metodologia analitica**
  
- ✓ **Discriminazione tra concentrazioni naturali dei metalli pesanti (*background*) e tenori prodotti da input antropogenici.**
- ✓ **Normalizzazione dei dati per correggere *l'effetto granulometria*.**
- ✓ **Quantificazione del livello di contaminazione.**

# Composizione dei sedimenti costieri

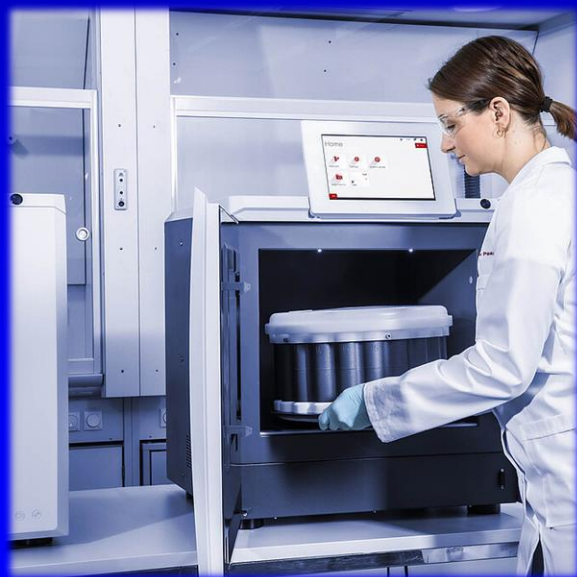
- **componente inorganica preponderante, organica minoritaria (< 10% in peso).**
- **classificazione sulla base della proporzione tra componente fine (silt ed argilla) e grossolana (sabbia), delle caratteristiche chimiche e/o mineralogiche (sedimenti silicei e carbonatici).**
- **I sedimenti sabbiosi sono costituiti per la maggior parte da quarzo, carbonati e feldspati.**
- **Minerali argillosi, sostanza organica e particelle di quarzo, carbonati e feldspati sono le componenti rappresentate nei sedimenti siltoso-argillosi.**



*"pelite idrata alla foce del fiume Piave"*

# Approccio analitico nello studio della contaminazione da metalli pesanti

- Tecnica della **fluorescenza a raggi X (XRF)** anche per i sedimenti così come avviene nell'analisi della composizione geochimica delle rocce
- **Solubilizzazione "per via umida" (attacco acido)** e successiva analisi strumentale con le tecniche della spettrofotometria atomica (AAS, GF-AAS) e, più recentemente, del plasma (ICP-MS, ICP-AES).



**Solubilizzazione parziale:** solo la frazione dell'elemento che sarebbe più facilmente "riciclabile" (*mobile fraction*) in una fase successiva e, eventualmente, assimilabile dalla componente biologica.

**Solubilizzazione completa del sedimento** (concentrazioni totali).

## OPZIONI



**Separazione fisica delle frazioni granulometriche** più fini del sedimento (es.  $<63\mu\text{m}$ ,  $<16\mu\text{m}$ ,  $<2\mu\text{m}$ ), quali maggiori accumulatrici dei contaminanti, ed analisi dell'elemento ad esse associato.

**Estrazione sequenziale** in grado di solubilizzare gli elementi associati a ciascuna fase mineralogica.

# Perché la solubilizzazione totale?

❖ HF e HNO<sub>3</sub> + HCl (es. *Loring & Rantala, 1992*)

## Vantaggi:

- dissolve completamente la struttura di silicati liberando elementi come Fe, Al e Li che possono essere utilizzati come normalizzanti;
- accuratezza attraverso l'analisi di materiale standard certificato (CRMs);
- dati comparabili tra aree diverse;
- facilità nel reperimento di valori di *background* naturale;
- le regolamentazioni internazionali sullo sversamento a mare dei fanghi e sul dragaggio si basano sui tenori totali.

# Valori di background naturale: opzioni

## 1) Materiali universalmente riconosciuti:

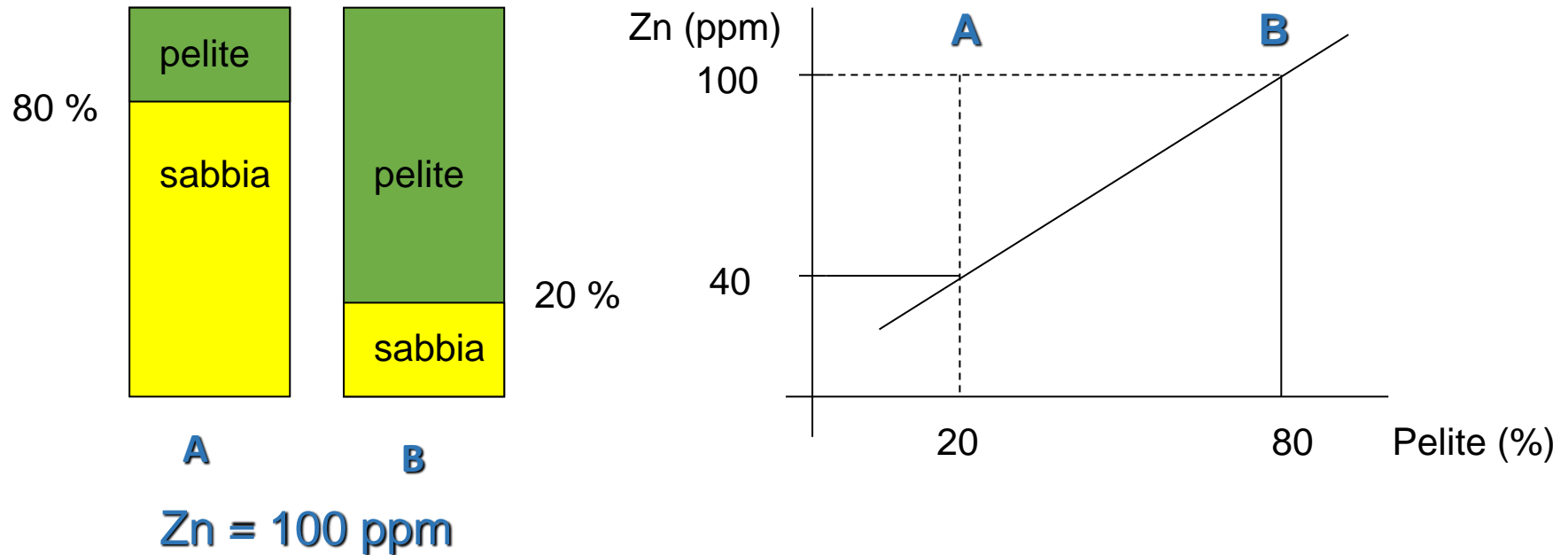
- composizione media delle argille pelagiche (“average shale values” di *Turekian & Wedepohl*, 1961);
- composizione media crostale dell’elemento chimico (“average crustal abundance” di *Taylor*, 1964).

## 2) Sedimenti di mare aperto incontaminati.

## 3) Livelli più profondi di carote di sedimento, depositi prima dell’era industriale.

## 4) Uso di *diagrammi Metallo vs Normalizzante* descrittivi della variabilità regionale del metallo pesante riferita alla matrice fine del sedimento.

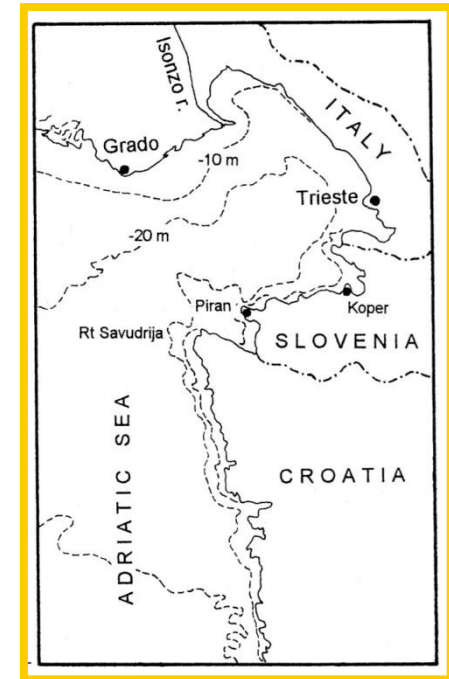
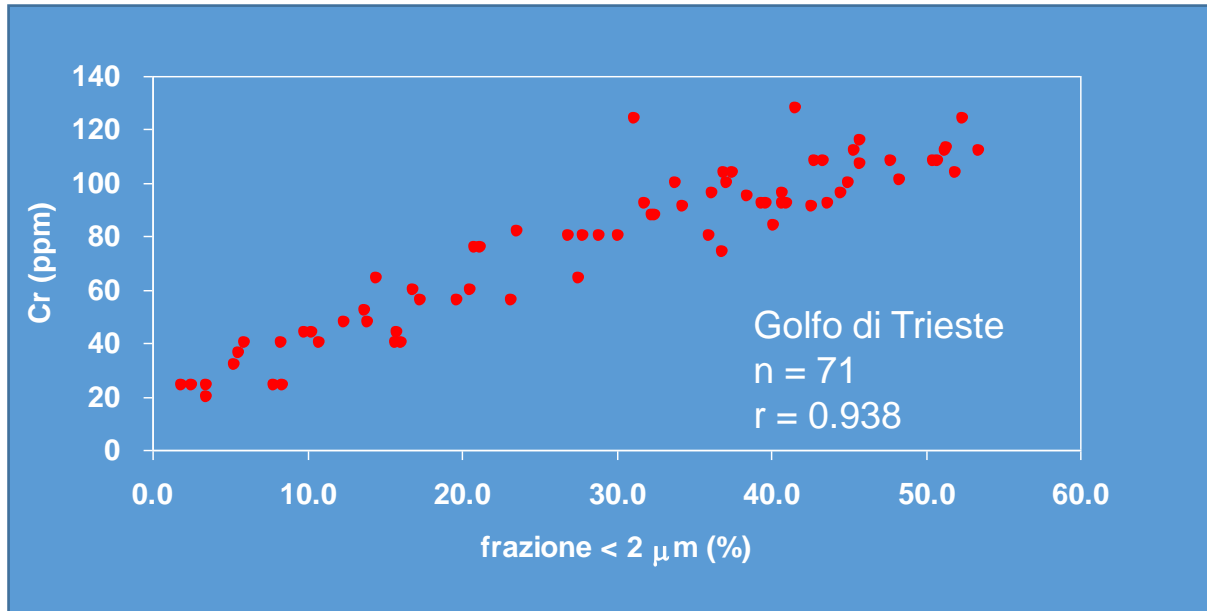
# La concentrazione: il dato numerico



Non ha senso confrontare due campioni di sedimento granulometricamente diversi sulla base del semplice dato numerico di concentrazione

# Normalizzazione dei dati - 1

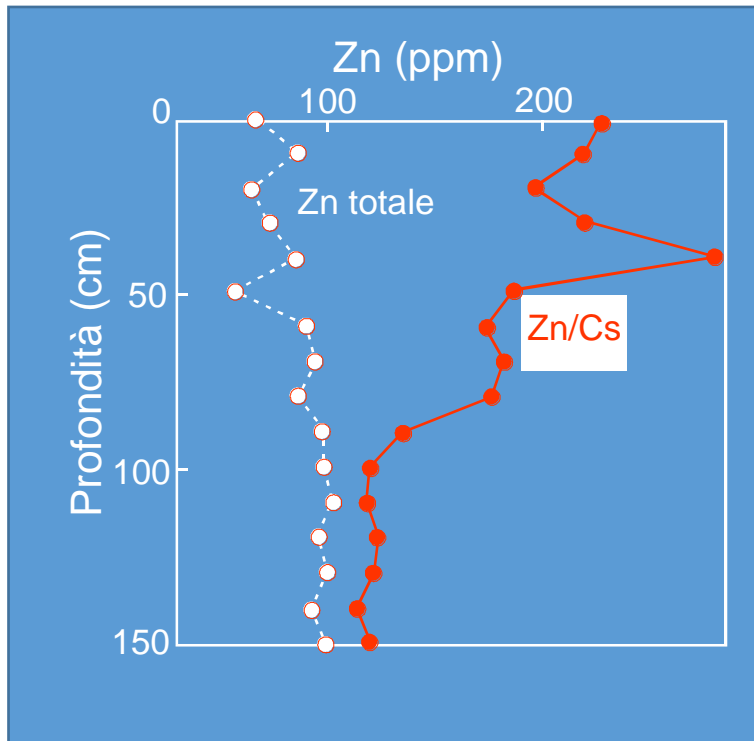
I metalli in tracce sono correlati positivamente con la componente fine del sedimento.



Per "compensare" l'effetto della granulometria e della mineralogia sulle concentrazioni dei metalli in tracce ed identificare i contributi anomali, indipendentemente dal dato numerico, è opportuno normalizzare i tenori dei possibili contaminanti ad un elemento conservativo (normalizzante).

# Normalizzazione dei dati - 2

L'elemento normalizzante deve risultare un costituente importante dei minerali a cui sono associati i metalli in tracce e riflettere la variabilità granulometrica (Loring, 1990).



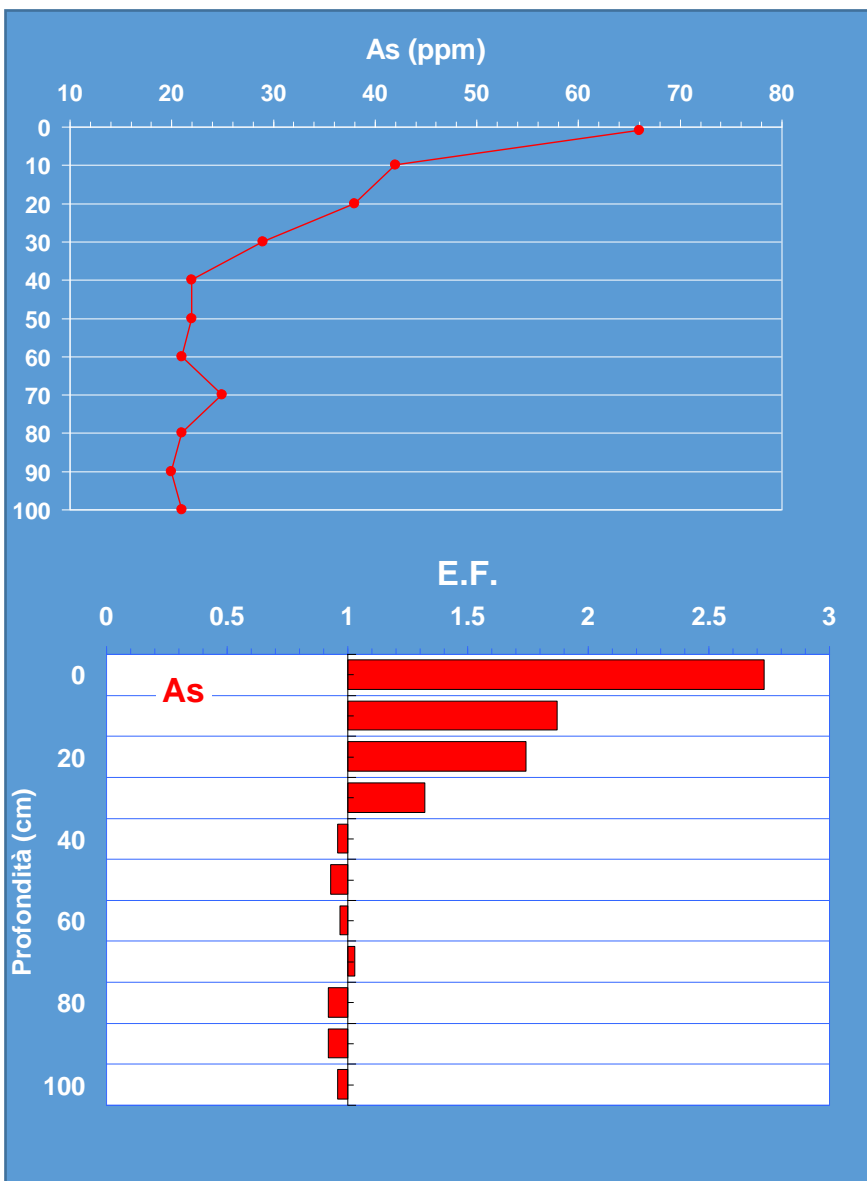
La scelta del *normalizzante* ("*grain size proxy*") non è univoca, ma dipende dall'area investigata e dalla tipologia degli effluenti antropogenici.

Es.: Al, Fe, Li, Rb, Cs

**Solo il rapporto Metallo/Normalizzante identifica l'anomalia!**

# Quantificazione del livello di contaminazione - 2

“a scala locale”



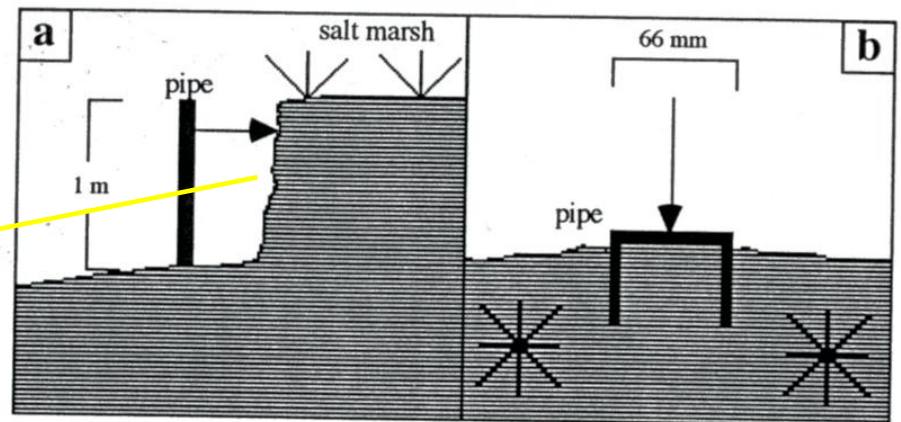
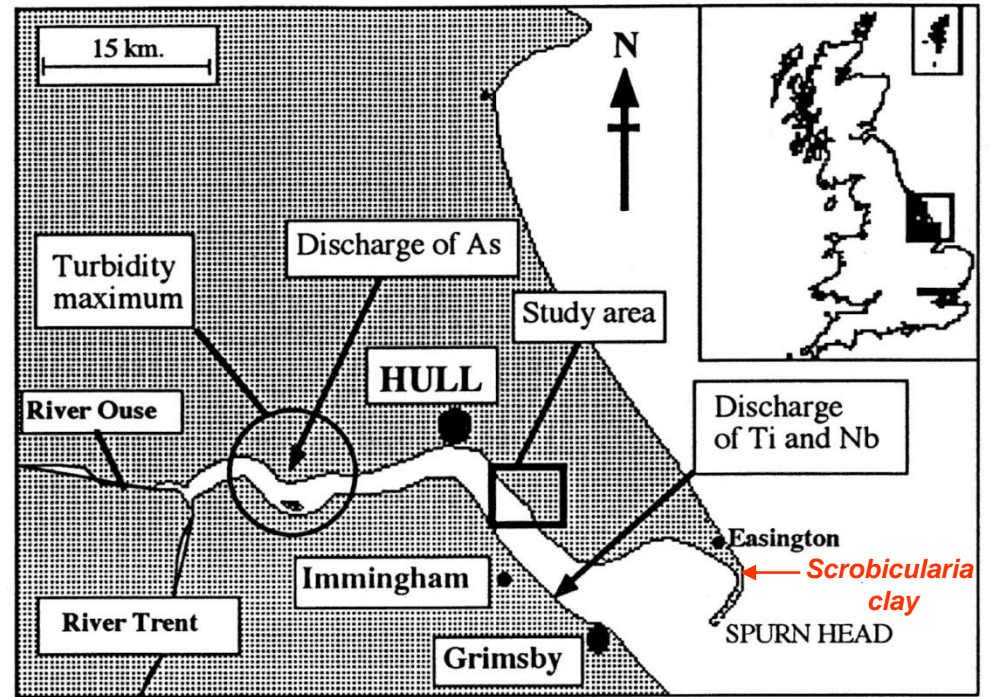
Calcolo del relativo fattore di arricchimento (E.F.) di ciascun metallo rispetto al valore di background locale:

$$E.F. = \frac{(M/N) \text{ campione}}{(M/N) \text{ background}}$$

**M:** metallo  
**N:** normalizzante

Consente un rapido confronto del grado di anomalia per ciascun campione.

# Caso studio: l'estuario dell'Humber (UK), una "trappola" per i contaminanti



# Caso studio: l'estuario dell'Humber (UK), una "trappola" per i contaminanti

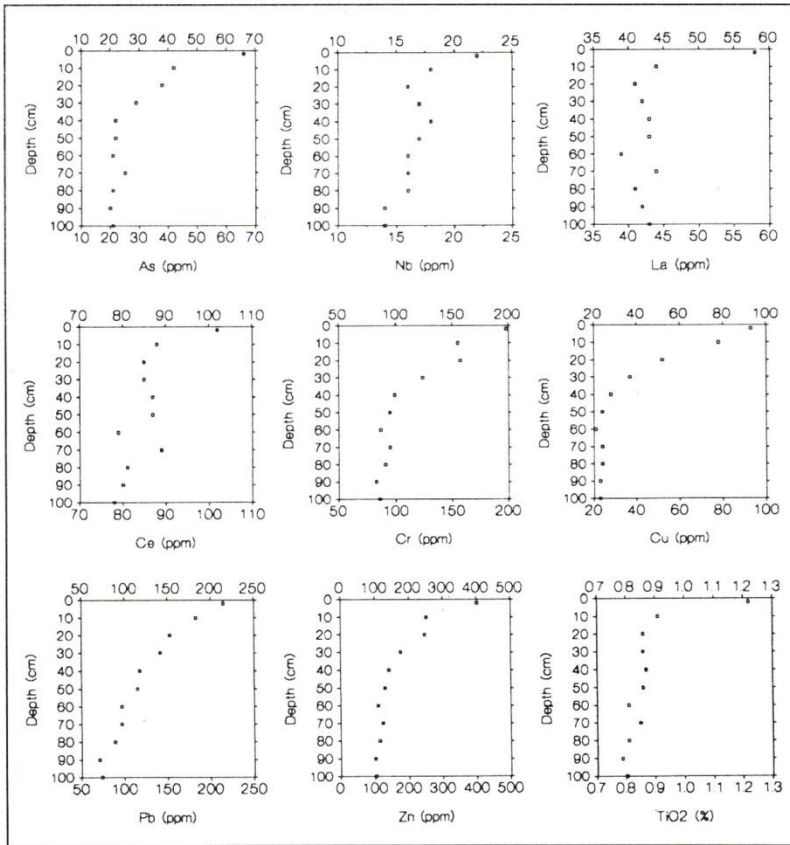
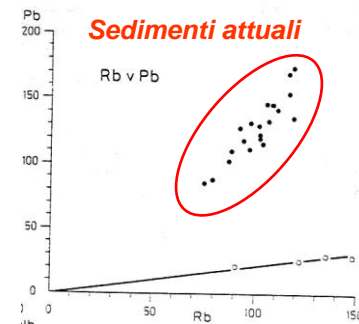
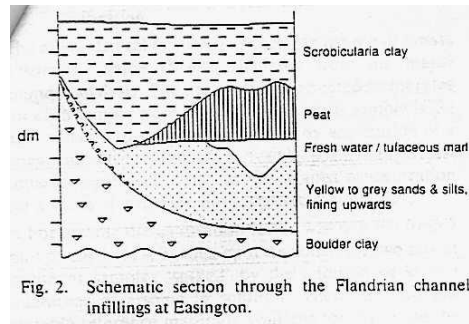
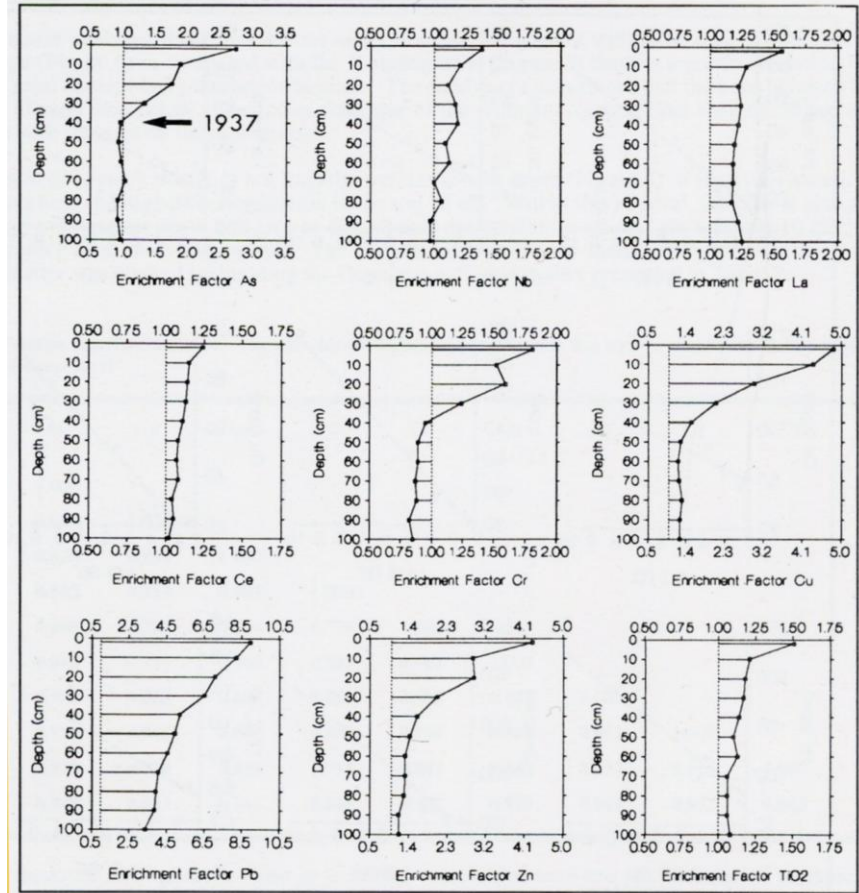


Figure 8. Content of trace elements (ppm) and TiO<sub>2</sub> (%) versus depth (cm).



$$E.F. = \frac{(M/N) \text{ campione}}{(M/N) \text{ background}}$$



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTE**  
**FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI**  
**Corso di Laurea in Scienze Ambientali**

**Tesi di Laurea Magistrale**  
**in Monitoraggio delle Acque e dei Sedimenti**

**Valutazione della qualità dei sedimenti e del  
particellato in sospensione nell'area marina  
antistante un sito costiero contaminato**

**Laureanda:**  
**Serena POPAZZI**

**Relatore:**  
**Prof. Stefano COVELLI**  
**Correlatore:**  
**Dott.ssa Raffaella PIANI**

**Anno accademico 2009-2010**

# Scopo dello studio

Valutare la qualità dei sedimenti e del particolato in sospensione nella colonna d'acqua in un'area marino-costiera del **Golfo di Trieste** fortemente impattata e modificata dalla presenza di un terrapieno di colmata denominato "**Acquario**"



Per verificare una possibile interazione fra il materiale del terrapieno e l'ambiente fisico marino circostante si sono indagati i metalli in tracce nel **particolato** in sospensione e nei **sedimenti** prospicienti il terrapieno.



Particolato: Matrice importante, forte affinità, situazione istantanea



Sedimenti: potenziali siti di accumulo, capacità di registrare le variazioni temporali degli apporti dei contaminanti

# Introduzione

**“Sito contaminato”**: area geograficamente definita e delimitata che presenta, in seguito ad attività umane, un'alterazione delle caratteristiche qualitative dei terreni, delle acque superficiali e sotterranee ([www.ispra.it](http://www.ispra.it))

- Sito contaminato a contatto con il mare



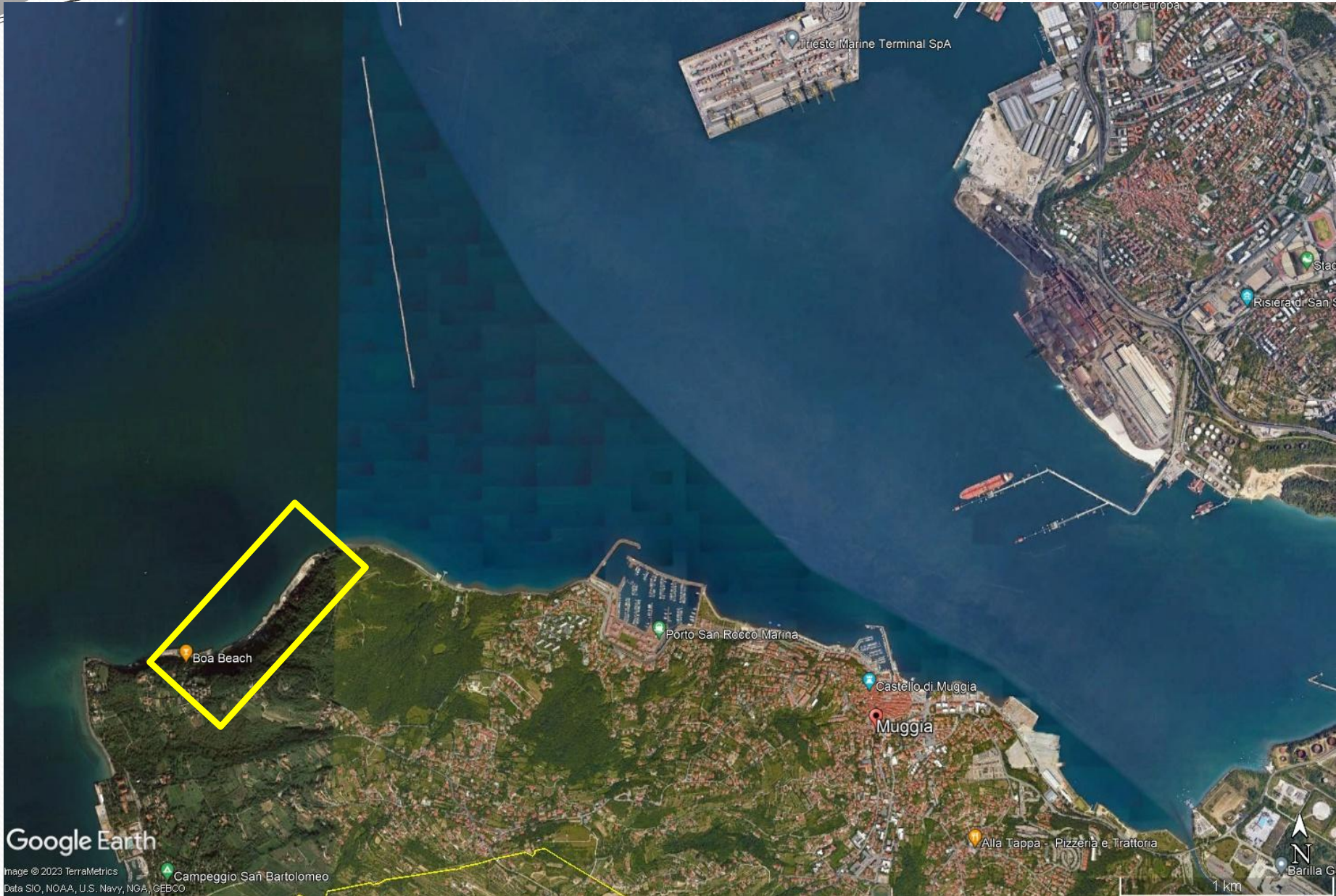
acqua marina ruolo importante nella mobilità dei contaminanti



ripartiti fra colonna d'acqua (fase disciolta & particellato in sospensione) e sedimento di fondo (fase solida)

- **Acqua**: mezzo non conservativo, concentrazioni molto basse (ppb)
- **Particellato in sospensione** & **sedimento di fondo**: capacità di adsorbimento e/o assorbimento, concentrazioni maggiori rispetto fase disciolta (ppm)

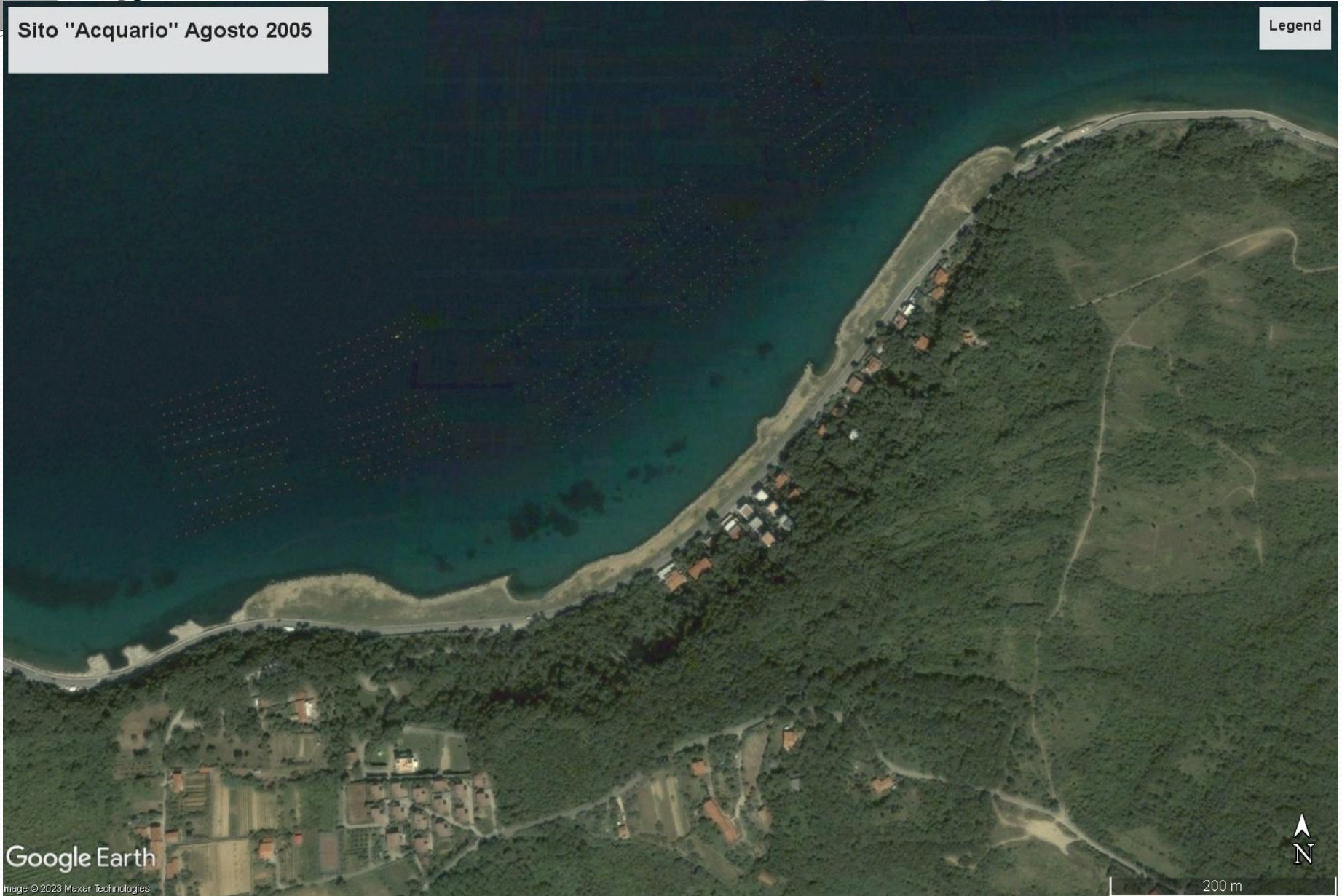
# L'area di studio



# L'area di studio

Sito "Acquario" Agosto 2005

Legend



Google Earth

Image © 2023 Maxar Technologies

200 m

# Il sito

- È ubicato lungo la fascia costiera nel territorio del Comune di Muggia (Ts), tra Punta Sottile e Punta Olmi
- È sottoposto a vincolo paesaggistico (D.Lgs. n. 156 e D.Lgs. n. 157 del 2006)

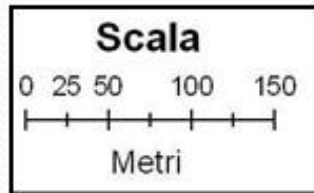
## Ricostruzione storica:

- Anni '80 : "realizzazione di un terrapieno e relative opere di difesa a mare" per la costruzione di un centro turistico in località Punta Ronco
- 1996: la Società Acquario è autorizzata ad attivare una discarica a mare di materiali terrosi e simili
- 1998: la stessa Società ottiene in concessione uno specchio d'acqua per costruire uno stabilimento balneare (previo imbonimento del terrapieno)
- 2003: NOE (Ud) denuncia inquinamento ambientale. Area sequestrata. Attivata la procedura di messa in sicurezza d'emergenza, bonifica e ripristino ambientale (D.M. 471/99)

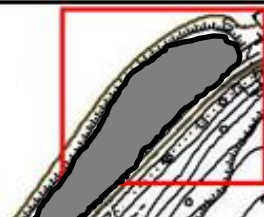
- 2004: Piano di Caratterizzazione (S.G.M.), acque di falda e sedimenti sono risultati contaminati (D.M. 471/99)
- 2008: Approvazione di un nuovo Piano di Caratterizzazione del CIGRA UNITS (D.Lgs. 152/2006)
  - sopralluogo per valutare lo stato del fronte mare
- 2009-10: Esecuzione del PdC da parte di CIGRA UNITS

Zone maggiormente danneggiate: orientale e occidentale;  
quella centrale risultava ancora in condizioni accettabili

# Discarica costiera: accumulo di materiali inerti e contaminati



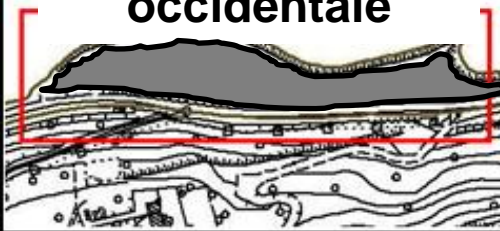
**Settore orientale**



**Golfo di Trieste**

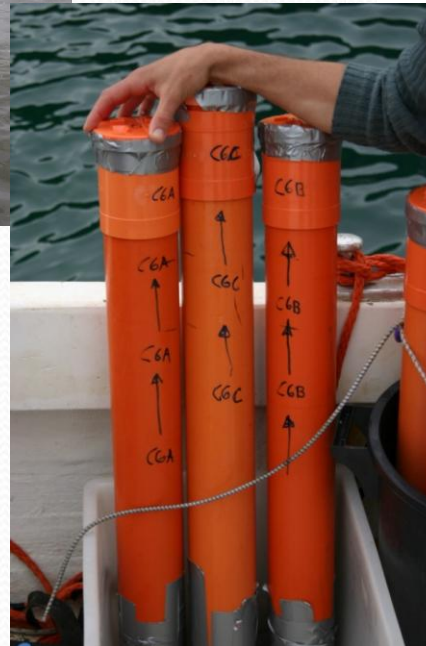


**Settore occidentale**



# Sedimenti marini: operazioni a mare

**Obiettivo:** Valutazione dello stato di qualità dei sedimenti superficiali in relazione ai livelli di background naturale locale ed ai SQA della normativa di riferimento (D.M. 260/2010 e D.Lgs. 172/2015)



3 carote per sito

## Prelievo con operatore subacqueo

- Stazioni di campionamento in numero di 2 per ognuno dei 5 transetti ortogonali alla linea di costa

Per ogni sito, raccolte 3 carote di lunghezza variabile da 50-70 cm

Tab. 2/A Standard di qualità nei sedimenti

| NUMERO CAS | PARAMETRI                    | SQA-MA <sup>(1)(2)</sup> |
|------------|------------------------------|--------------------------|
|            | <b>Metalli</b>               | <b>mg/kg s.s</b>         |
| 7440-43-9  | Cadmio                       | 0,3                      |
| 7439-97-6  | Mercurio                     | 0,3                      |
| 7440-02-0  | Nichel                       | 30                       |
| 7439-92-1  | Piombo                       | 30                       |
|            | <b>Organo metalli</b>        | <b>µg/kg</b>             |
|            | Tributilstagno               | 5                        |
|            | <b>Policiclici Aromatici</b> | <b>µg/kg</b>             |
| 50-32-8    | Benzo(a)pirene               | 30                       |
| 205-99-2   | Benzo(b)fluorantene          | 40                       |
| 207-08-9   | Benzo(k)fluorantene          | 20                       |
| 191-24-2   | Benzo(g,h,i) perilene        | 55                       |
| 193-39-5   | Indenopirene                 | 70                       |
| 120-12-7   | Antracene                    | 45                       |

| NUMERO CAS | PARAMETRI                | SQA-MA <sup>(1)(2)</sup> |
|------------|--------------------------|--------------------------|
| 206-44-0   | Fluorantene              | 110                      |
| 91-20-3    | Naftalene                | 35                       |
|            | <b>Pesticidi</b>         |                          |
| 309-00-2   | Aldrin                   | 0,2                      |
| 319-84-6   | Alfa esaclorocicloesano  | 0,2                      |
| 319-85-7   | Beta esaclorocicloesano  | 0,2                      |
| 58-89-9    | Gamma esaclorocicloesano | 0,2                      |
|            | lindano                  | 0,2                      |
|            | DDT <sup>(3)</sup>       | 1                        |
|            | DDD <sup>(3)</sup>       | 0,8                      |
|            | DDE <sup>(3)</sup>       | 1,8                      |
| 60-57-1    | Dieldrin                 | 0,2                      |
| 118-74-1   | Esaclobenzene            | 0,4                      |

Tab. 3/B

| NUMERO CAS | PARAMETRI   | SQA-MA <sup>(1)(2)</sup> |
|------------|---|--------------------------|
|            | <b>Metalli</b>  | <b>mg/kg s.s</b>         |
| 7440-38-2  | Arsenico  | 12                       |
| 7440-47-3  | Cromo totale  | 50                       |
|            | Cromo VI  | 2                        |
|            | <b>Policiclici Aromatici</b>  | <b>µg/kg s.s.</b>        |
|            | IPA totali <sup>(3)</sup>   | 800                      |
|            | <b>PCB e Diossine</b>   |                          |
|            | Sommat. T.E. PCDD,PCDF (Diossine e Furani) e PCB diossina simili <sup>(4)</sup> | 2 X 10 <sup>3</sup>      |
|            | PCB totali <sup>(5)</sup>   | 8                        |

# Attività di laboratorio: subcampionamento carote sedimento



- Taglio longitudinale del liner
- “CORE LOG”: foto e descrizione macroscopica (omogeneità, idratazione, tessitura, strutture sedimentarie, attività biologica, sostanza organica, ecc.)
- Subcampionamento: livelli 0-5 cm; 5-10 cm e basale, ovvero 55- core bottom)
- Omogenizzazione
- Suddivisione in aliquote per singole analisi (granulometria, chimica metalli, organici)
- Conservazione e trattamento secondo prescrizione per tipologia di analisi

| PROF.  | STRATIGRAFIA                        | CAMPIONI No.  | DESCRIZIONE  | FOTO                         |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |
|--|-------------------------------------|---|--|------------------------------|-----------------|-------------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|--|---|--|--|--|--|---|--|--|-------------------------------------|--|--------------------------------------|--|--|---|--|---|--|--|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>CORE LOG</b></td> <td style="width: 25%;"><b>Unità Operativa DISGAM UNITS</b></td> <td colspan="2"><b>Esecutori descrizione:</b><br/>Burla, Covelli, Emili e Piani</td> <td style="width: 35%;"><b>Foglio 1 di 1 fogli 1</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Progetto:</b> "Acquario"</td> <td><b>Diametro carota (mm):</b> 100</td> <td colspan="2"><b>Lunghezza carota (cm):</b> 67</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Sigla carota:</b> C3</td> <td colspan="3"><b>N° spezzoni carota e lunghezza:</b><br/>3 carote per sito<br/>C3-A 66 cm C3-B 61.5 cm C3-C 67 cm</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Ubicazione (coordinate e/o Stazione):</b><br/>Lat. 45°36' 585<br/>Long. 13°43' 923<br/>Località Muggia</td> <td colspan="3"><b>N° livelli subcampionati e profondità:</b><br/>3 livelli campionati<br/>L1 0-5 cm L2 5-10 cm L3 55-fine carota</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Data di prelievo:</b> 25.05.2009</td> <td colspan="3"><b>Data compilazione:</b> 27.05.2009</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Tipo di campionatore:</b> carotiere a mano</td> <td colspan="3"><b>N° immagini fotografiche:</b> 2 per carota</td> </tr> </table> |                                     |   |  |                              | <b>CORE LOG</b> | <b>Unità Operativa DISGAM UNITS</b> | <b>Esecutori descrizione:</b><br>Burla, Covelli, Emili e Piani |  | <b>Foglio 1 di 1 fogli 1</b> | <b>Progetto:</b> "Acquario" |  | <b>Diametro carota (mm):</b> 100 | <b>Lunghezza carota (cm):</b> 67 |  | <b>Sigla carota:</b> C3 |  | <b>N° spezzoni carota e lunghezza:</b><br>3 carote per sito<br>C3-A 66 cm C3-B 61.5 cm C3-C 67 cm |  |  | <b>Ubicazione (coordinate e/o Stazione):</b><br>Lat. 45°36' 585<br>Long. 13°43' 923<br>Località Muggia |  | <b>N° livelli subcampionati e profondità:</b><br>3 livelli campionati<br>L1 0-5 cm L2 5-10 cm L3 55-fine carota |  |  | <b>Data di prelievo:</b> 25.05.2009 |  | <b>Data compilazione:</b> 27.05.2009 |  |  | <b>Tipo di campionatore:</b> carotiere a mano |  | <b>N° immagini fotografiche:</b> 2 per carota |  |  |
| <b>CORE LOG</b>  | <b>Unità Operativa DISGAM UNITS</b> | <b>Esecutori descrizione:</b><br>Burla, Covelli, Emili e Piani  |  | <b>Foglio 1 di 1 fogli 1</b> |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |
| <b>Progetto:</b> "Acquario"  |                                     | <b>Diametro carota (mm):</b> 100  | <b>Lunghezza carota (cm):</b> 67   |                              |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |
| <b>Sigla carota:</b> C3  |                                     | <b>N° spezzoni carota e lunghezza:</b><br>3 carote per sito<br>C3-A 66 cm C3-B 61.5 cm C3-C 67 cm   |  |                              |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |
| <b>Ubicazione (coordinate e/o Stazione):</b><br>Lat. 45°36' 585<br>Long. 13°43' 923<br>Località Muggia   |                                     | <b>N° livelli subcampionati e profondità:</b><br>3 livelli campionati<br>L1 0-5 cm L2 5-10 cm L3 55-fine carota   |  |                              |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |
| <b>Data di prelievo:</b> 25.05.2009  |                                     | <b>Data compilazione:</b> 27.05.2009  |  |                              |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |
| <b>Tipo di campionatore:</b> carotiere a mano  |                                     | <b>N° immagini fotografiche:</b> 2 per carota   |  |                              |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |
| 10   | 0-5 cm<br>5-10 cm                   |   | <b>0-12 cm:</b><br>Sabbia pelitica, idrata di colore 2.5Y 5/3. Ossidazione a tasche di colore 2.5Y 5/2. Rari frammenti conchigliari. La frazione sabbiosa è più grossolana di quella presente al bottom della carota.                |                              |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |
| 20   |                                     | <b>12-16 cm:</b><br>Intervallo di passaggio costituito da sabbia grossolana a sabbia fine anche con una piccola percentuale di argilla. Detrito conchigliare nei primi 25 cm. |  |                              |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |
| 60   | 55-66 cm                            |   | <b>16-67 cm:</b><br>Pelite molto sabbiosa, molto idrata e di colore 2.5Y 4/1. Scarsi frammenti conchigliari. Verso il bottom il sediment è costituito da pelite argillosa debolmente sabbiosa (sabbia molto fine) di colore 2.5Y 3/1 |                              |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |
|  |                                     |   | <b>Note</b><br>Profondità di campionamento = 3.80 m<br>T sup. = 25.8 °C<br>T fondo = 24.8 °C<br>S sup. = 33.8 %<br>S fondo = 33.8 %<br>Eh = -196   |                              |                 |                                     |  |  |                              |                             |  |                                  |                                  |  |                         |  |   |  |  |  |  |   |  |  |                                     |  |                                      |  |  |   |  |   |  |  |

## Attività di laboratorio: subcampionamento carote sedimento



1. Restituzione di emicilindri specularmente uguali



2. Pulizia degli emicilindri con eliminazione residui PVC



4. Subcampionamento dei livelli da ciascun emicilindro



3. Foto della carota in spezzoni consecutivi



## Attività di laboratorio: subcampionamento carote sedimento



5. Omogeneizzazione del materiale prelevato da ciascun emicilindro



6. Prelievo del materiale omogeneizzato e suddivisione in aliquote predefinite



7. Aliquote di campione predisposte per le analisi CIGRA e per la conservazione (ARPA ed eventuale contraddittorio)

# Fattori di arricchimento - EF

sforamenti nei campioni prelevati lungo la scogliera del terrapieno

valori di EF moderatamente arricchiti

valori di EF significativamente arricchiti

EF (Sutherland, 2000)

<2 deficiency to low enrichment

2-5 moderate enrichment

5-20 significant enrichment

20-40 very high enrichment

>40 extremely high enrichment

BENNATE (0-1cm)

As, Pb, Zn, Hg C1

Pb, Hg C3 OFF

Pb

SC12A: Co  
SC12B: Hg  
SC12C: Zn, As, Hg, Pb

SC11A: Co  
SC11B: Zn, Hg, Pb  
SC11C: Zn, As, Hg, Pb

Pb, Hg C5 OFF

Zn, Hg

Pb

Zn, Pb

Pb, Zn, Hg C7 OFF

Pb, Hg C7

As, Pb, Zn, Hg C9

Zn

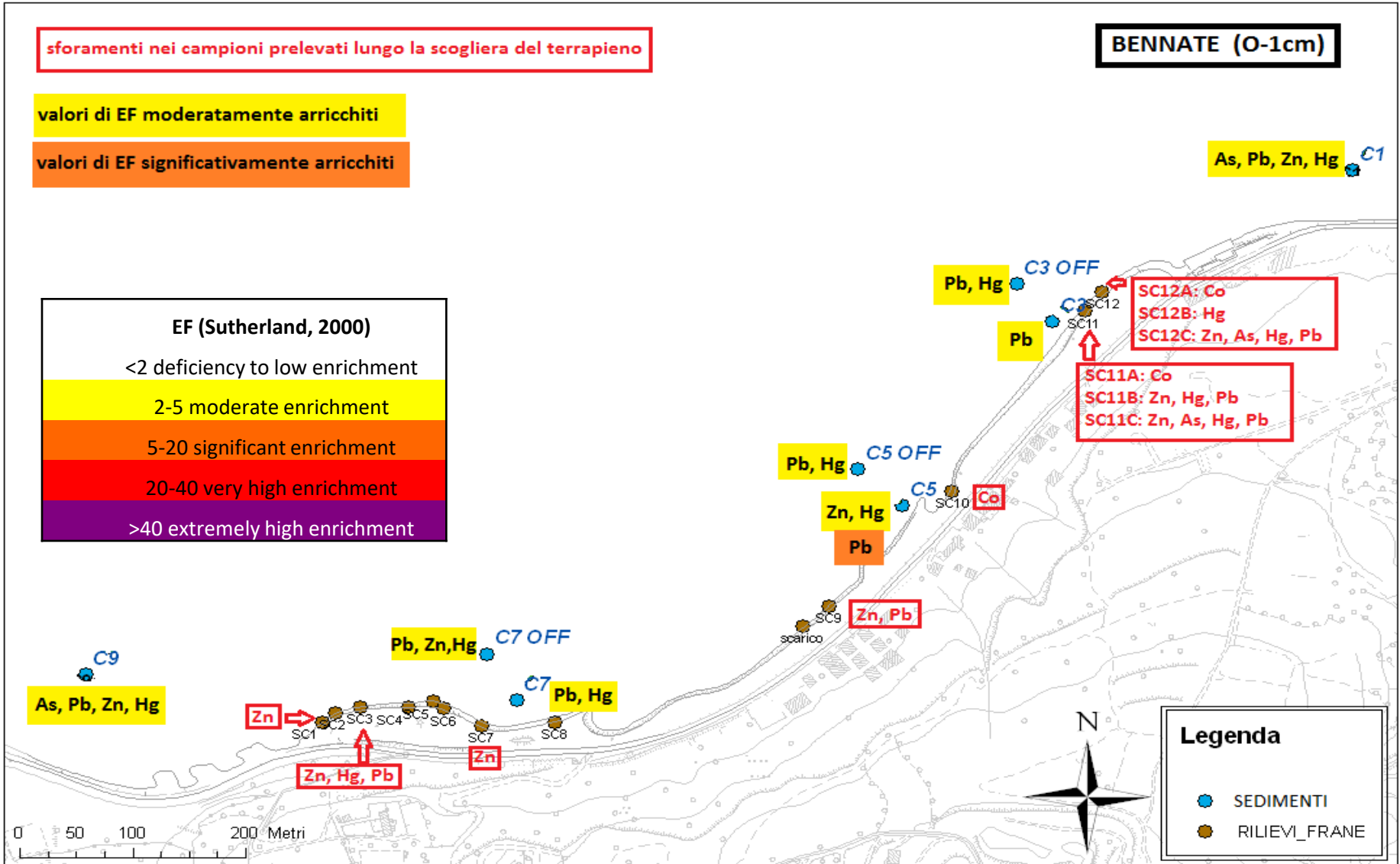
Zn, Hg, Pb

Zn

Legenda

- SEDIMENTI
- RILIEVI\_FRAME

0 50 100 200 Metri



# Fattori di arricchimento - EF

sforamenti nei campioni prelevati lungo la scogliera del terrapieno

valori di EF moderatamente arricchiti

valori di EF significativamente arricchiti

valori di EF molto arricchiti

EF (Sutherland, 2000)

<2 deficiency to low enrichment

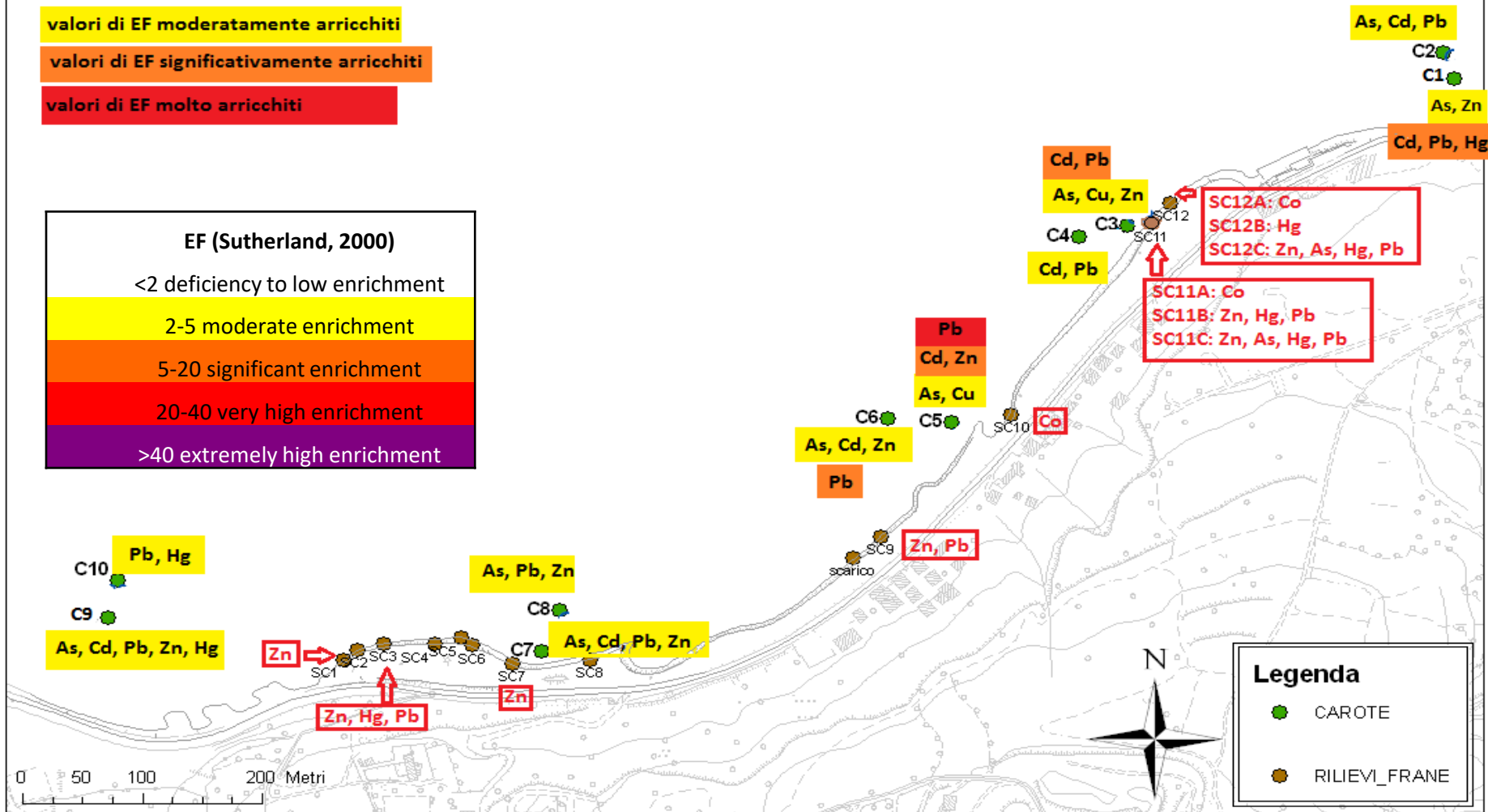
2-5 moderate enrichment

5-20 significant enrichment

20-40 very high enrichment

>40 extremely high enrichment

LIVELLO SUPERFICIALE 0-5cm  
DELLE CAROTE



# Fattori di arricchimento - EF

sforamenti nei campioni prelevati lungo la scogliera del terrapieno

valori di EF moderatamente arricchiti

valori di EF significativamente arricchiti

valori di EF molto arricchiti

valori di EF estremamente arricchiti

EF (Sutherland, 2000)

<2 deficiency to low enrichment

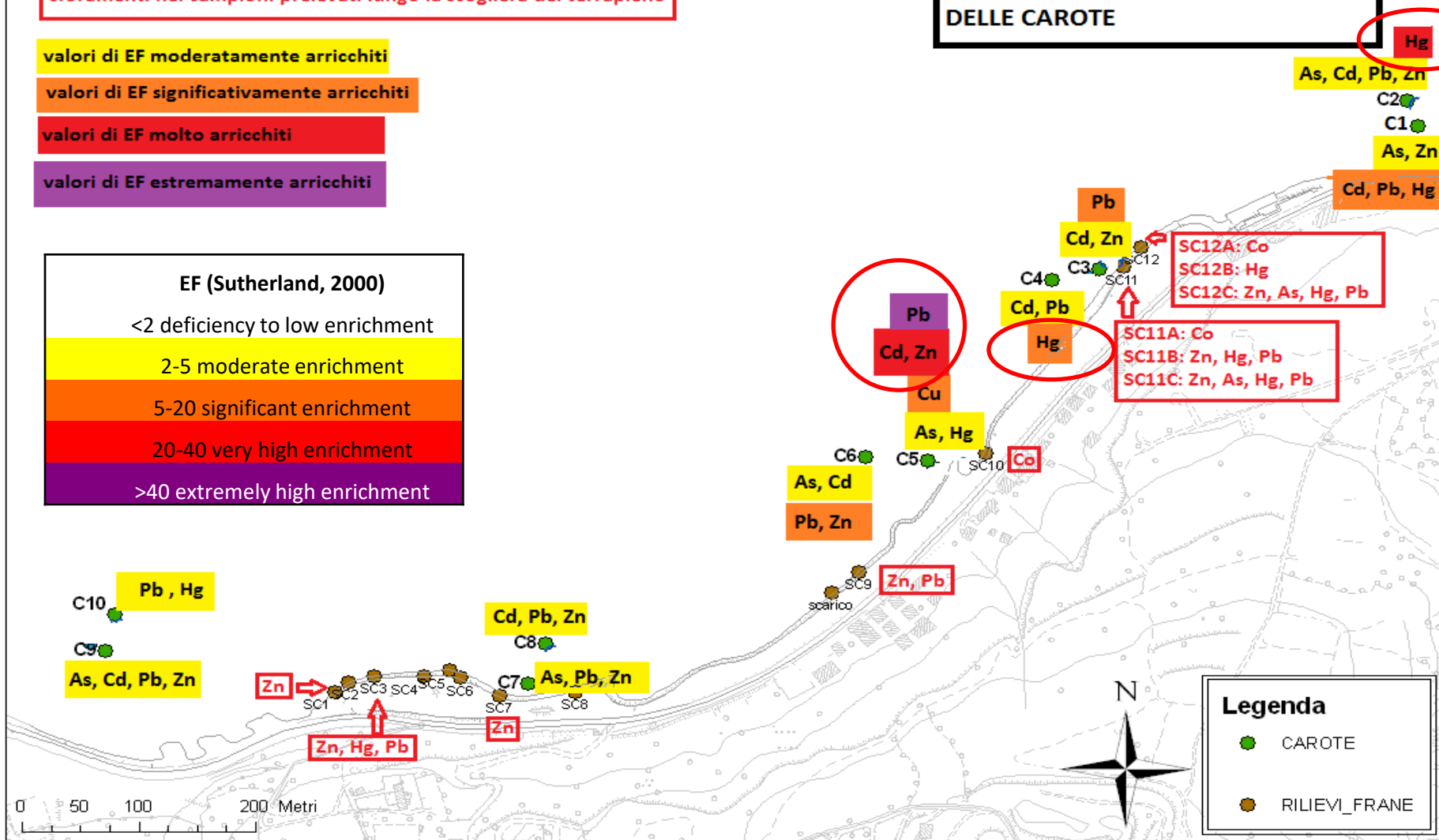
2-5 moderate enrichment

5-20 significant enrichment

20-40 very high enrichment

>40 extremely high enrichment

LIVELLO SUBSUPERFICIALE 5-10 cm  
DELLE CAROTE



**Legenda**

- CAROTE
- RILIEVI\_FRAME







