



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

# Sviluppo di applicazioni tecnico-scientifiche e conseguenti ricadute normative: studio pilota dei materiali da dragare nel porto di Trapani

*David Pellegrini - Fulvio Onorati*  
*Trapani 22.06.2012*

- Brevi considerazioni in riferimento al quadro normativo attuale
- Applicazioni tecnico-scientifiche per una gestione differenziata ed ecocompatibile dei materiali dragati
- Il progetto pilota del Porto di Trapani

# Art 24 della legge n 35 del 4 aprile 2012

## Modifica l'art. 109 del Dlgs 152 /2006

•L'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi è rilasciata dalla regione, fatta eccezione per gli interventi ricadenti in aree protette nazionali di cui alle leggi 31 dicembre 1982 e 6 dicembre 1991, n. 394, per i quali è rilasciata dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (...)

•L'immersione in mare di inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo, ove ne sia dimostrata la compatibilità e l'innocuità ambientale, e' soggetta ad autorizzazione regionale, con esclusione dei nuovi manufatti soggetti alla valutazione di impatto ambientale.

**Da ora in avanti l'immersione in mare di materiali di escavo è soggetta ad autorizzazione regionale, non più del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.**

**Tutta la gestione dei materiali dragaggi è ora di competenza regionale (ripascimenti, deposizione in banchine e vasche di colmata, trattamenti...)**

# Decreto attuativo art. 109 D.lgs 152/2006

## Art. 2

### Definizioni

- **Immersione deliberata in mare**: deposizione o affondamento di materiali di cui all'art. 1 in aree marine ubicate ad una distanza dalla costa superiore a 3 miglia nautiche, ovvero all'esterno della piattaforma continentale se questa è di estensione inferiore.
- **Immersione in ambiente conterminato**: deposizione di materiali di cui all'art. 1 in casse di colmata, vasche di raccolta o altre strutture di contenimento a diverso grado di permeabilità poste in ambito costiero.
- **Ripascimento**: intervento di apporto sulla spiaggia emersa e/o sommersa, prioritariamente in relazione a fenomeni di erosione della costa, di materiali di cui all'art. 1, prevalentemente sabbiosi, compresi gli interventi per il ripristino.

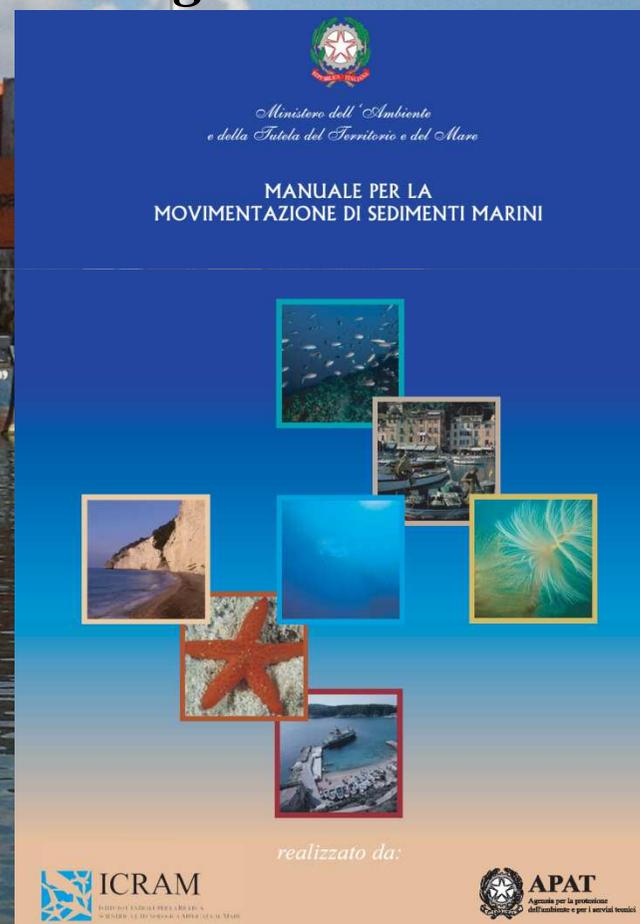
- 
- Attività di recupero: trattamenti fisici, che intervenendo sui materiali di cui all'art. 1° su parte di essi, ne migliorino le caratteristiche qualitative per un loro utilizzo a fini di ripascimento o di immersione deliberata in mare o in ambiente conterminato ovvero per altro utilizzo consentito dalla legge.
  - Smaltimento alternativo: ogni operazione, esclusa l'immersione deliberata in mare, finalizzata a sottrarre definitivamente i materiali di cui all'art. 1 dal circuito del riutilizzo in ambito marino ovvero qualsiasi altro utilizzo consentito dalla legge.
  - Movimentazione dei fondali marini: qualsiasi prelievo, spostamento, dispersione o riallocazione di sedimenti di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, nel corso delle attività di cui al presente decreto.

*Resta inteso che (come esplicitato nell'art. 109):*

**Le modalità tecniche che disciplinano l'immersione in mare VERRANNO stabilite con apposito decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (con i relativi allegati tecnici); erano indicati 120 giorni.**

**Sebbene la stesura di questo decreto sia stata completata da tempo (2009) e condivisa in sede di Conferenza Stato-Regioni, è ancora in fase di concertazione con altri Ministeri (Ministeri delle Infrastrutture e dei trasporti, delle Politiche agricole e forestali, dello Sviluppo economico\*).**

**Il Ministero, successivamente alla modifica dell'art. 109, ha inviato una lettera alle Regioni, indicando come riferimento tecnico, in attesa del decreto, il Manuale ICRAM-APAT.**



**2007**

Classe	Opzioni di gestione
A1	<p>Sabbie (pelite &lt; 10%) da utilizzare o ricollocare secondo la seguente priorità:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ripascimento della spiaggia emersa;</li> <li>▪ Ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero comprese le deposizioni finalizzate al ripristino della spiaggia sommersa;</li> <li>▪ Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale;</li> <li>▪ Riutilizzi a terra;</li> <li>▪ Spostamento in ambiente sommerso;</li> <li>▪ Deposizione in bacini di contenimento;</li> <li>▪ Immersione in aree marine non costiere.</li> </ul>
A2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero compresa la deposizione finalizzata al ripristino della spiaggia sommersa (solo nel caso di prevalente composizione sabbiosa) salvo diverse disposizioni di cui alla normativa regionale;</li> <li>▪ Riempimenti di banchine e terrapieni in ambito portuale;</li> <li>▪ Riutilizzi a terra;</li> <li>▪ Spostamento in ambiente sommerso;</li> <li>▪ Deposizione in bacini di contenimento;</li> <li>▪ Immersione in aree marine non costiere.</li> </ul>
B1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riutilizzi a terra;</li> <li>▪ Spostamento in ambiente sommerso;</li> <li>▪ Deposizione in bacini di contenimento che assicurino il trattenimento di tutte le frazioni granulometriche del sedimento sugli argini laterali (incluso il riempimento di banchine).</li> </ul>
B2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riutilizzi a terra;</li> <li>▪ Deposizione in bacini di contenimento che assicurino il trattenimento di tutte le frazioni granulometriche del sedimento sugli argini laterali e sul fondo;</li> <li>▪ Smaltimento presso discarica a terra.</li> </ul>
C1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rimozione in sicurezza che limiti l'eventuale diffusione della contaminazione e operazione di recupero;</li> <li>▪ Rimozione in sicurezza e deposizione in bacini di contenimento contenimento che assicurino il trattenimento di tutte le frazioni granulometriche del sedimento dei materiali sugli argini laterali e sul fondo;</li> <li>▪ Rimozione in sicurezza e smaltimento alternativo.</li> </ul>
C2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Materiale la cui rimozione e gestione deve essere sottoposta a procedure di particolare cautela ambientale.</li> </ul>

Opzioni di gestione  
“differenziata” in  
ordine di priorità di  
utilizzo, in relazione  
alla differente classe  
di qualità di  
appartenenza

Classificazione chimica	Classificazione ecotossicologica		CLASSE DI QUALITA' DEL MATERIALE
	Colonna	Tossicità elutriato	
Valori ≤ LCB	A	n.c.	A1*
	A	n.c.	A2**
	B <sup>(1)</sup>	n.c.	A2
	C <sup>(1)</sup>	assente	B1
	C <sup>(1)</sup>	≥ colonna C Tab. 2.2	B2
	D <sup>(1)</sup>	assente	
	D <sup>(1)</sup>	= colonna D Tab. 2.2	C1
Valori compresi tra LCB e LCL	A	n.c.	A2
	B <sup>(1)</sup>	assente	B1
	B <sup>1</sup>	= colonna B Tab. 2.2	B2
	C <sup>(1)</sup>	n.c.	
	D <sup>(1)</sup>	assente	
	D <sup>(1)</sup>	= colonna D Tab. 2.2	C1
Valori ≥ LCL	A <sup>(2)</sup> o B <sup>(2)</sup>	n.c.	B2
	C <sup>(1)</sup>	assente	C1
	C <sup>(1)</sup>	= colonna C Tab. 2.2	C2
	D <sup>(1)</sup>	n.c.	

<sup>(1)</sup> Si suggerisce di effettuare analisi di approfondimento per determinare gli agenti responsabili della tossicità;

<sup>(2)</sup> Si suggerisce di valutare la determinazione di LCB-LCL "locali";

\* contenuto di pelite < 10%

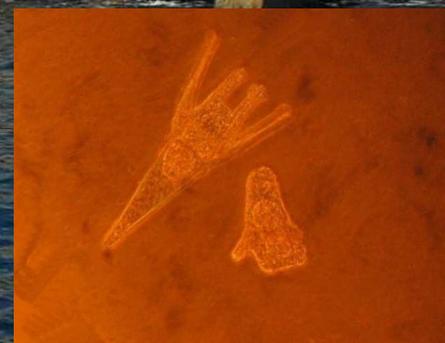
\*\* contenuto di pelite > 10%

n.c.: non considerata ai fini della classificazione



**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

**ESEMPI** : Saggio biologico di mortalità su sedimento marino tal quale con *Corophium orientale* (Crosteaceo–Anfipode) e saggio di embriotossicità con il riccio di mare *Paracentrotus lividus* su elutriato.





## I SAGGI BIOLOGICI IN LABORATORIO O *IN SITU*:

- **Valutano gli effetti tossici della frazione biodisponibile dei contaminanti-inquinanti presenti in matrici complesse come acque e sedimenti naturali (valore predittivo per gli organismi e quindi per gli ecosistemi e l'uomo);**
- **Forniscono risposte integrate sugli effetti per gli organismi (considerando effetti sinergici e antagonisti);**
- **Richiedono generalmente minori attrezzature tecniche rispetto alle analisi chimiche fornendo informazioni sulla biodisponibilità delle sostanze tossiche. Può essere valutato il reale rischio ambientale, anche senza identificare o quantificare l'agente chimico responsabile della risposta tossica (che può talvolta essere dedotto dal tipo di risposta).**

**Manuale per la movimentazione dei  
sedimenti marini  
(ICRAM-APAT 2007)**

**I saggi ecotossicologici devono essere eseguiti su almeno 1/3 dei campioni, distribuiti in maniera rappresentativa in tutto il volume di materiale da caratterizzare.**

**Allegati tecnici Art. 109 D.lgs 152/06**

Le analisi ecotossicologiche devono essere eseguite su tutti i campioni dello strato superficiale.

Per i livelli successivi analisi di campioni compositi ottenuti miscelando :

-fino a 2 aliquote per le Aree Unitarie di Tipologia 1 (50x50m),

-fino a 3 aliquote per le Aree Unitarie di Tipologia 2 (100x100m)

-fino a 4 per le Aree Unitarie di Tipologia 3 (200x200 m) , scelte lungo il profilo della medesima carota o prelevate da Aree Unitarie contigue al medesimo livello di sedimento.



**Manuale per la movimentazione dei  
sedimenti marini  
(ICRAM-APAT 2007)**

**Al materiale deve essere  
attribuito il grado di  
tossicità corrispondente al  
peggiore dei risultati ottenuti  
nell'ambito della batteria di  
saggi ecotossicologici  
impiegata**

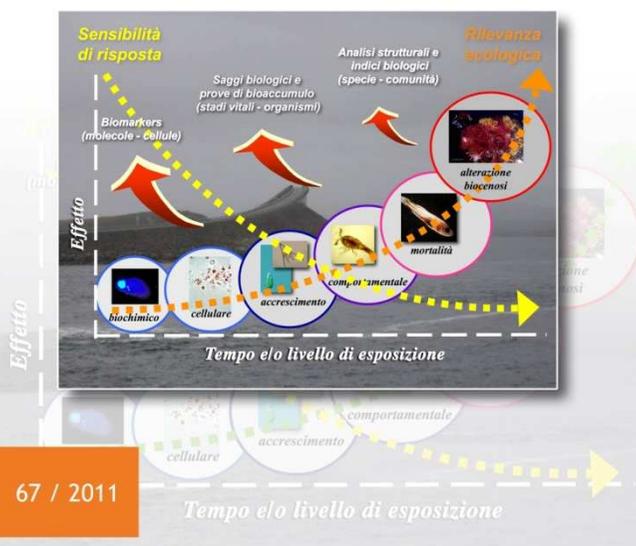
**Allegati tecnici Art. 109 D.lgs 152/06**

**Al materiale deve essere  
attribuito il grado di tossicità  
corrispondente al peggiore  
dei risultati ottenuti  
nell'ambito della batteria di  
saggi ecotossicologici  
impiegata. In alternativa è  
possibile fare riferimento ai  
criteri di ponderazione  
integrata e ai modelli  
integrati individuati nei  
Rapporti e/o Linee Guida  
relativi ai saggi  
ecotossicologici per sedimenti  
di acque salate e salmastre  
pubblicati da ISPRA  
(Manuale ISPRA n. 67/2011).**



## Batterie di saggi ecotossicologici per sedimenti di acque salate e salmastre

I Manuali di Ecotossicologia



67 / 2011

MANUALI E LINEE GUIDA

Inizia una nova serie di manuali ISPRA "I Manuali di Ecotossicologia", per confermare finalmente una necessità operativa riguardo all'applicazione delle metodologie ecotossicologiche. La scelta di ISPRA si colloca in un momento storico nel quale, anche in Italia, vengono sempre più richieste indagini ambientali mirate per valutare gli effetti tossici sul complesso sistema biologico vivente.

L'ambito normativo deve poter contare su riferimenti tecnici con solide basi scientifiche e su metodi di analisi ampiamente validati.

Il punto di partenza è il volume sulle "batterie di saggi biologici" a cui seguiranno manuali per singoli saggi come anche per metodologie legate ai *biomarkers*, nonché ai metodi di analisi relativi a differenti prove biologiche *in situ*.

Una versione questa da aggiornare con i suggerimenti della comunità scientifica nazionale, delle Agenzie Ambientali e di tutti i laboratori di ecotossicologia (vedi "Premessa operativa").

**LINK:**

[Premessa operativa](#)  
[Visualizza il manuale](#)

ISPRA - Manuali e linee guida - 67/2011  
ISBN 978-88-448-0498-5

A cura di: R. Baudo, M. Faimali, F. Onorati, D. Pellegrini

Primo annuncio

5a edizione

### Giornate di Studio 7-9 Novembre 2012

Fondazione Livorno Euro Mediterranea  
(L.E.M.)

Piazza del Pamiglione, 1/2, 57123 LIVORNO



## RICERCA E APPLICAZIONE DI METODOLOGIE ECOTOSSICOLOGICHE IN AMBIENTI ACQUATICI E MATRICI CONTAMINATE



Questa edizione, oltre ad approfondire tematiche relative alla ricerca ed all'applicazione di metodologie ecotossicologiche nella gestione degli ambienti acquatici (marini, salmastri ed acque interne), si apre a problematiche inerenti la valutazione e gestione delle matrici solide contaminate. La presenza di portatori di interesse tra i coordinatori delle sessioni, i momenti dedicati anche a possibili proposte di collaborazione scientifica e partecipazione a progetti, rappresentano ulteriori punti di forza del convegno.

#### TEMATICHE DELLE SESSIONI

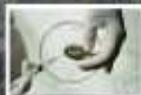
- a) Criteri innovativi di indagine ecotossicologica
- b) Certificazione, accreditamento e prove interlaboratorio
- c) Manuale ISPRA relativo alle batterie di saggi biologici
- d) Attuazione della direttiva quadro relativa alla Strategia Marina (D.Lgs. 190/2010) e quadro conoscitivo nazionale
- e) Aspetti emergenti in ecotossicologia: dai nanomateriali alla tossicogenetica
- f) Pericolosità: ruolo del codice H14 (Ecotossicità)
- g) Ecosostenibilità dei processi produttivi: ruolo dell'ecotossicologia.

#### Comitato Scientifico

Gruppo di coordinamento UNICHIM:  
A. Arizzi Novelli, R. Baudo, N. Bigongliari,  
I. Buttino, M. Faimali, M. Francese, G. Libralato,  
L. Mariani, V. Matranga, C. Mugnai, F. Onorati,  
D. Pellegrini, F. Regoli, G. Sbrilli, A. Marengo,  
A. Volpi Ghirardini

Referenti di ciascuna Società Scientifica Nazionale (invitati): AIOL, SIBM, SITE, Lagunet, Setac Italia e del CoNISMa

Referenti altri Enti e Società:  
R. Cardente (Ecotox)



#### Segreteria scientifica

I. Buttino (SZN, ISPRA), D. Pellegrini, (ISPRA),  
C. Mugnai (ISPRA), M. Faimali (CNR-ISMAR)  
ecotossicologia@isprambiente.it

#### Segreteria organizzativa ed editoriale

S. Bacchocchi (Responsabile Settore Eventi  
ISPRA), S. Panico (Settore Eventi ISPRA),  
M. Porcarelli (Settore Editoria)

#### Segreteria iscrizioni

B. Demontis (CIBM): barbara@cibm.it  
Tel. 0586 807287 - Fax 0586 809149

#### SCADENZE

15 Giugno termine invio prescrizione (scheda "1" su [www.cibm.it](http://www.cibm.it)) alla segreteria scientifica ([ecotossicologia@isprambiente.it](mailto:ecotossicologia@isprambiente.it)), con indicazione del titolo della presentazione/poster e della tematica (a-b-c-d-e-f-g).

15 Luglio termine invio secondo annuncio con il programma preliminare.

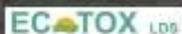
1 Ottobre termine invio "extended abstract" per la redazione degli Atti delle Giornate (come volume ISPRA online; modalità e norme per autori verranno definite con il secondo annuncio, entro il 30 giugno 2012).

15 Ottobre termine iscrizione (scheda "2" su [www.cibm.it](http://www.cibm.it)) 100 €

per personale strutturato e a tempo determinato, purché iscritti entro il 15 ottobre; personale non strutturato (es. assegnisti, borsisti, CoCoCo, ecc.) e studenti non pagano la quota, purché l'iscrizione avvenga entro il 15 ottobre. Qualora l'iscrizione pervenga successivamente, la quota per il personale non strutturato sarà di 50 €, mentre quella del personale strutturato e a tempo determinato sarà 150 €.

15 Dicembre Scadenza per la sottomissione dei lavori per l'eventuale pubblicazione dopo revisione su rivista internazionale (da definire)

Con il contributo di



Con il patrocinio di



[www.cibm.it](http://www.cibm.it)

**Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini  
(ICRAM-APAT 2007)**

Le risultanze analitiche possono essere considerate valide, purché non si siano verificati eventi naturali o artificiali (es. dragaggi, sversamenti accidentali) che abbiano modificato la situazione preesistente, per un periodo massimo di un anno (estensibile fino a tre sulla base delle informazioni della Scheda di Bacino) per le aree portuali (...).

**Allegati tecnici Art. 109 D.lgs 152/06**

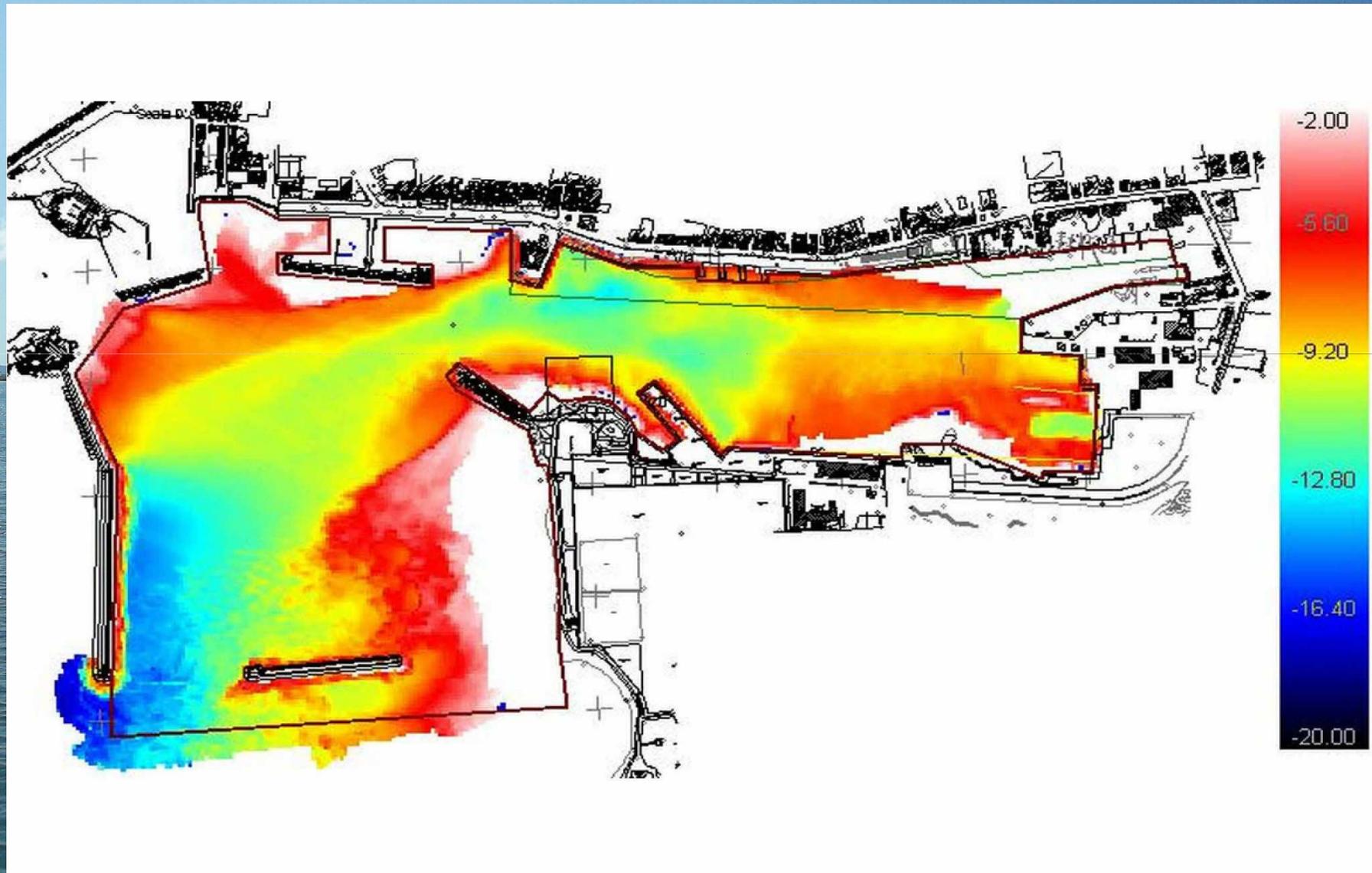
Le risultanze analitiche sono considerate valide per un periodo di 24 mesi, purché non si siano verificati eventi naturali o artificiali (es. dragaggi, sversamenti accidentali, mareggiate estreme) che abbiano modificato la situazione ambientale dal momento del campionamento.

Tale periodo può essere esteso fino a 5 anni sulla base delle informazioni della scheda di bacino o ripetendo le indagini previste su un numero significativo (non inferiore al 30%) di campioni dello strato superficiale distribuiti in modo rappresentativo dell'intera superficie da caratterizzare.

# Area portuale di Trapani



# Visualizzazione profondità dei fondali



# Obiettivi del progetto

## ❖ La valutazione della qualità dei sedimenti marini.

La scelta delle migliori opzioni gestionali, inclusa la necessità di eventuali trattamenti o la possibilità di una immersione in mare, deriva proprio dalla valutazione della loro qualità e dei rischi associati. Come abbiamo visto è una problematica complessa con criticità normative e concettuali ancora aperte, non essendo sempre chiari i criteri con cui stabilire la qualità ed il rischio.

**A livello scientifico vi è ormai la consapevolezza che tale complessità debba essere affrontata con un approccio multidisciplinare definito Weight Of Evidence (WOE) che integra e pesa adeguatamente diverse linee di evidenza o criticità tra cui le tradizionali analisi chimiche e le analisi biologiche, condotte sia in condizioni di laboratorio che naturali, per stabilire la biodisponibilità dei contaminanti associati ai sedimenti e la comparsa di effetti biologici avversi ai diversi livelli, da quello molecolare fino a quelli di organismi o comunità.**

## ❖ Applicazione dei criteri tecnici presenti nella nuova normativa

Il Decreto Attuativo dell'art. 109 del D.lgs 152/2006 in corso di emanazione, prevede la possibilità di adottare criteri di valutazione ambientale integrata, **purchè siano stati oggetto di sperimentazione scientifica ai fini di una loro validazione** ed accettazione normativa. In questo contesto, l'obiettivo del presente progetto di ricerca è quello di testare, all'interno di un'area marina pilota, nuovi modelli e criteri di integrazione ponderata dei dati chimici, biologici ed ecotossicologici, per l'ottenimento di indici quantitativi di pericolo, propedeutici ad una analisi di rischio ambientale e allo sviluppo di una metodologia standardizzata da sottoporre al recepimento normativo.

Il confronto con la valutazione della qualità dei sedimenti ottenuta con l'approccio tradizionale, rappresenterà un ulteriore elemento per valutare l'utilità dei nuovi modelli e criteri di integrazione dei dati, finalizzati all'individuazione delle più appropriate opzioni di gestione dei sedimenti, inclusa l'elaborazione di nuovi piani di monitoraggio sperimentali per la verifica degli impatti ambientali in relazione alle differenti aree marine costiere interessate da eventuali attività di movimentazione.

## ❖ Sperimentazione di criteri metodologici innovativi

L'area portuale di Trapani è collocata in un contesto peculiare in cui coesistono specificità naturali con elevato valore ecologico, insieme a pressioni antropiche e condizioni di rischio di impatto ambientale (es. cantieristica). Tale situazione offre la possibilità di una sperimentazione scientifica di:

- criteri di individuazione dei campioni da analizzare (analisi del singolo campione o formazione di pools di campioni);
- modalità di conservazione dei campioni (differenze tra campioni analizzati “freschi” o “congelati”);
- modalità differenti di preparazione del campione per le analisi ecotossicologiche (es. elutriazione 1:4 o 1:10);
- analisi integrata dei risultati.

In definitiva questo progetto rappresenta un progetto pilota per testare l'applicabilità di nuovi criteri di caratterizzazione del sedimento e di valutazione del dato.

# Attività dei vari Enti collaboratori.

A questo progetto di Ricerca partecipano come Enti Collaboratori:

❖ il **Provveditorato** Interregionale Opere Pubbliche Sicilia-Calabria - Ufficio IV Opere Marittime per la Sicilia - del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti,

❖ l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (**ISPRA**),

❖ il Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare (**CoNISMa**)

❖ l'Istituto di Biomedicina e Immunologia Molecolare "Alberto Monroy" del Consiglio Nazionale delle Ricerche (**IBIM-CNR**).

## ATTIVITA' ISPRA:

❖elaborazione del progetto e del piano di valutazione ambientale dell'area marina oggetto di studio in linea con le normative vigenti e con le possibili modifiche, tenendo in adeguata considerazione anche le indicazioni derivanti da collaborazioni di ricerca e accordi internazionali

❖supervisione e coordinamento delle attività di campo in conformità dei protocolli di campionamento e di analisi

❖conduzione delle indagini ecotossicologiche volte ad evidenziare possibili effetti tossici su organismi rappresentativi degli ambienti marini, utilizzando il sito oggetto di studio quale sito pilota nazionale

❖valutazione dei risultati chimici e biologici attraverso i nuovi modelli integrati, e al confronto con un approccio normativo tradizionale per l'individuazione delle più appropriate opzioni di gestione dei sedimenti, inclusa l'eventuale immersione controllata in mare

❖sulla base dei risultati complessivi di questo progetto, l'elaborazione di nuovi piani di monitoraggio sperimentali da sottoporre al recepimento normativo per la verifica degli impatti ambientali



# Analisi principali previste dal piano di caratterizzazione

PARAMETRO	N. CAMPIONI
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <b>Granulometria</b></li> <li><input type="checkbox"/> <b>Sostanza organica totale</b></li> <li><input type="checkbox"/> <b>Concentrazioni nei sedimenti di:</b></li> <li>⌚ <b>Metalli:</b> Hg, Cd, Pb, As, Cr tot, Cu, Ni, Zn, Al, V .</li> <li>⌚ <b>IPA:</b> Naftalene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perylene, Indeno(1,2,3-cd)pirene</li> <li>⌚ <b>PCB</b></li> <li>⌚ <b>Idrocarburi:</b> C&lt;12 e C&gt;12</li> <li>⌚ <b>Azoto e fosforo totali</b></li> <li>⌚ <b>Pesticidi organoclorurati</b></li> </ul>	<b>350</b>

PARAMETRO	N. CAMPIONI
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <b>Saggi biologici :</b></li> <li>⌚ <i>Vibrio fischeri</i> (batterio bioluminescente)</li> <li>⌚ <i>Pheodactylum tricornutum</i> (alga marina)</li> <li>⌚ <i>Paracentrotus lividus</i> (saggio di sviluppo embrionale)</li> </ul>	<b>200</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <b>Concentrazione dei composti organostannici</b></li> </ul>	<b>120</b>













**ISPRA**

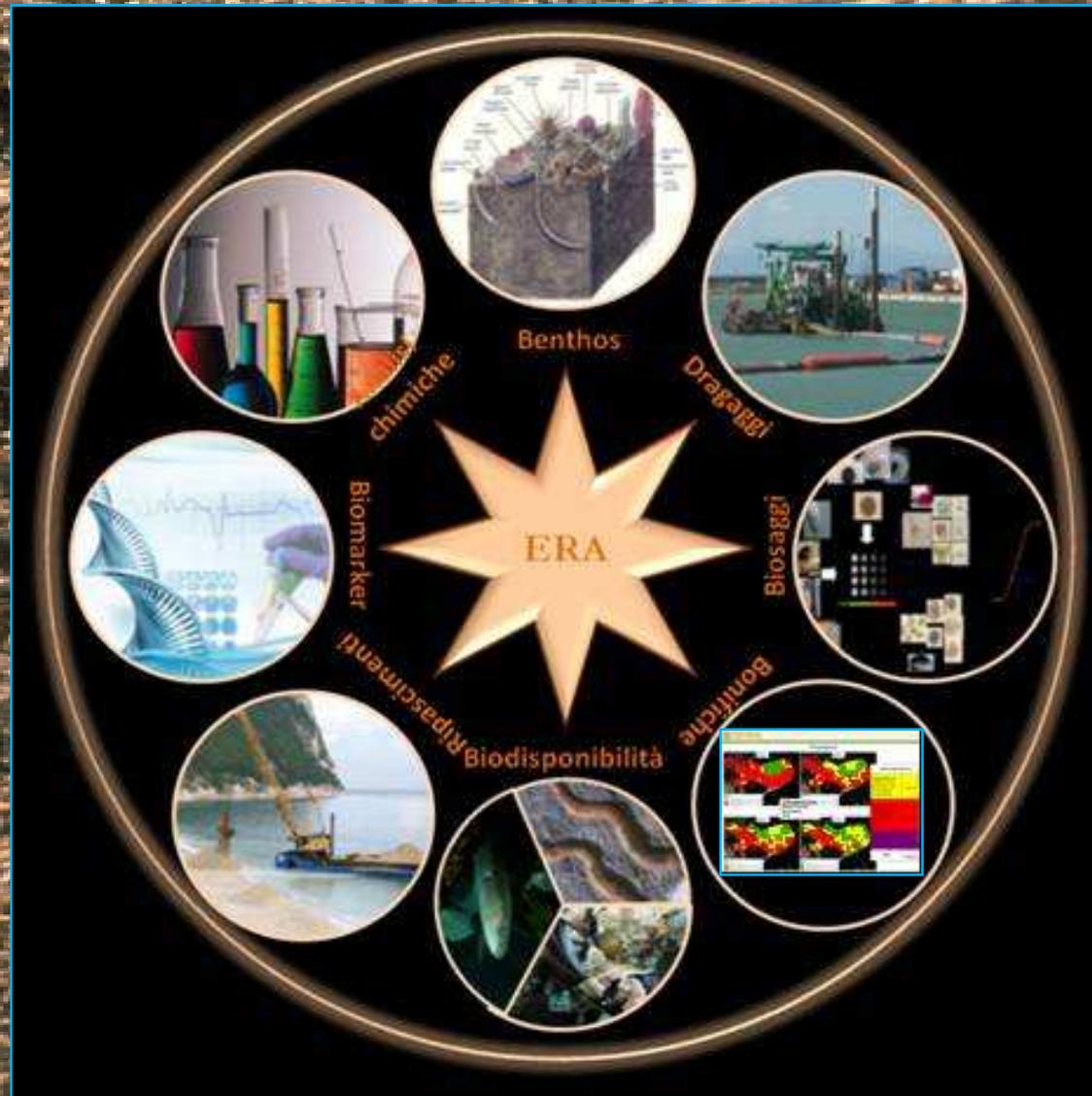
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

**GRAZIE**

**...passo la parola a**

**Fulvio**

## *Elementi per la valutazione dell'Analisi di Rischio Ecologico*



# QUADRO NORMATIVO GENERALE E ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO APPLICATE AI SEDIMENTI

**Elenco principali riferimenti  
normativi nazionali e linee guida  
in materia di bonifiche  
dei siti inquinati**

**criteri concettuali o metodologici  
su come condurre tali analisi**

**Decreto legislativo 3 aprile 2006  
n. 152 (Codice dell'Ambiente)**

Parte IV – Norme in materia di gestione rifiuti e di bonifica di  
siti inquinati  
Titolo V – **Bonifica di siti contaminati**

**Decreto Ministero Ambiente  
7 novembre 2008**

Disciplina delle operazioni di **dragaggio nei siti di bonifica**  
di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 1, comma 996,  
della legge 27 dicembre 2006 n. 296 (Finanziaria)

**Decreto Ministero Ambiente  
4 agosto 2010**

Modifica della tabella A2, dell'allegato A del  
decreto ministeriale 7 novembre 2008,  
relativo alla **disciplina delle operazioni di dragaggio  
nei siti di bonifica di interesse nazionale.**

**Art. 48 , Legge 24.03.2012, n. 27**

**Norme in materia di dragaggi nei SIN**

**Decreto legislativo  
10 dicembre 2010 n.219**

**Attuazione della direttiva 2008/105/Ce relativa a standard di  
qualità ambientale** che stabilisce specifiche tecniche per l'analisi  
chimica ed il monitoraggio dello stato delle acque

*Le normative o linee guida nazionali sulla movimentazione dei sedimenti non prevedono riferimenti all'analisi di rischio ecologico ed il quadro normativo è frammentario anche per l'applicazione delle indagini biologiche e tossicologiche che, sebbene contemplate in alcuni riferimenti o linee guida, non sono tuttavia inquadrare in un approccio multidisciplinare integrato o rivolto all'analisi di rischio ecologico.*

*Tale mancanza è evidente anche a livello europeo dove, nonostante l'introduzione del concetto di "stato ecologico" dei corpi idrici, sono previsti i possibili criteri o elementi da considerare per la sua caratterizzazione, ma senza che si faccia mai riferimento all'analisi di rischio ecologico.*

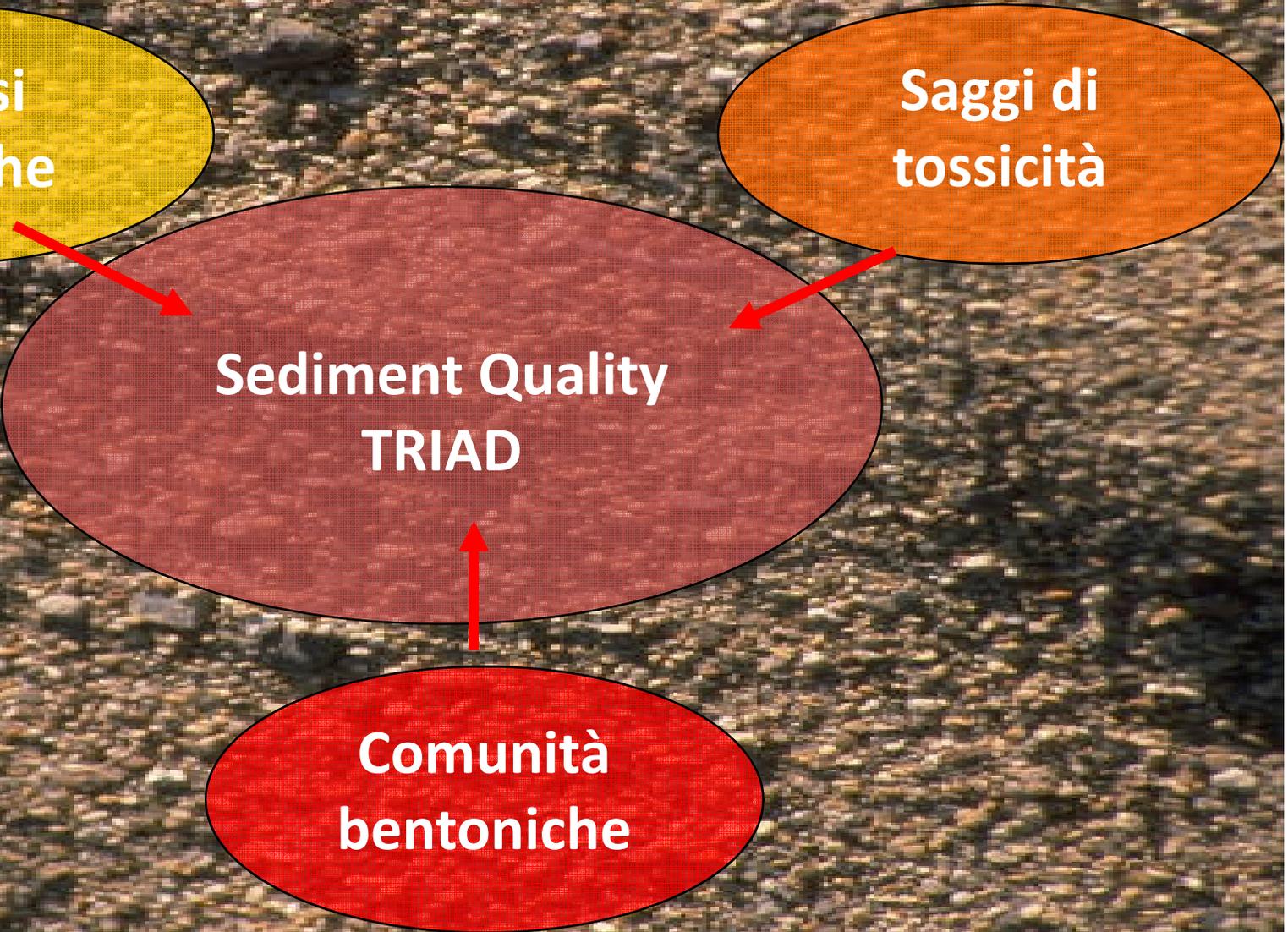
## Valutazione integrata della qualità dei sedimenti: Sediment Quality Triad (1986)

Analisi  
chimiche

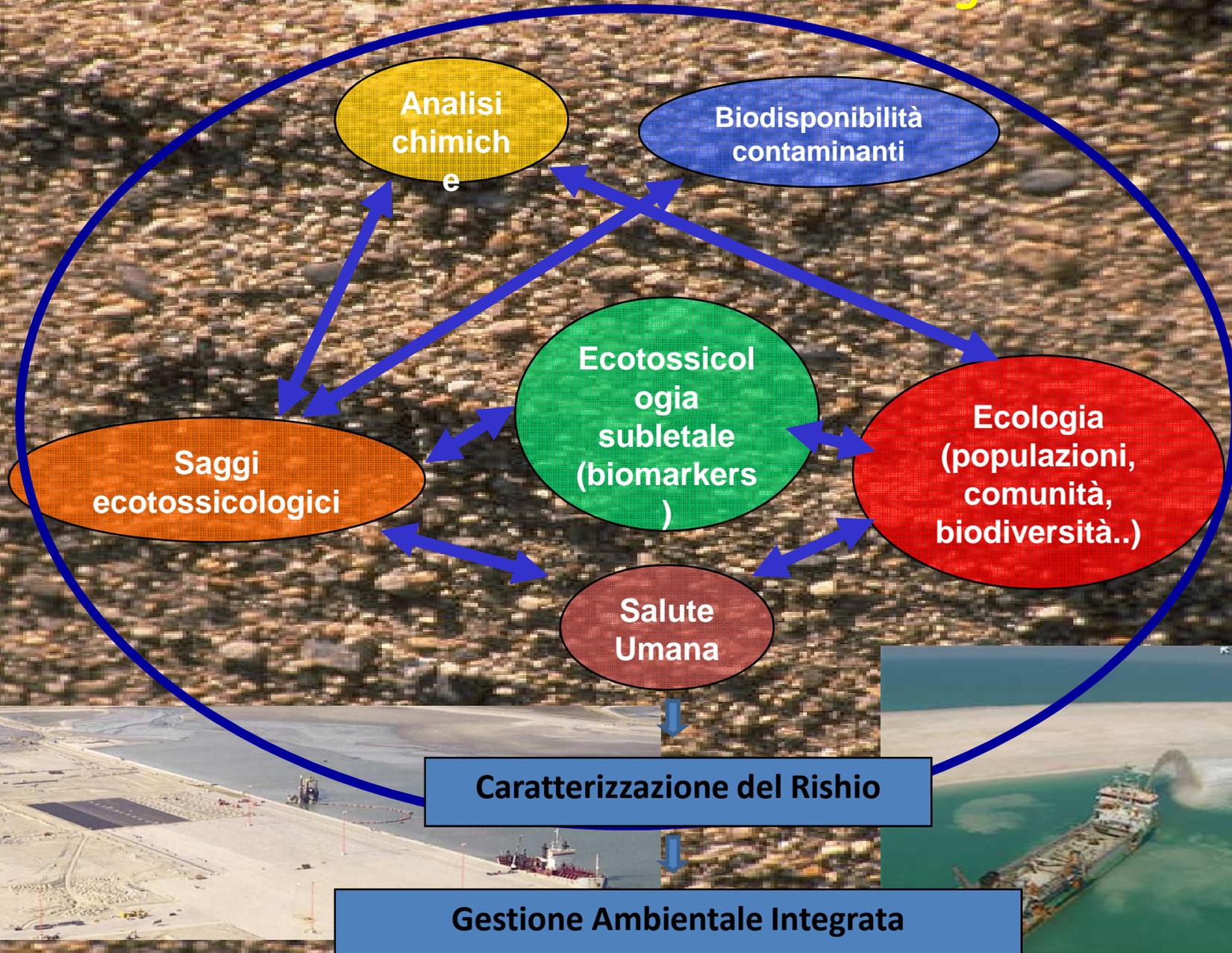
Saggi di  
tossicità

Sediment Quality  
TRIAD

Comunità  
bentoniche



# Approcci multidisciplinari: WOE e analisi di rischio ecologico



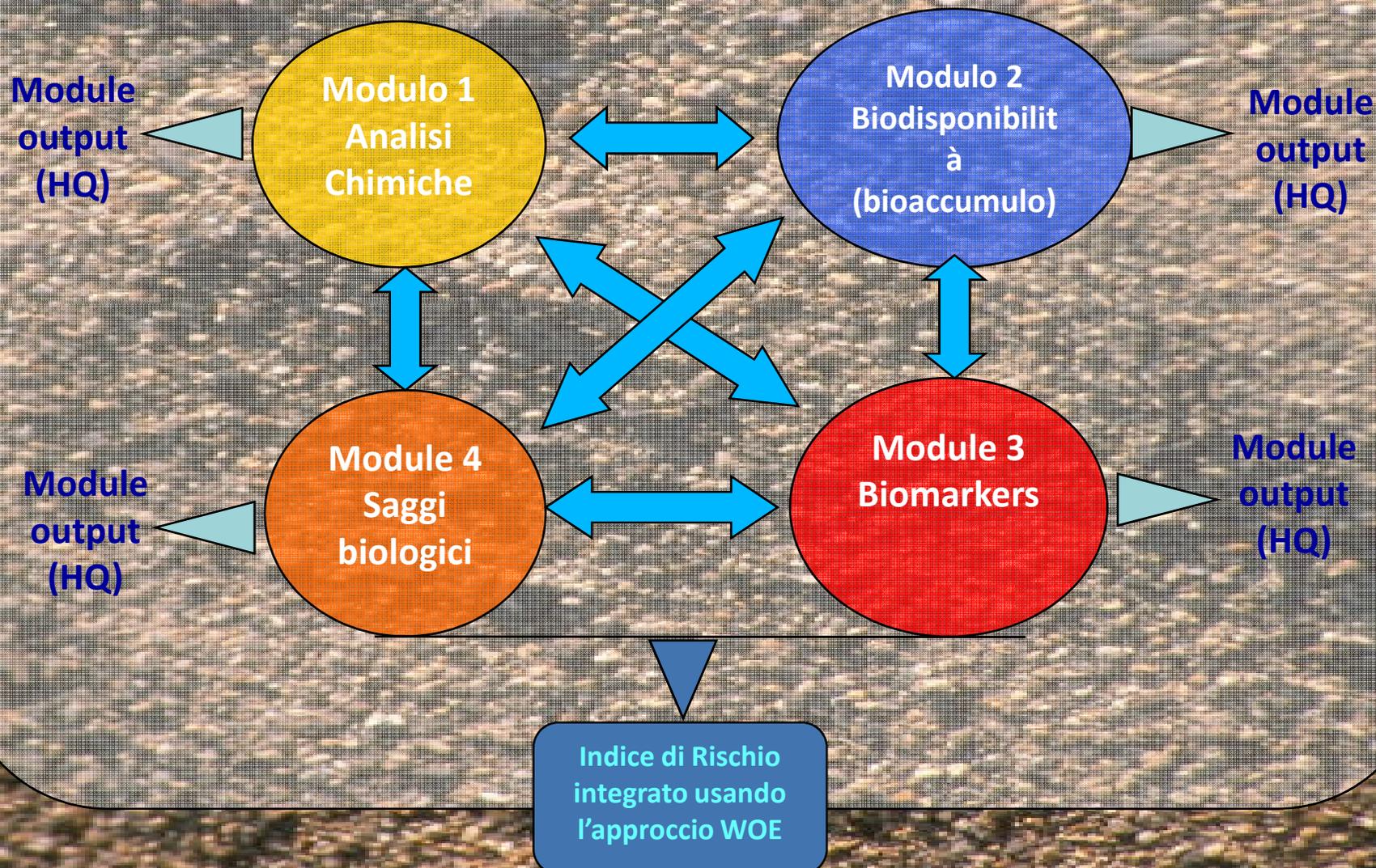


**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



## Sediqualssoft®

### Struttura generale del modello per la definizione della qualità (pericolo) dei sedimenti marino-salmastri





**CHEMOSPHERE**  
**ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY  
AND RISK ASSESSMENT**

Editors **J.P. Giesy** and **A. Gies**



Assessing sediment hazard through a weight of evidence approach with bioindicator organisms: A practical model to elaborate data from sediment chemistry, bioavailability, biomarkers and ecotoxicological bioassays

Francesco Piva<sup>a</sup>, Francesco Ciaprin<sup>a</sup>, Fulvio Onorati<sup>b</sup>, Maura Benedetti<sup>a</sup>, Daniele Fattorini<sup>a</sup>, Antonella Ausili<sup>b</sup>, Francesco Regoli<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Dipartimento di Biochimica, Biologia e Genetica, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy  
<sup>b</sup> Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Roma, Italy

ARTICLE INFO

**Article history:**  
Received 24 September 2010  
Received in revised form 9 December 2010  
Accepted 13 December 2010  
Available online 15 January 2011

**Keywords:**  
Sediment  
Hazard  
Chemical pollutants  
Bioavailability  
Biomarkers  
Bioassays

ABSTRACT

Quality assessments are crucial to all activities related to removal and management of sediments. Following a multidisciplinary, weight of evidence approach, a new model is presented here for comprehensive assessment of hazards associated to polluted sediments. The lines of evidence considered were sediment chemistry, assessment of bioavailability, sub-lethal effects on biomarkers, and ecotoxicological bioassays. A conceptual and software-assisted model was developed with logical flow-charts elaborating results from each line of evidence on the basis of several chemical and biological parameters, normative guidelines or scientific evidence; the data are thus summarized into four specific synthetic indices, before their integration into an overall sediment hazard evaluation. This model was validated using European eels (*Anguilla anguilla*) as the bioindicator species, exposed under laboratory conditions to sediments from an industrial site, and caged under field conditions in two harbour areas. The concentrations of aliphatic hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons and trace metals were much higher in the industrial compared to harbour sediments, and accordingly the bioaccumulation in liver and gills of exposed eels showed marked differences between conditions seen. Among biomarkers, significant variations were observed for cytochrome P450-related responses, oxidative stress biomarkers, lysosomal stability and genotoxic effects; the overall elaboration of these data, as those of standard ecotoxicological bioassays with bacteria, algae and copepods, confirmed a higher level of biological hazard for industrial sediments. Based on comparisons with expert judgment, the model presented efficiently discriminates between the various conditions, both as individual modules and as an integrated final evaluation, and it appears to be a powerful tool to support more complex processes of environmental risk assessment.

© 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The characterization of contaminated marine sediments is of crucial ecological and toxicological importance. This can also have economic implications (Chapman et al., 2002), since political decisions on management choices are greatly influenced by the technical assessment of their quality and the associated risks. Nonetheless, the definition of sediment quality can be highly controversial.

Chemical characterization by itself does not provide specific biological information about potential hazards to organisms (Chapman, 2007). As a more integrated and multidisciplinary ap-

proach, the concept of weight of evidence (WOE) integrates data from different studies, or lines of evidence (LOEs), that address questions relating to the presence of chemical pollutants, their bioavailability, and the onset of adverse effects at different levels of biological organization, i.e. from a molecular level to organism or community effects (Chapman and Hollert, 2006). The transfer of contaminants from sediments to biota is obviously a necessary requisite for toxicity to occur, but bioaccumulation dynamics of contaminated sediments is still an area of active research, modulated by both the class of chemical pollutants and the exposure conditions (McCarty et al., 2002; Semple et al., 2004).

Laboratory bioassays are a common procedure to evaluate toxicological endpoints at organism level, in a large number of test species from across several taxa, and across the main ecological or trophic positions (i.e. from bacteria to fish, and from decomposers to final consumers). However, controlled laboratory conditions are greatly simplistic compared to the natural environment, and

\* Corresponding author. Address: Dipartimento di Biochimica, Biologia e Genetica, Università Politecnica delle Marche, Via Ranieri, Monte D'Ago, 60100 Ancona, Italy. Tel.: +39 071 2204613; fax: +39 071 2204609.

E-mail address: [fregoli@univpm.it](mailto:fregoli@univpm.it) (F. Regoli).

## **Modulo 1:**

### **LOE - Caratterizzazione chimica dei sedimenti**

#### **CRITICITA'**

#### **Scelta del riferimento normativo appropriato**

*(ad es. LCB/LCL; SQS D.Lgs 219/2010; Col. A e B all. 5, parte IV titolo V D.Lgs 152/2006; ERL/ERM; TEL/PEL; SL/SQHV-ANZECC 2009)*

#### **Approccio pass-to fail**

*(si considera il risultato peggiore tra quelli analizzati ?)*

#### **Criteri di ponderazione integrata**

*(ad es. tipologia dei contaminanti, numero dei parametri che "sfiorano", entità degli sfioramenti).*

# Modulo 1: Input analisi chimiche dei sedimenti

As	Ba	Be	Cd	Co	Cr total	Cr VI	Cu	Fe	Hg	MM-Hg	Ni	Pb	Sb	Se
24		3	0,1	1	0,2	0,11	2	1	0,1	0,012	25	20		
11	90	90	20	0,1	0,1	0,088	0,1	0,1	0,5	0,08	12	22	0,9	
	2	2	5	5	3	0,98	1	8	1	0,25	14,52	11,4	587	
10	1	4		17	1	0,5	11	52	2	0,71				

Area name: Fosso Conocchio

Latitude:

Longitude:

Site code: Sponda Nord

Core code: H1

Core level: 30

Sample code:

Sampling date: 02/02/2008

Note:



159 analytes including Trace metals, aliphatic hydrocarbons, PAHs, PCBs, pesticides, organo-tin dioxins and dioxin-like compounds, aromatic solvents, halogenated, nitro-aromatics, phenols, aromatic ammine, ...

	LCB > 10	LCB < 10	LCL	ERL	ERM	TEL	
Chemical HQ	76,05855	133,4686	32,78961	21,85093	2,801946	44,75826	Chemical HQ
Max % contr to HQ	97,85933	97,56097	100	80	100	85,43316	Max % contr to HQ
N° exceeding param.	2	2	1	2	1	3	N° exceeding param.
N° param with refer.	5	5	5	5	5	5	N° param with refer.
						11	N° analysed param.
						SEVERE	Class of 'chemical' risk

## REFERENCE VALUES

- LCB (Base Chemical Level) (APAT-ICRAM, 2006)
- LCL (Limit Chemical Level) (APAT-ICRAM, 2006)
- ERL (Effect Range Low) (Long et al., 1995)
- ERM (Effect Range Median) (Long et al., 1995)
- TEL (Threshold Effect Level) (Mac Donald, 1994, Long et al. (1995)
- PEL (Probable Effect Level) (Mac Donald, 1994, Long et al. (1995)
- DM 56/09,
- SL/SQHV (ANZECC, 2009)
- Column A, (Allegato 5, parte IV, Titolo V, D. Lgvo 152/2006)
- Column B ("...")

Col B (Dl. vo. 152/06)	Chemical HQ
2	1,803464
	100
	1
	6

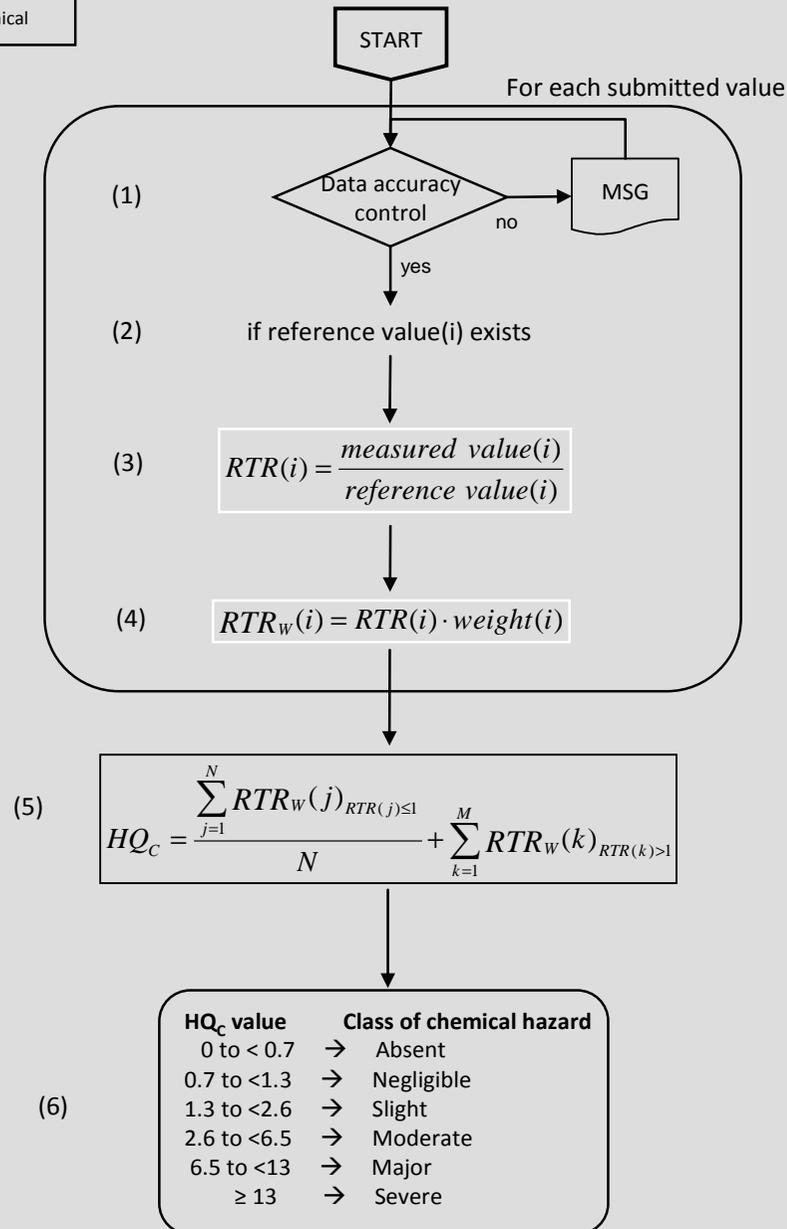
Chemical HQ

Max % contr to HQ

N° exceeding param.

N° param with refer.

Chemical



Calculation for each parameter concentration of the Ratio To Reference, RTR

Correction for typology of pollutants (i.e. hazardous or priority), RTR<sub>p</sub>

- Cumulative HQ differently weights for parameters with RTR < 1 and those with RTR > 1

- to discriminate even moderately polluted sites (close to reference values)

- increase according to number and magnitude of exceeding parameters

- not lowered by “not exceeding” parameters

- Classification of HQ in 1 of 5 classes of risk (absent-negligible, slight, moderate, major, severe)

# Modulo 1: Output valutazione pericolo chimico dei sedimenti

**Chemical characterization**

Area name:  Note:

Latitude:

Longitude:

Site code:

Core code:

Core level:

Sample code:

Sampling code:

Sampling date:

Unit measures to be used:

- Grain size: %
- Heavy metals and trace elements: mg/Kg (d.wt.)
- Organic compounds: mg/Kg (d.wt.)
- Radionuclides: Bq/g (d.wt.)

Process and save

Clean record

Import from Excel



	LCB (Pelite>10%)	LCB (Pelite<10%)	LCL	ERL	ERM	TEL
Chemical HQ	21,98298	39,27748	9,863871	13,28911	0,3931875	19,97384
Max % contr to HQ	85,10638	83,33334	83,33334	66,66666	0	51,12782
N° exceeding param.	2	2	2	2	0	2
N° param with refer.	6	6	6	6	6	6
N° analysed param.	14	14	14	14	14	14
Class of 'chemical' hazard	SEVERE	SEVERE	MAJOR	SEVERE	ABSENT	SEVERE

	PEL	DM56/09 (SQA)	SL ANZECC 09	SQHV ANZECC 09	Col A (Dig.vo_152/06)	Col B (Dig.vo_152/06)
Chemical HQ	3,5511	26,3968	13,27825	0,3397013	3,555909	0,109327
Max % contr to HQ	54,74643	83,33333	66,66666	0	100	0
N° exceeding param.	2	2	2	0	1	0
N° param with refer.	6	6	7	7	7	7
N° analysed param.	14	14	14	14	14	14
Class of 'chemical' hazard	MODERATE	SEVERE	SEVERE	ABSENT	MODERATE	ABSENT

N° param with refer.

N° analysed param.

Class of 'chemical' hazard

**HQ value**

- Maximum % contribution given to HQ by a single analyte
- n. parameters exceeding the reference
- n. parameters with a reference
- n. analyzed parameters
- class of chemical hazard

Record: 14 | 3 di 9 | Nessun filtro | Cerca

# Modulo 2- Input dati di biodisponibilità

Mas\_biodisponibilità
✕

ID: 46

Area name: Marina\_dorica

Site code: cc

Sampling code: cc

Core code: u

Core level:

Sample code: g

Latitude:

Longitude:

Sampling date:

Note:

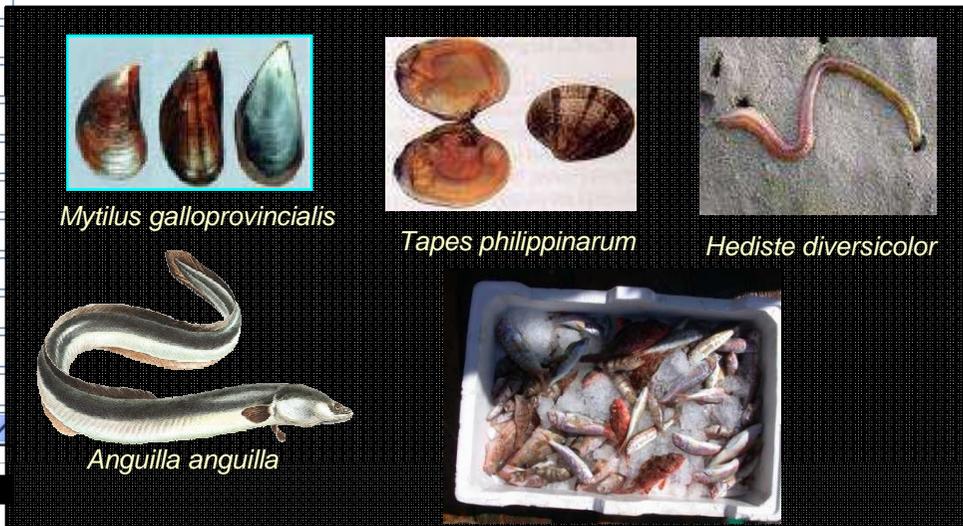
Species: *Anguilla\_anguilla*

Tissue\_organ: *Mytilus\_galloprovincialis*

Experimental condition: *Anguilla\_anguilla*

Control / exposed: *Crassostrea\_spp*

Exposure time: *Tapes\_spp*



*Mytilus galloprovincialis*      *Tapes philippinarum*      *Hediste diversicolor*

*Anguilla anguilla*

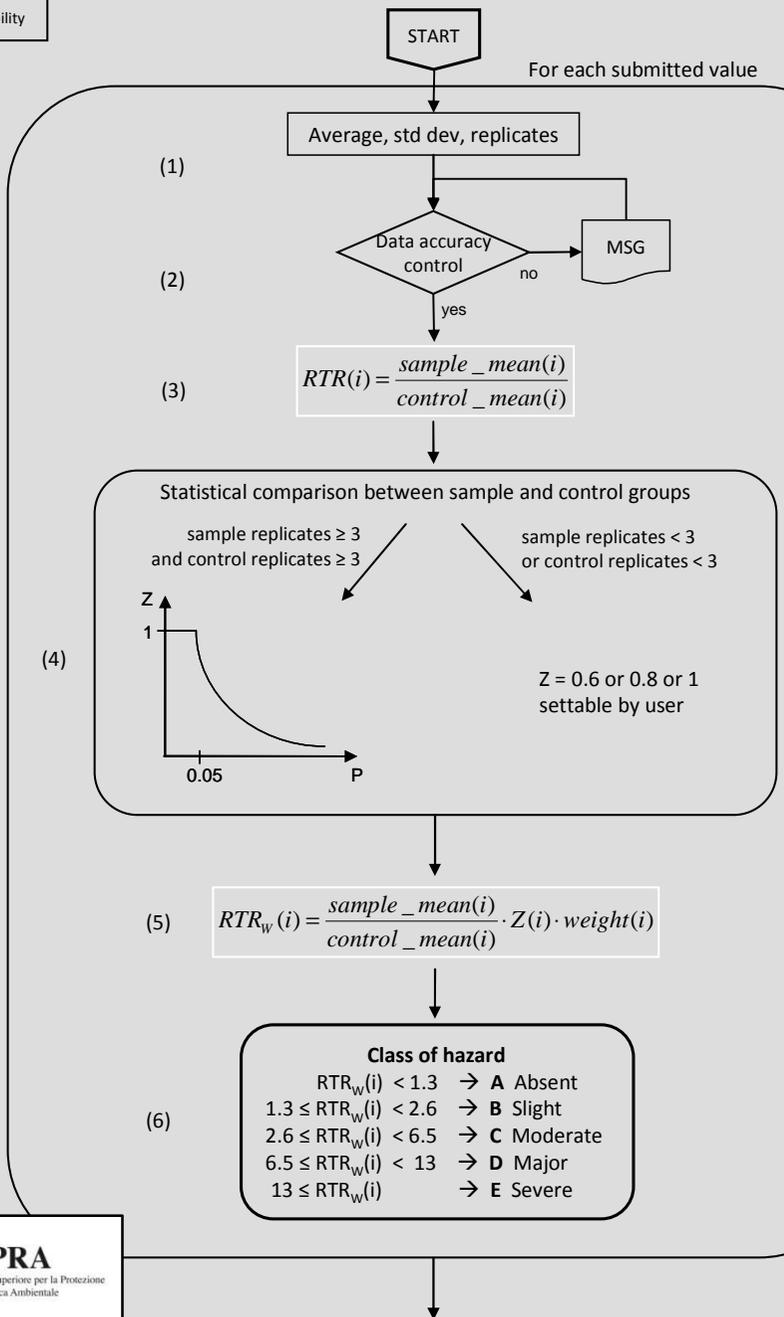
Import from Excel

Area name	Species	Control / exposed	Tissue_organ	As	Cd	Co	Cr V	Cu	Fe
area_industriale	<i>Anguilla_anguilla</i>	Investigated area	Liver_dig gland	3,3				23,75587	266,8
area_industriale	<i>Anguilla_anguilla</i>	Investigated area	Liver_dig gland	1,6				20,97943	474,6
area_industriale	<i>Anguilla_anguilla</i>	Investigated area	Liver_dig gland	1,2				25,39606	340,7
area_industriale	<i>Anguilla_anguilla</i>	Reference area	Liver_dig gland					16,55668	288,8
area_industriale	<i>Anguilla_anguilla</i>	Reference area	Liver_dig gland					19,00821	208,4
area_industriale	<i>Anguilla_anguilla</i>	Reference area	Liver_dig gland					24,1676	217,5
Marina_dorica	<i>Anguilla_anguilla</i>	Investigated area	Gills					28,01463	245,5
Marina_dorica	<i>Anguilla_anguilla</i>	Investigated area	Gills					9,882778	775,6
Marina_dorica	<i>Anguilla_anguilla</i>	Investigated area	Gills					14,43224	214,0
Fosso Conocchio	<i>Anguilla_anguilla</i>	Laboratory_sediment	Liver_dig gland	1,4895				2,744792	114,9
Fosso Conocchio	<i>Anguilla_anguilla</i>	Laboratory_sediment	Liver_dig gland	1,0391				2,204196	254,5

Same analytes  
of Module 1

# Modulo 2: Flow chart e algoritmi per il calcolo della biodisponibilità

Bioavailability



- Calculation for each parameter of the Ratio To Reference, corrected for typology of pollutants (i.e. hazardous or priority) and statistical significance (RTRp),
- Assignment of each parameter to 1 of 5 classes of risk (null-negligible, low, medium, high, very high)
- Calculation of cumulative HQ which differently weights parameters according to the entity of variation
- Classification of cumulative HQ in 1 of 5 classes of risk according to % distribution of parameters in the 5 classes

(7) 
$$HQ_{BA} = \frac{\sum_{n=1}^j RTR_w(n)_{1.3 \leq RTR_w < 2.6}}{j} + \sum_{n=1}^k RTR_w(n)_{RTR_w \geq 2.6}$$

(8) Level of hazard bioavailability =

$$(\% param_{RTR < 1.3}) + (\% param_{1.3 \leq RTR < 2.6} \cdot 3) + (\% param_{2.6 \leq RTR < 6.5} \cdot 9) + (\% param_{6.5 \leq RTR < 13} \cdot 27) + (\% param_{RTR > 13} \cdot 81)$$

Class of hazard for bioavailability

100	→ Absent
100 to 300	→ Slight
300 to 900	→ Moderate
900 to 2700	→ Major
2700 to 8100	→ Severe

# Modulo 2: Output di calcolo della biodisponibilità dei contaminanti

Mas\_biodisp\_risuntiva

Tab\_biodisp\_risuntiva

### Bioavailability

ID: 4509  
 Area name: Sedimento industriale  
 Site code: exp1  
 Sampling code: K37  
 Sample code: d  
 Species: Anguilla\_anguilla  
 Tissue / organ: Gills  
 Experimental condition: Laboratory\_sediment  
 Control / exposed: Exposed

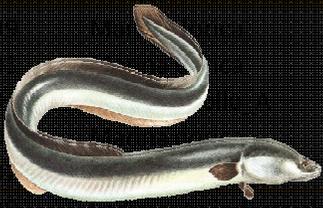
N° param in class 1 (hazard ABSENT) 11  
 N° param in class 2 (hazard SLIGHT) 4  
 N° param in class 3 (hazard MODERATE) 3  
 N° param in class 4 (hazard MAJOR) 4  
 N° param in class 5 (hazard SEVERE) 4  
 Bioavailability HQ 145,5523  
 Level of hazard for bioavailability MAJOR

Process 1 Process 2

- n. of parameters in each of the 5 - classes of hazard

- cumulative HQ value

- class of hazard for bioavailability



**Species tissue**



**Exposure conditlon**

						Tissue / orga	Experimenta	Control / expose
					ovincialis	Gills	Transplanted	Reference area
					ovincialis	Gills	Transplanted	Investigated area
					ovincialis	Gills	Transplanted	Reference area
					ovincialis	Liver_dig gland	Transplanted	Investigated area
					ovincialis	Liver_dig gland	Transplanted	Reference area
					la	Gills	Laboratory_se	Exposed
4511	sed_controllo_B	a	K37		Anguilla_anguilla	Gills	Laboratory_se	Control
4513	Sedimento industriale	exp1	K37	d	Mullus_spp	Gills	Laboratory_se	Exposed
4515	sed_controllo_B	a	K37		Mullus_spp	Gills	Laboratory_se	Control
4517	Sedimento industriale	exp1	K37	i	Mullus_spp	Liver_dig gland	Laboratory_se	Exposed
4519	sed_controllo_B	c	K37		Mullus_spp	Liver_dig gland	Laboratory_se	Control
4521	Sedimento industriale	exp1	K37	d	Mytilus_galloprovincialis	Gills	Laboratory_se	Exposed
4523	sed_controllo_B	a	K37		Mytilus_galloprovincialis	Gills	Laboratory_se	Control
4525	Sedimento industriale	exp1	K37	i	Mvtilus_galloprovincialis	Liver dig gland	Laboratorv se	Exposed

Record: 31 di 40

# Modulo 3 – Input dati dei Biomarkers

Area name	Species	Tissue	Experimental condition	Biomarker
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	Antioxidants_catalase
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	Antioxidants_Glutathione
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	Antioxidants_Glutathione
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	Antioxidants_Glutathione
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	Antioxidants_Glutathione
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	Antioxidants_Glutathione
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	TOSCA_peroxyl_radical
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	TOSCA_hydroxyl_radical
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	AcylCoA_oxidase_PP
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	Acetylcholinesterase
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	Metallothioneins
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	FROD
Sedimento industriale	Anguilla_anguilla	liver_dig gland	Laboratory_sediment	EROD



*Mytilus galloprovincialis*



*Tapes philippinarum*



*Anguilla anguilla*



*Hediste diversicolor*

INVERTEBRATES	VERTEBRATES
a) <i>Chamelea gallina</i>	g) <i>Anguilla anguilla</i>
b) <i>Crassostrea spp</i>	h) <i>Dicentrarchus labrax</i>
c) <i>Hediste diversicolor</i>	i) <i>Gobius spp</i>
d) <i>Hexaplex spp</i>	j) <i>Mullus spp</i>
e) <i>Mytilus galloprovincialis</i>	k) <i>Scorpaena spp</i>
f) <i>Tapes spp</i>	l) <i>Sparus aurata</i>
	m) <i>Zosterisessor ophiocephalus</i>

## Modulo 3: Criteri per la valutazione del quoziente di pericolo (HQ) per i Biomarkers

- Selection of a wide array of internationally recognized biomarkers
- Assignment of a weight (1-3) based on the biological relevance:

**1.0** for biomarkers that do not necessarily imply the onset of a toxicity state (e.g. MTs, individual antioxidants, several enzymatic activities, porphyrines, aromatic bile metabolites, among others).

**1.2** to widely accepted early warning signals (e.g. lysosomal parameters), or potentially precluding adverse effects (e.g. peroxisomal proliferation, modulation of multi-drug resistance mechanisms).

**1.5** to responses prognostic of impairment at higher levels of biological organization (e.g. AChE, cytochrome P450, TOSC, lysosomes/ cytoplasm ratio, loss of DNA integrity).

**1.9** to hormonal/ reproductive dysfunction and chromosomal damage (MNs).

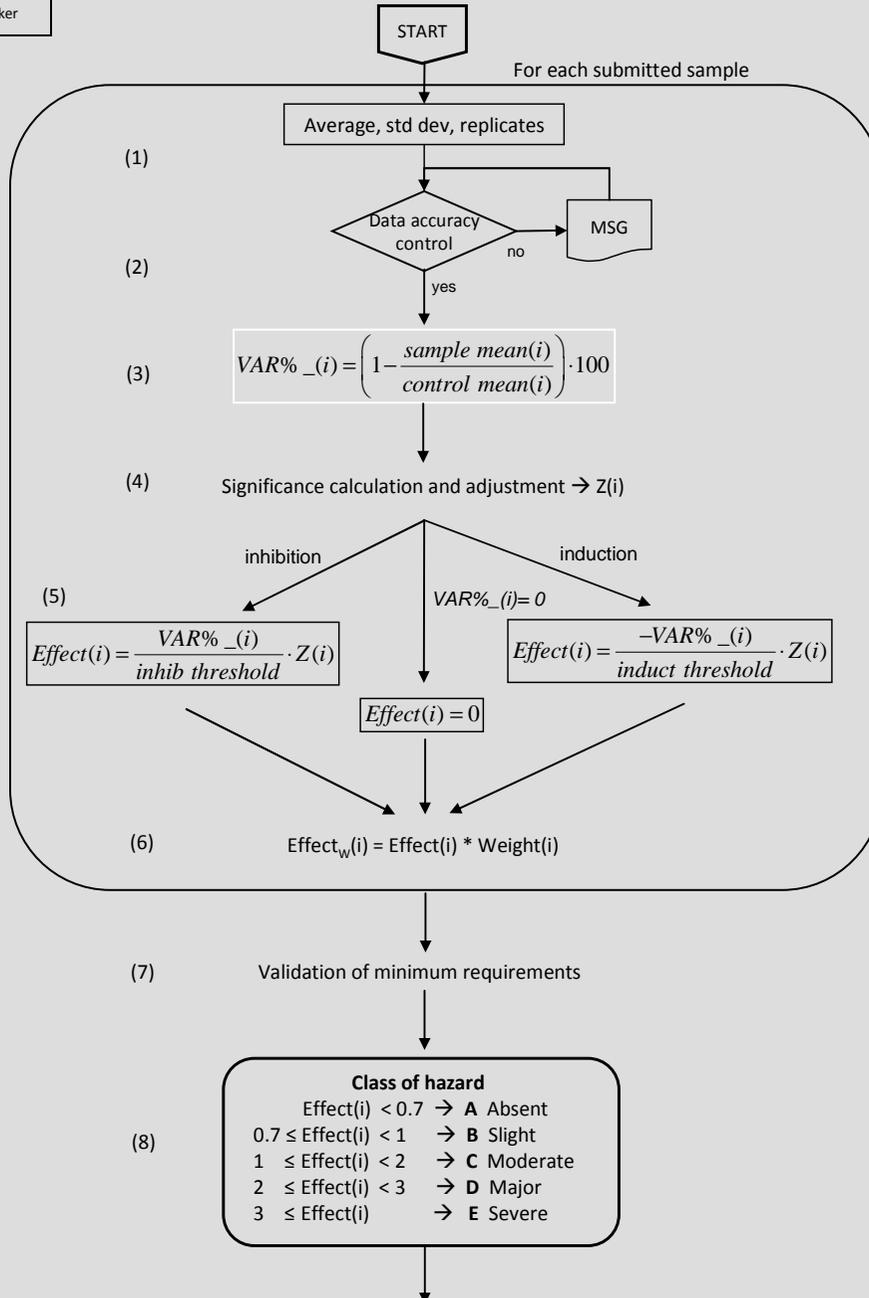
**2.4** to reproductive failure and histopathology

**3.0** to mortality.

- Assignment of a threshold for induction/inhibition in different species and tissues

## Modulo 3: Flow chart and calcolo del quoziente di pericolo per i biomarkers (HQ)

Biomarker



- Calculation for each biomarker of the variation compared to Threshold, corrected for statistical significance and importance of biomarker (score)

- Assignment of each biomarker response to 1 of 5 classes of hazard

- Calculation and Classification of cumulative HQ in 1 of 5 classes of risk according to % distribution of biomarkers in the 5 classes

$$(9) \quad HQ_{BM} = \left( \frac{\sum_{j=1}^N Effect_w(j)_{1 < Effect(j) \leq 2}}{\text{num biomark}_{1 < Effect(j) \leq 2}} + \sum_{k=1}^M Effect_w(k)_{Effect(j) > 2} \right)$$

(10)

Class of hazard for biomarkers =

$$(\% \text{ biomark}_{Effect < 0.7} \cdot 0.7) + (\% \text{ biomark}_{0.7 \geq Effect < 1} \cdot 1) + (\% \text{ biomark}_{1 \geq Effect < 2} \cdot 2) + (\% \text{ biomark}_{2 \geq Effect < 3} \cdot 4) + (\% \text{ biomark}_{Effect \geq 3} \cdot 8)$$

(11)

**Class of hazard biomarker**

< 70	→ Absent
≥ 70 to < 100	→ Slight
≥ 100 to < 200	→ Moderate
≥ 200 to < 400	→ Major
≥ 400 to ≤ 800	→ Severe

# Modulo 3: Output di calcolo del quoziente di pericolo per i Biomarkers

Mas\_biomarker

Tab\_biomarker

ID: 65 Species: Anguilla\_anguilla  
 Area name: Marina dorica Tissue: bile  
 Site code: K37 Experimental\_condition: Transplanted  
 Sample code: A1  
 Sampling date: 25/02/2008  
 Exposure time: 4 weeks  
 Note:  
 Latitude:  
 Longitude:

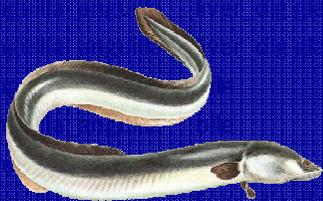
Mean sample	7,15
St. Dev. sample	2,46
n value sample	5
Mean control	7,72
St. Dev. control	6,24
n value control	5

**RESULTS**

	Weighted mean	n° biomarker
Class A	0,2350914	10
Class B	0	0
Class C	1,512854	3
Class D	2,842105	1
Class E	3,247748	1
HQ	7,702708	MODERATE

PROCESS

Species  
Tissue  
Exp. condition



n. of biomarkers in each of the 5 classes of hazard

cumulative HQ value

class of hazard for biomarkers

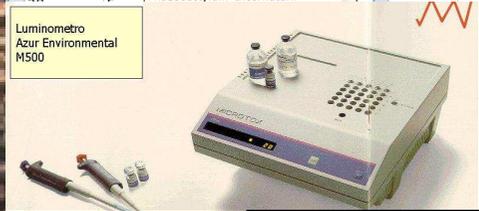
si	n val	Mean cor	St. Dev. ci
5	277,7	55,43	
5	284,09	52,25	
5	40,76	16,9	
5	18,76	8,9	
5	9,43	3,33	
5	28,5	3	
5	7,72	6,24	
5	7,27	2,31	
5	24,17	10	
5	18,38	3,24	

## Modulo 4- input dat saggi biologici (selezione organismi, durata saggio , matrice testata, endpoint)

The screenshot displays the 'Mas\_saggi\_biologici' software interface with multiple overlapping windows. The main window shows data entry fields for a biological assay. The 'ID' is 26, 'Area name' is Fosso Conocchio, 'Site code' is Sponda Nord, and 'Sample code' is A1. The 'Species' is 'Balanus amphitrite' and the 'Exposure time' is 'Acute'. The 'Matrix' is 'Interstitial water' and the 'Endpoint' is 'mortality'. A 'PROCESS' button is visible.

Below the forms, a table displays assay results:

ID	Area nam	Site code	Sample code	Species	Exposure time	Matrix	Endpoint	Control mean	Control Std Dev
26	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
27	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
28	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02



ID	Area nam	Site code	Sample code	Species	Exposure time	Matrix	Endpoint	Control mean	Control Std Dev
26	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
27	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
28	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
29	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
30	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
31	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
32	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
33	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
34	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
35	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
36	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
37	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
38	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
39	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
40	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
41	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
42	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
43	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
44	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
45	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
46	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
47	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
48	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
49	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02
50	Fosso	Sponda Nor	A1	Balanus_amphitrite	Acute	Interstitial water	mortality	0,3164557	1,582278E-02

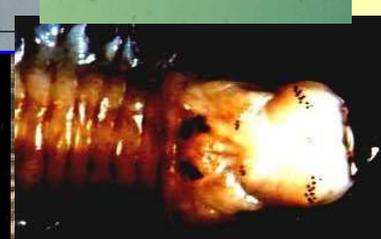
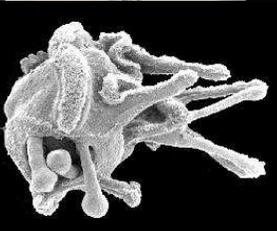
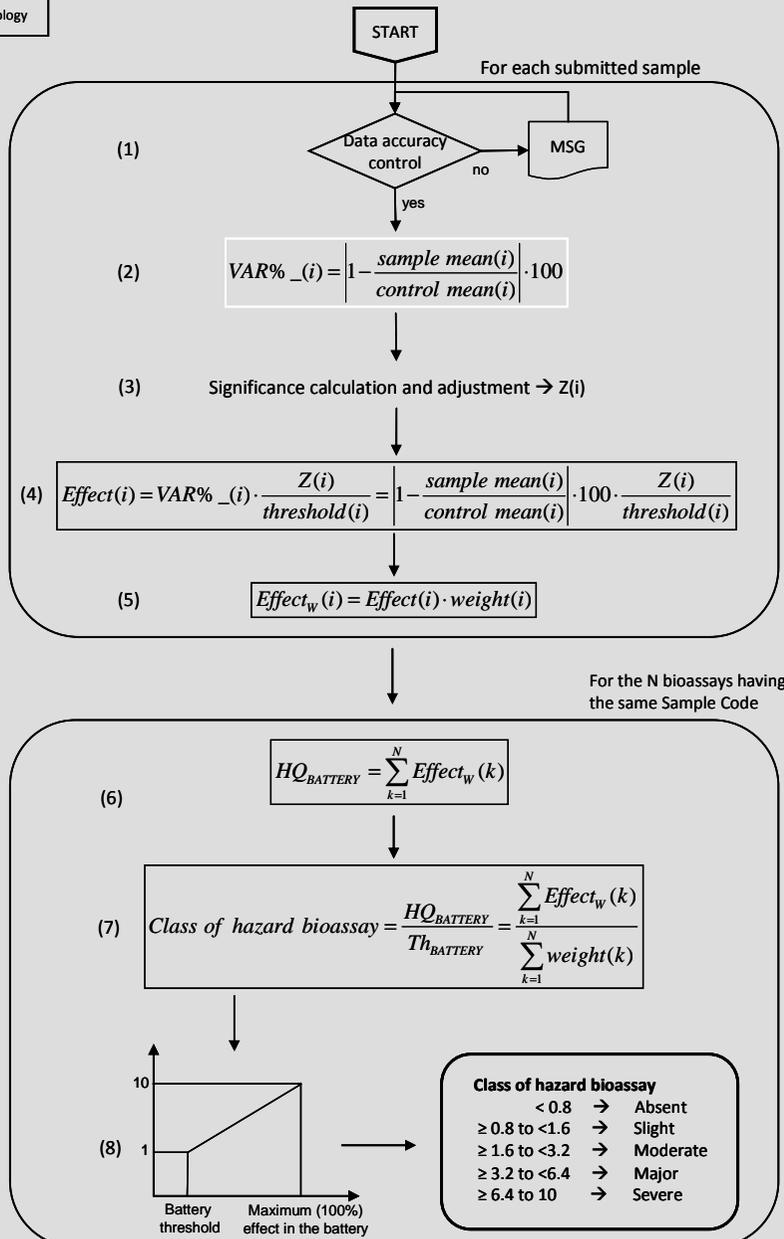


Immagine compilate da Paracentrotus lividus

# Modulo 4: Flow chart and algoritmi per il calcolo del pericolo ecotossicologico

Ecotoxicology



Each bioassay has a Score depending on the biological endpoint, and a Threshold of biological significance based on tested matrix, time of exposure, hormesis

The variation of each bioassay is compared to its Threshold, corrected for the statistical significance and the score of the assay

A cumulative HQ for the battery is calculated by the summation of each effect vs the threshold of the battery

- Classification of the HQ in 1 of 5 classes of hazard, absent, slight, moderate, major, severe (from less of the battery threshold to 100% of effects).

## Modulo 4: Output di calcolo del pericolo ecotossicologico

**Mas\_saggi\_biologici**

### Bioassays

ID:	100	Species:	Vibrio_fischeri
Latitude:	39° 12.670' N	Sample code:	CA-A (0-50)
Longitude:	09° 06.010" E	Matrix:	Whole sediment
Area name:	Porto di Cagliari	Endpoint:	bioluminescence
Site code:	Darsena pescherecci	Control mean:	1109,664
Sampling date:	15/12/2011	Control Std Dev:	141,997
Sampling code:		n value control:	3
Core code:	Carote a mare	Exposed mean:	246
Core level:		Exposed Std Dev:	3,152963
Exposure time:	Acute	n value exposed:	3
Note:			

**SINGLE BIOASSAY RESULTS**

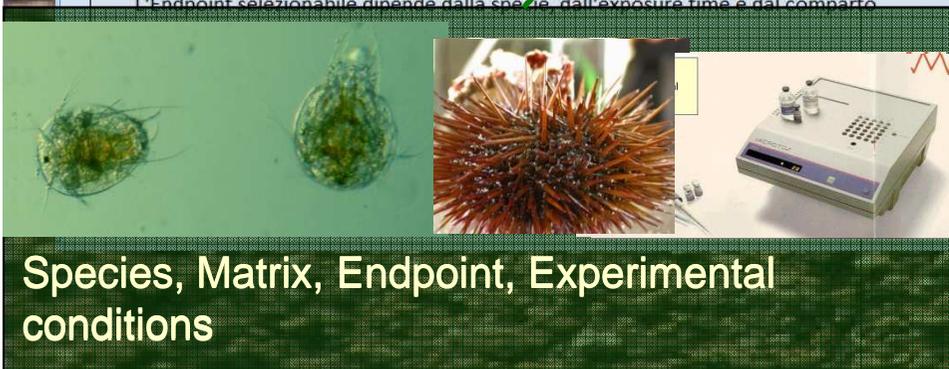
Specific threshold	20 %
Effect percentage	77,83
Weighted effect	3,89 77,83 %
HQ single bioassay	7,51
Class of hazard for single bioassay	<b>SEVERE</b>

**BATTERY BIOASSAYS RESULTS**

n° bioassays	1
Battery HQ	4,2 %
Min and max single bioassay	0 2,5
Class of hazard for bioassays	<b>MAJOR</b>

**PROCESS**

L'Endpoint selezionabile dipende dalla specie, dall'esposizione time e dal comparto



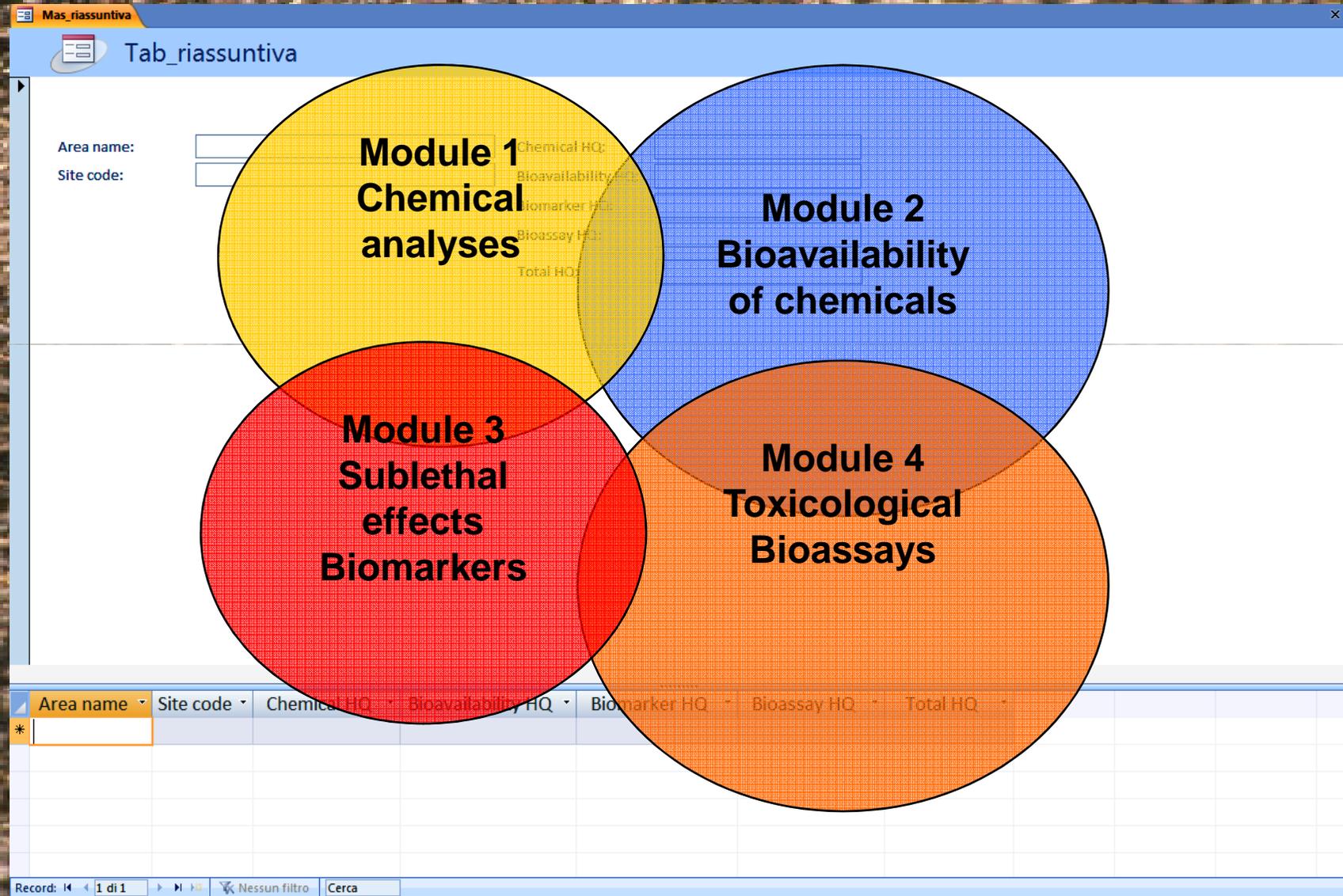
### FOR EACH BIOASSAY:

the specific threshold, the % of effect, the specific HQ and class of hazard

### FOR THE BATTERY:

n° bioassays \*, the cumulative HQ, min and max single bioassays, the class of hazard for the battery of bioassays

## Integrazione del pericolo delle diverse LOEs in un WOE Approach



**Mas\_risuntiva** Tab\_risuntiva

Area name:   
Site code:

**Module 1**  
**Chemical analyses**

**Module 2**  
**Bioavailability of chemicals**

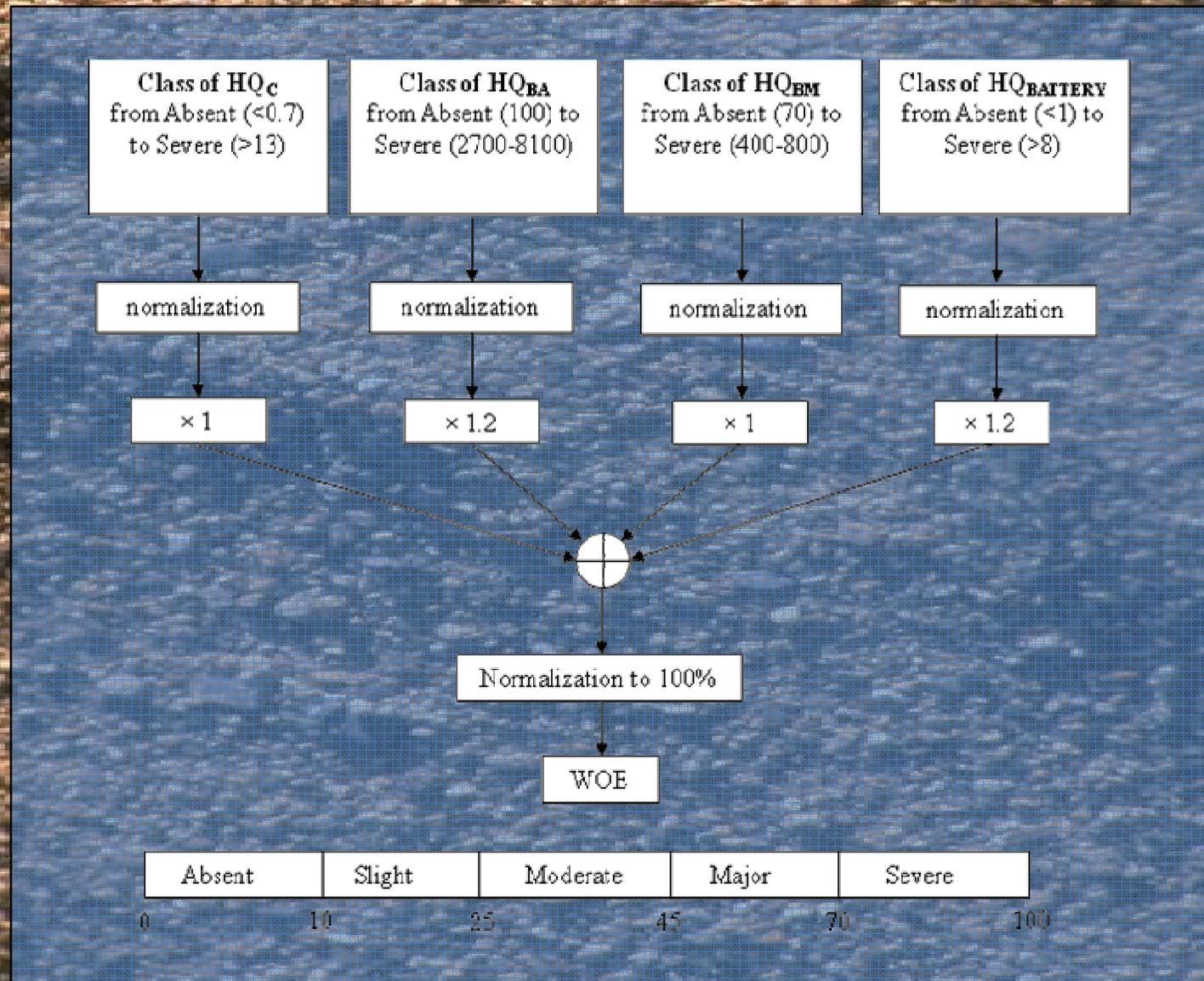
**Module 3**  
**Sublethal effects Biomarkers**

**Module 4**  
**Toxicological Bioassays**

Area name	Site code	Chemical HQ	Bioavailability HQ	Biomarker HQ	Bioassay HQ	Total HQ
*						

Record: 1 di 1 | Nessun filtro | Cerca

## Flow chart per l'integrazione delle diverse LOEs in approccio tipo WOE e le relative classi di rischio



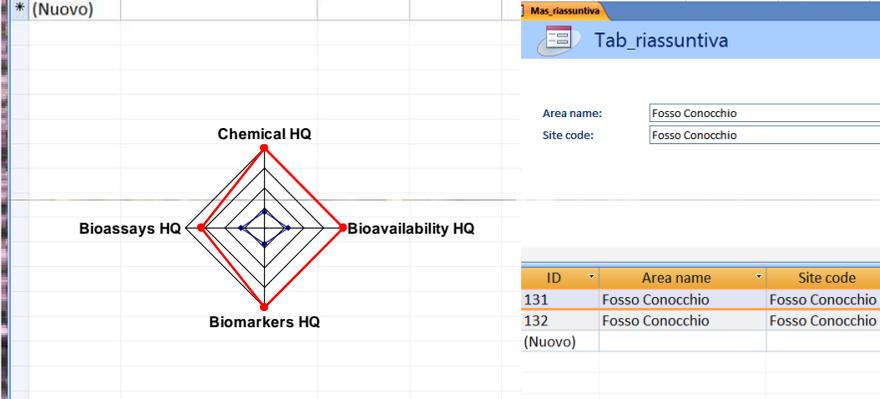
# Cumulative Risk from Modules 1-2-3-4

Tab\_risuntiva

Area name:  Chemical HQ:   
 Site code:  Bioavailability HQ:   
 Biomarker HQ:   
 Bioassay HQ:   
 Total HQ:

**INDUSTRIAL SEDIMENT**  
**"Severe"**

ID	Area name	Site code	Chemical	Bioavailat	Biomarke	Bioassay	Total HQ
86	Sedimento industriale	exp1	SEVERE	MAJOR	SEVERE	MAJOR	SEVERE
87	Sedimento industriale	exp1	SEVERE	SEVERE	SEVERE	MAJOR	SEVERE



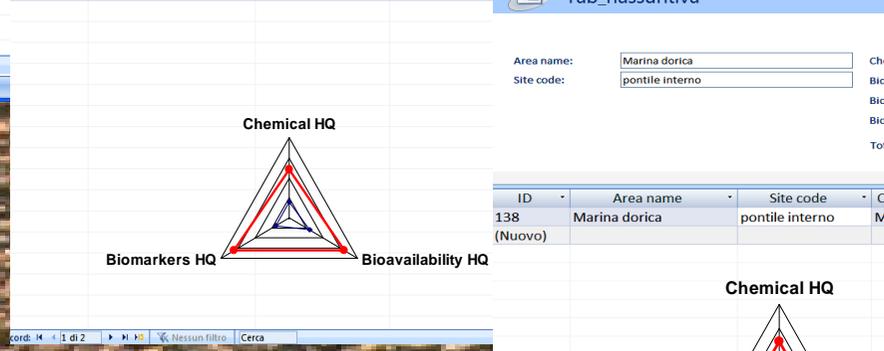
Mas\_risuntiva

Tab\_risuntiva

Area name:  Chemical HQ:   
 Site code:  Bioavailability HQ:   
 Biomarker HQ:   
 Bioassay HQ:   
 Total HQ:

**FOSSO CONOCCHIO**  
**"Major"**

ID	Area name	Site code	Chemical HQ	Bioavailability HQ	Biomarker HC	Bioassay I	Total HQ
131	Fosso Conocchio	Fosso Conocchio	MODERATE	MAJOR	MAJOR		MAJOR
132	Fosso Conocchio	Fosso Conocchio	MODERATE				



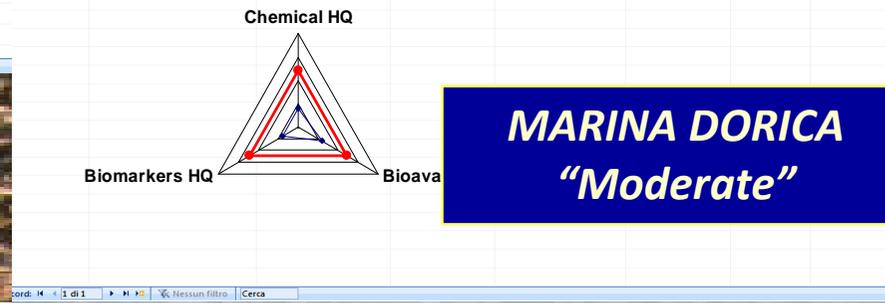
Mas\_risuntiva

Tab\_risuntiva

Area name:  Chemical HQ:   
 Site code:  Bioavailability HQ:   
 Biomarker HQ:   
 Bioassay HQ:   
 Total HQ:

**MARINA DORICA**  
**"Moderate"**

ID	Area name	Site code	Chemical HQ	Bioavailability HQ	Biomarker HC	Bioassay I	Total HQ
138	Marina dorica	pontile interno	MODERATE	MODERATE	MODERATE		MODERATE



# Caso di studio : sedimenti moderatamente contaminati nella Laguna di Venezia

4 weeks exposure in laboratory  
conditions to different sediments or  
elutriates



*Anguilla anguilla*



*Mytilus galloprovincialis*

Environment International 38 (2012) 17–28

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

 **Environment International**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envint](http://www.elsevier.com/locate/envint)



A multidisciplinary weight of evidence approach for classifying polluted sediments:  
Integrating sediment chemistry, bioavailability, biomarkers responses and bioassays

Maura Benedetti <sup>a</sup>, Francesco Ciaprini <sup>b</sup>, Francesco Piva <sup>a</sup>, Fulvio Onorati <sup>b</sup>, Daniele Fattorini <sup>a</sup>,  
Alessandra Notti <sup>a</sup>, Antonella Ausili <sup>b</sup>, Francesco Regoli <sup>a,\*</sup>

Mas\_saggi\_biologici Tab\_misure

### Chemical characterization

Latitude: 39° 12.670' N  
 Longitude: 09° 06.010' E  
 Area\_code: Porto di Cagliari  
 Site\_code: Darsena pescherecci  
 Sampling date: 15/12/2011  
 Sampling code:  
 Core\_code: Carote a mare  
 Core level:  
 Sample\_code: CA-A (0-50)  
 Note:

Process and save  
 Clean record  
 Import from Excel

	LCB (Pelite>10%)	LCB (Pelite<10%)	LCL	ERL	ERM	DM56/09 (SQA)
Chemical HQ	36,21	68,62	17,81	26,21	4,61	33,37
Max % contr to HQ	27,15	25,02	24,17	40,56	36,06	34,35
N° exceeding param.	6	8	5	6	3	6
N° param with refer.	29	29	29	26	22	23
N° analysed param.	59	59	59	59	59	59
Class of 'chemical' hazard	SEVERE	SEVERE	SEVERE	SEVERE	MODERATE	SEVERE

	TEL	PEL	ISQG Low ANZECC	ISQG High ANZECC	Col A (Dlg.vo_152/06)	Col B (Dlg.vo_152/06)
Chemical HQ	51,77	8,12	0,23	4,62	13,18	0,08
Max % contr to HQ	23,59	28,29	0	36,06	33,95	0
N° exceeding param.	9	4	0	3	5	0
N° param with refer.	21	21	10	21	30	30
N° analysed param.	59	59	59	59	59	59
Class of 'chemical' hazard	SEVERE	MAJOR	ABSENT			

**Caso di studio :  
 sedimenti con  
 contaminazione  
 relativamente  
 elevata del Porto di  
 Cagliari**

Mas\_saggi\_biologici

### Bioassays

ID: 100  
 Latitude: 39° 12.670' N  
 Longitude: 09° 06.010' E  
 Area name: Porto di Cagliari  
 Site code: Darsena pescherecci  
 Sampling date: 15/12/2011  
 Sampling code:  
 Core code: Carote a mare  
 Core level:  
 Exposure time: Acute  
 Note:

Species: Vibrio\_fischeri  
 Sample code: CA-A (0-50)  
 Matrix: Whole sediment  
 Endpoint: bioluminescence  
 Control mean: 1109,664  
 Control Std Dev: 141,997  
 n value control: 3  
 Exposed mean: 246  
 Exposed Std Dev: 3,152963  
 n value exposed: 3

PROCESS

L'Endpoint selezionabile dipende dalla specie, dall'exposure time e dal comparto selezionati.  
 Per Tempo Acuto si intende un'esposizione a breve termine, per Cronico un'esposizione a lungo termine.

Per ciasun Sample\_code si deve inserire una batteria di saggi che abbia almeno due specie diverse e almeno tre endpoint

#### SINGLE BIOASSAY RESULTS

Specific threshold: 20 %  
 Effect percentage: 77,83  
 Weighted effect: 3,89 77,83 %  
 HQ single bioassay: 7,51  
 Class of hazard for single bioassay: SEVERE

#### BATTERY BIOASSAYS RESULTS

n° bioassays: 3  
 Battery HQ: 4,2 %  
 Min and max single bioassay: 0 2,5  
 Class of hazard for bioassays: MAJOR

*In corso...*

**Sediment Chemistry**

**Bioavailability (caged mussels)**

**Bioavailability (fish)**

**Bioavailability (algae-invertebrates)**

**Biomarkers (caged mussels)**

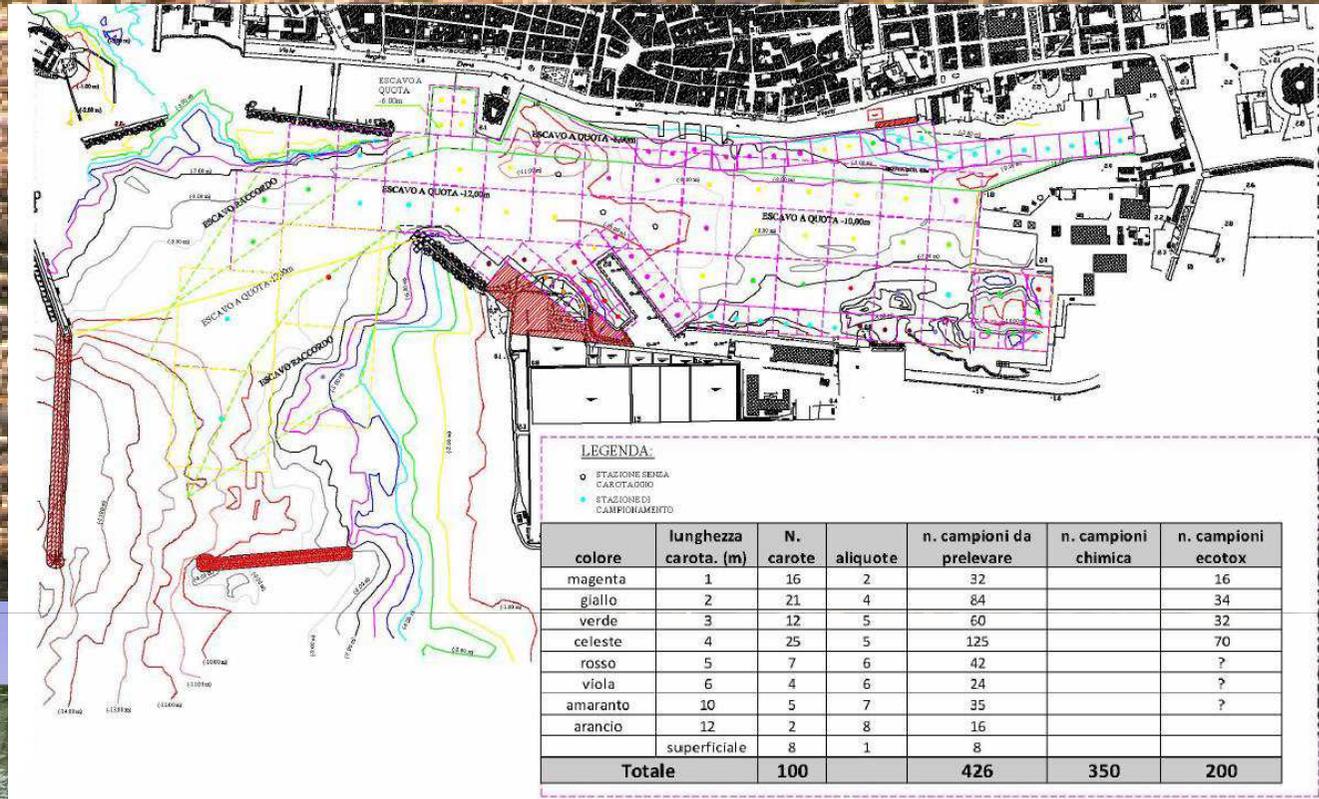
**Bioamarkers (fish)**

**Sediment Ecotoxicology**



**Benthic communities**

*In corso...*



*Grazie per l'attenzione*