

## ALLEGATO 2 bis- CRITERI GENERALI PER LA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DELLE AREE MARINE ALL'INTERNO DEI SITI DI INTERESSE NAZIONALE

### 1 PREMESSA

La caratterizzazione ambientale delle aree marine è identificabile con l'insieme delle attività che permettono di definire situazioni nelle quali potrebbe essere necessario realizzare interventi di messa in sicurezza (di emergenza, permanente ed operativa), bonifica o ripristino ambientale finalizzati all'uso legittimo delle risorse marine, fornendo informazioni a supporto delle eventuali fasi di progettazione per la scelta delle tecnologie più appropriate.

Per caratterizzazione ambientale delle aree marine si intende quindi l'intero processo costituito dalle seguenti fasi:

1. descrizione e inquadramento ambientale dell'area marina in esame, comprensiva di tutte le informazioni disponibili, comprese eventuali caratterizzazioni pregresse, con particolare riferimento alle attività che possono aver influenzato le caratteristiche ambientali dell'area (capitolo 2);
2. elaborazione del Modello Concettuale Preliminare relativo alla migrazione dei contaminanti nell'area marina in esame, sulla base di informazioni relative a potenziali sorgenti di contaminazione e vie di migrazione, finalizzato alla definizione dello stato di qualità dei sedimenti e degli organismi marini (capitolo 3);
3. elaborazione ed esecuzione del piano di caratterizzazione ambientale (capitolo 4) e delle eventuali indagini integrative (capitolo 5) che si possono rendere necessarie alla luce dei risultati raccolti, salvo che non siano utilizzabili i risultati di precedenti indagini di caratterizzazione purché rappresentativi dello stato dei luoghi e aggiornati mediante l'esecuzione di indagini integrative;
4. elaborazione dei risultati delle indagini eseguite e dei dati storici raccolti e rappresentazione dello stato di contaminazione e delle caratteristiche sito specifiche delle diverse matrici indagate (capitolo 6);
5. elaborazione del Modello Concettuale Definitivo (capitolo 7).

Nell'elaborazione del Modello Concettuale Preliminare una particolare attenzione dovrà essere posta alla ricostruzione storica dei possibili eventi di contaminazione dell'area marina in esame per poter prevedere la diversa distribuzione degli inquinanti nelle matrici indagate, con specifico riferimento alle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, morfologiche, biologiche e idrodinamiche.

Il Modello Concettuale Definitivo costituirà quindi il vincolo per la predisposizione ed esecuzione di interventi di messa in sicurezza (di emergenza, permanente ed operativa), bonifica o ripristino ambientale.

### 2 DESCRIZIONE E INQUADRAMENTO AMBIENTALE DELL'AREA MARINA

In questa sezione devono essere riportate tutte le informazioni storiche e ambientali a disposizione, con particolare riferimento a:

- caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche finalizzate a definire le caratteristiche dei sedimenti (natura, tessitura e granulometria) dei fondali inclusi nell'area marina in esame, oltre che degli arenili eventualmente presenti;

- caratteristiche morfologiche della fascia costiera: conformazione della costa (alta o bassa, rocciosa o sabbiosa) e dei fondali prospicienti, della spiaggia emersa e sommersa, del complesso degli interventi antropici di tipo insediativo, industriale o di protezione del litorale;
- Tendenza evolutiva della costa (stabile, artificiale, in erosione, area di accumulo, sistema composto, etc.) e se disponibili, eventuali rilevamenti di variazioni della linea di riva;
- Definizione dell'estensione della costa artificiale (riempimenti, tipologia, ricostruzione con mappe e foto storiche, descrizione, tendenza all'erosione);
- caratteristiche idrodinamiche dell'area marina in termini di moto prevalente delle correnti longitudinali e trasversali rispetto la linea di riva;
- caratteristiche climatiche dell'area marina in termini di esposizione del paraggio a fattori meteo-marini (i.e. vento, moto ondoso e correnti indotte);
- sorgenti puntuali o diffuse d'inquinamento, scarichi industriali e civili in mare, attivi e/o dismessi;
- presenza di impianti industriali, attività agricole, aree portuali, traffico marittimo, ecc.;
- apporto di contaminanti da corsi d'acqua e da acque dilavanti le aree adiacenti contaminate;
- contaminazione dei suoli, acque superficiali e acque sotterranee dell'area prospiciente l'area marina in esame;
- usi legittimi dell'area marina stessa (attività di maricoltura, pesca, balneazione, ecc.) e eventuali rischi sanitari.

Nel caso nell'area marina siano già state effettuate indagini ambientali, descrivere il periodo nel quale si sono svolte, il tipo d'indagine, la strategia e metodica di campionamento, il numero di carotaggi e lo spessore di recupero, le modalità e il numero di campioni prelevati, le profondità di prelievo, le misure effettuate in campo, le metodiche e le determinazioni analitiche effettuate in laboratorio con i relativi certificati accompagnati dalla validazione. Tutte le attività devono essere georiferite secondo il sistema di riferimento WGS84 e le coordinate riportate in gradi, primi e frazioni di primo e nelle corrispettive coordinate UTM metriche.

### 3 ELABORAZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

Il Modello Concettuale Preliminare, elaborato come elemento essenziale del piano di caratterizzazione e supporto imprescindibile alla redazione del piano stesso, è realizzato sulla base delle informazioni storiche e ambientali disponibili, nonché di eventuali indagini pregresse condotte a qualsiasi titolo nelle varie matrici ambientali. Parte integrante e fondamentale è la definizione iniziale, sulla base dell'elaborazione ragionata delle informazioni disponibili, delle modalità di diffusione e trasporto dei contaminanti nell'ambiente marino. È altresì utile che nell'elaborazione del modello siano presi in considerazione i dati e le informazioni disponibili sulla presenza di obiettivi sensibili e/o aree a vario titolo protette.

### 4 PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

Il proponente dovrà includere in tale documento la descrizione della strategia di campionamento e la scelta dei parametri analitici da ricercare, le specifiche tecniche per l'esecuzione di tale attività (procedure di campionamento, misure di campo, modalità di identificazione, conservazione e trasporto dei campioni, metodiche analitiche e limiti di quantificazione, modalità di restituzione dei dati, ecc.) che, una volta approvate dalle Autorità Competenti prima dell'inizio dei lavori, costituiranno il protocollo applicabile per la

caratterizzazione del sito. Se non disponibili da informazioni pregresse, che in ogni caso dovranno essere rappresentative dello stato dei luoghi, andranno previste anche indagini geofisiche e geomorfologiche del fondale marino finalizzate alla definizione degli spessori di sedimento incoerente, potenzialmente contaminato. Successivamente all'approvazione del piano potranno essere proposte all'Autorità Competente, in corso d'opera, modifiche al protocollo su base motivata e derivanti da un quadro conoscitivo differente dell'area marina in esame, conseguente all'avvio delle attività di caratterizzazione. Tali modifiche, qualora considerate dall'Autorità Competente varianti sostanziali del piano approvato, potranno essere oggetto di analoga procedura di autorizzazione.

Le indagini avranno l'obiettivo di:

- conoscere le caratteristiche geomorfologiche dei fondali e gli spessori di sedimento incoerente ottenute con le indagini geofisiche;
- determinare le principali caratteristiche tessiturali dei sedimenti dei fondali;
- determinare la distribuzione spaziale (orizzontale e verticale) delle concentrazioni dei contaminanti ricercati e del grado di inquinamento dell'area marina in esame. Particolare attenzione sarà posta all'individuazione dell'origine, naturale o antropica, dei metalli in tracce, in particolare nelle aree marine in cui siano presenti formazioni geologiche con tenori anomali degli stessi;
- determinare le possibili relazioni esistenti tra la distribuzione di specie inquinanti e le caratteristiche granulometriche dei sedimenti;
- determinare la biodisponibilità degli inquinanti attraverso indagini ecotossicologiche;
- valutare gli effetti della contaminazione sugli organismi marini e determinare la biodisponibilità dei contaminanti individuati e l'eventuale trasferimento nella catena trofica.

Le attività previste per la caratterizzazione dell'area marina sono:

- esecuzione di indagini geofisiche e geomorfologiche (batimetria mediante ecoscandaglio *multibeam* o *single beam*, quest'ultimo solo per batimetrie inferiori ai 2m, rilievo con Side Scan Sonar, rilievo con strumentazione interferometrica in sostituzione di ecoscandaglio e Side Scan Sonar, rilievo con Sub Bottom Profiler) sui fondali interessati dalle attività di caratterizzazione. Tali informazioni dovranno essere esaminate congiuntamente con le informazioni pregresse disponibili (es. presenza di substrato roccioso o posidonieti, spessore dei sedimenti incoerenti, ecc.) ai fini della calibrazione dello schema di campionamento e della definizione dello spessore di sedimento incoerente;
- esecuzione di indagini finalizzate all'individuazione di residuati bellici e servizi interrati eventualmente presenti sui fondali marini e sugli arenili, al fine di eseguire in condizioni di sicurezza le attività di caratterizzazione;
- prelievo ed analisi di sedimenti. Il campionamento sarà realizzato mediante l'esecuzione di carotaggi sui fondali marini e sugli arenili, secondo lo schema delineato nel seguito. Sui campioni di sedimento prelevati saranno condotte analisi volte alla determinazione delle caratteristiche granulometriche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche. In particolare, si procederà a determinare la distribuzione spaziale delle concentrazioni dei contaminanti riconosciuti pericolosi e prioritari ai sensi del D.lgs. 172/2015, e quelli selezionati sulle base delle informazioni pregresse;
- prelievo ed analisi di tessuti e organi di specie marine, secondo le procedure specificate nel seguito. Sui campioni di tessuto di organismi marini prelevati saranno condotte analisi chimiche per la determinazione dei contaminanti bioaccumulabili, specifici di attività antropiche presenti e/o passate.

Nel caso di aggiornamento della caratterizzazione ambientale già eseguita è possibile definire per la stessa area un piano di indagini, finalizzato alla conferma dei risultati della precedente caratterizzazione in termini di estensione, distribuzione, entità e tipologia di contaminazione. Tale piano è concordato con gli Enti di controllo (ISPRA e ARPA nell'ambito di SNPA) ed è eseguito previa comunicazione al Ministero dell'ambiente e della tutela del mare. L'avvio delle attività è concordato con i predetti Enti di controllo. Modalità di campionamento, scelta dei parametri analitici da ricercare, specifiche tecniche per l'esecuzione di tale attività seguiranno gli stessi criteri del piano di caratterizzazione ordinario, come riportato nei seguenti paragrafi.

#### 4.1 Strategia di campionamento

Nel seguito viene descritta la strategia di campionamento per le diverse matrici ambientali (sedimenti e organismi marini) da adottare sull'area marina in esame.

##### 4.1.1 Sedimenti - fondali

La strategia di caratterizzazione per i sedimenti dei fondali marini da adottare deve consistere in un sistema integrato di maglie regolari e transetti, le prime da ubicare indicativamente nelle aree più prossime alle sorgenti d'inquinamento, secondo le informazioni derivanti dal Modello Concettuale Preliminare, e gli ultimi in aree laddove i dati a disposizione non evidenziano situazioni di contaminazione o ne lascino presupporre l'assenza.

La dimensione delle maglie, al centro di ciascuna delle quali dovrà essere considerata almeno una stazione di campionamento, potrà variare da un minimo di 50x50 m a un massimo di 450x450 m, a seconda della vicinanza alle potenziali sorgenti di contaminazione e delle dimensioni dell'area marina. Sui tratti di fondale rimanenti, a completamento delle maglie e fino al limite dell'area marina in esame, verranno disposti transetti perpendicolari alla linea di costa, ad interasse pari approssimativamente a 500 m, su cui individuare stazioni di campionamento in funzione delle diverse fasce batimetriche.

In ciascuna stazione di campionamento sarà prelevata una carota di diametro minimo pari a 10 cm e lunghezza variabile da un minimo di 2 m a un massimo di 5 m, in funzione delle informazioni acquisite. Per ogni carota dovranno essere prelevati livelli consecutivi di 25 cm per i primi 50 cm, e livelli di 50 cm per il restante spessore campionato ad eccezione di indicazioni diverse del Modello Concettuale Preliminare che possa far presupporre la necessità di un maggior dettaglio (livelli da 25 cm anziché 50 cm) per uno spessore maggiore della carota. In ciascuna stazione di campionamento lungo i transetti sarà prelevata una carota di diametro minimo pari a 10 cm e lunghezza pari a 50 cm, da cui prelevare due livelli consecutivi di 25 cm.

##### 4.1.2 Sedimenti - Arenili

La strategia di caratterizzazione per gli arenili prevede transetti perpendicolari alla linea di costa, ad interasse variabile tra i 100 m e i 500 m, in funzione della lunghezza, larghezza e morfologia dell'arenile. Su ciascun transetto dovrà, secondo lo stesso criterio, essere individuata una stazione di campionamento ogni 150 m a partire dalla linea di battigia. In corrispondenza di ogni stazione di campionamento è previsto il prelievo di una carota di diametro minimo pari a 10 cm e lunghezza pari a 2 m. Per ogni carota dovranno essere prelevati livelli consecutivi di 50 cm per l'intero spessore campionato.

#### 4.1.3 Organismi bivalvi

Per lo studio del bioaccumulo negli organismi bivalvi, se naturalmente presenti nell'area marina in esame, dovranno essere individuate, in funzione dell'estensione dell'area, da un minimo di 2 a un massimo di 4 aree di prelievo di cui una che, sulla base del modello concettuale Preliminare, dovrà essere di riferimento (bianco). Qualora non siano presenti popolazioni naturali di bivalvi, si procederà invece al *mussel watch* tramite trapianto di bivalvi provenienti da allevamenti di aree limitrofe. Per ciascuna stazione di prelievo dei bivalvi, tra le quali dovrà essere ricompresa una di riferimento (bianco) dovrà essere raccolto un numero di individui, di taglia omogenea, approssimativamente compresa tra il 70% e il 90% della taglia massima della popolazione, in grado di formare almeno 3 *pool*, ciascuno dei quali destinato alle indagini di bioaccumulo. Nel caso di individui trapiantati, le gabbie devono essere posizionate nella stazione all'inizio del periodo di indagine previsto e devono rimanere in immersione per un periodo minimo di 8 settimane (Scheda metodologica per la valutazione della contaminazione dei sedimenti ai sensi dell'art. 11 del D. Lgs. 190/2010).

#### 4.1.4 Organismi necto-bentonici

Dovranno essere indagate n. 3 specie di organismi necto-bentonici che siano rappresentative della variabilità ecologica e biologica del sito, poste a diversi livelli della catena trofica, significative dal punto di vista del consumo ai fini dell'alimentazione umana e che siano caratterizzate da una permanenza significativa all'interno dell'area marina in esame per gran parte del loro ciclo di vita.

La scelta delle specie sarà definita dopo *survey* preliminare per identificare tra le specie autoctone più comuni quelle che più rispondono ai requisiti richiesti. Per ciascuna specie dovranno essere effettuate diverse cale di pesca (utilizzando gli opportuni attrezzi in base anche alla tipologia di fondale), eseguite su transetti significativi per l'area in esame, e una esterna che, sulla base del modello concettuale Preliminare, dovrà essere utilizzata come riferimento (bianco). Per ogni cala, tra tutte le specie raccolte, saranno selezionate le tre specie definite secondo i precedenti criteri e, per ognuna di queste, saranno raccolti un numero di individui tale da garantire una quantità di tessuto/organo sufficiente per l'esecuzione delle analisi. In particolare dovrà essere prelevato, per ogni cala e per ogni specie, un numero di individui sufficiente a consentire la formazione di almeno n. 3 *pool*, sia di muscolo che di fegato. Nel caso in cui durante la cala si raccolga una quantità di tessuto/organo inferiore a quanto sopra riportato la cala dovrà essere ripetuta (anche in posizione leggermente diversa, annotando le nuove coordinate e la nuova profondità). Organismi marini con caratteristiche idonee alla finalità dell'indagine possono, ad esempio, essere la triglia (*Mullus* sp.), la gallinella (*Trigla lucerna*), il sarago (*Diplodus* sp.), il cefalo (*Mugil* sp.) e lo scorfano (*Scorpaena* sp.) o appartenenti alle famiglie più rappresentative delle specie stanziali e delle aree costiere come, ad esempio, i Gobidi, Labridi o Serranidi. Dovranno essere analizzati individui preferibilmente adulti, delle taglie commerciali di cui al Regolamento (CE) n. 1967/2006 del Consiglio del 21 dicembre 2006.

### 4.2 Selezione dei contaminanti da ricercare nei sedimenti

#### 4.2.1 Parametri chimico-fisici

Gli analiti da ricercare devono essere selezionati sulla base delle informazioni disponibili relative alle attività antropiche che insistono sull'area marina, alle indagini pregresse eseguite sui fondali e in riferimento alla normativa specifica sulle sostanze prioritarie da ricercare nei sedimenti marini come previsto dal D. Lgs. 172/2015 e in analogia con quanto riportato dall'Allegato A del DM 7 novembre 2008.

Sulla totalità dei campioni prelevati dovranno essere determinati i seguenti parametri:

- Caratteristiche tessiturali dei sedimenti con definizione delle principali frazioni granulometriche secondo le seguenti classi dimensionali: ghiaia (> 2 mm), sabbia (2 mm > x > 63 µm), silt (63 µm > x > 4 µm) e argilla (< 4 µm);
- Contenuto d'acqua, pH, potenziale redox, peso specifico;
- Carbonio organico (TOC);
- Concentrazioni di metalli ed elementi in tracce, alcuni dei quali funzionali a una definizione delle caratteristiche geochimiche dell'area ed altri per definirne lo stato di qualità: Alluminio, Arsenico, Cadmio, Cromo tot, Ferro, Manganese, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Vanadio, Zinco;
- Concentrazioni di Policlorobifenili (28, 52, 101, 128, 138, 153, 170, 180) e PCB<sub>dl</sub> (77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189) e loro sommatoria. Ove le amministrazioni territoriali e gli enti di controllo ritengano non sufficienti a descrivere il fenomeno di contaminazione in atto, ai congeneri riportati nella presente nota, potranno esserne aggiunti altri;
- Concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici: Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene e loro sommatoria;
- Concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici: Benzo(j)fluorantene, Benzo(e)pirene;
- Concentrazioni di Idrocarburi C ≤ 12 e Idrocarburi C > 12.

Su una percentuale ridotta di campioni, da condividere con l'Ente di controllo e di almeno il 20%, dovranno essere eseguite le determinazioni analitiche dei seguenti parametri:

- Composti Organostannici: per i sedimenti marini (sommatoria di mono butilstagno - MBT, dibutilstagno - BDT, e tributilstagno - TBT espressa come stagno); per gli arenili (sommatoria di tributilstagno - TBT, dibutilstagno - DBT), trifenilstagno - TPT e diottilstagno - DOT)
- Sommatoria PCDD, PCDF, PCB<sub>dl</sub> (conversione WHO-TEF);
- Amianto.

Ulteriori parametri aggiuntivi potranno essere previsti, sulla base delle informazioni pregresse dell'area. Questi dovranno essere definiti in accordo con l'Ente di controllo, in base alla situazione sito-specifica, ovvero considerando l'analisi storico-ambientale dell'area e eventuali studi sui valori di fondo. A titolo esemplificativo se ne riportano alcuni:

- Solventi aromatici (BTEXS);
- Clorobenzeni (esaclorobenzene, pentaclorobenzene, 1,2,4,5-tetraclorobenzene, 1,2,4-triclorobenzene, 1,4-diclorobenzene, 1,2-diclorobenzene);
- Pesticidi organo clorurati;
- Alifatici Clorurati Cancerogeni e non Cancerogeni.

#### 4.2.2 Parametri microbiologici

I parametri da ricercare sono i seguenti: Enterococchi fecali, *Salmonella* spp., Spore di clostridi solfito riduttori, Coliformi totali, *Escherichia coli*, Stafilococchi.

#### 4.2.3 Parametri ecotossicologici

I saggi ecotossicologici devono essere applicati su un numero significativo di campioni, almeno pari al 30% del totale, ad almeno due matrici ambientali costituite da:

- fase solida del sedimento (sedimento tal quale e/o centrifugato);
- fase liquida del sedimento (acqua interstiziale e/o elutriato)

mediante impiego di una batteria di saggi biologici costituita da tre specie-test appartenenti a gruppi tassonomici e filogenetici differenti, scelte all'interno delle tipologie di cui alla tabella 2. Nei casi in cui, all'interno della medesima area marina, siano già state eseguite indagini ecotossicologiche nell'ambito di attività di caratterizzazione o monitoraggio, è opportuno continuare a utilizzare le medesime specie-test già impiegate per tali indagini, purché rispondenti ai requisiti di cui sopra; ciò al fine di facilitare la confrontabilità con i risultati prodotti in precedenza.

### 4.3 Contaminanti da ricercare negli organismi

La scelta degli analiti da ricercare sugli organismi si basa sull'individuazione delle attività specifiche svolte nell'area marina in esame e sulla base delle informazioni disponibili.

Le analisi da eseguire sugli organismi marini, in particolare sui bivalvi sono le seguenti:

- Concentrazioni di metalli ed elementi in tracce: Arsenico, Cadmio, Cromo totale, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco;
- Concentrazioni di Policlorobifenili (28, 52, 101, 128, 138, 153, 170, 180) e PCB<sub>dI</sub> (77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189) e loro sommatoria. Ove le amministrazioni territoriali e gli enti di controllo ritengano non sufficienti a descrivere il fenomeno di contaminazione in atto, ai congeneri riportati nella presente nota, potranno esserne aggiunti altri;
- Concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici: Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene e loro sommatoria;
- Composti organostannici (sommatoria di mono butilstagno - MBT, dibutilstagno - BDT, e tributilstagno - TBT espressa come stagno);
- Diossine e furani.

Ulteriori parametri aggiuntivi potranno essere previsti, sulla base delle informazioni pregresse dell'area, come ad esempio i Pesticidi organoclorurati.

Relativamente agli organismi necto-bentonici, dovranno essere ricercati nel fegato i seguenti analiti:

- Concentrazioni di metalli ed elementi in tracce: Arsenico, Cadmio, Cromo totale, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco;
- Concentrazioni di Policlorobifenili (28, 52, 101, 128, 138, 153, 170, 180) e PCB<sub>dI</sub> (77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189) e loro sommatoria. Ove le amministrazioni territoriali e gli enti di controllo ritengano non sufficienti a descrivere il fenomeno di contaminazione in atto, ai congeneri riportati nella presente nota, potranno esserne aggiunti altri;
- Concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici: Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene e loro sommatoria;
- Composti organostannici (sommatoria di mono butilstagno - MBT, dibutilstagno - BDT, e tributilstagno - TBT espressa come stagno);

– Diossine e furani.

Ulteriori parametri aggiuntivi potranno essere previsti, sulla base delle informazioni pregresse dell'area, come ad esempio i Pesticidi organoclorurati.

Relativamente agli organismi necto-bentonici, dovranno essere ricercati nel muscolo i seguenti analiti:

- Concentrazioni di metalli ed elementi in tracce: Arsenico, Cadmio, Cromo totale, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco;
- Concentrazioni di Policlorobifenili (28, 52, 101, 128, 138, 153, 170, 180) e PCB<sub>dl</sub> (77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189) e loro sommatoria. Ove le amministrazioni territoriali e gli enti di controllo ritengano non sufficienti a descrivere il fenomeno di contaminazione in atto, ai congeneri riportati nella presente nota, potranno esserne aggiunti altri;
- Composti organostannici (sommatoria di mono butilstagno - MBT, dibutilstagno - BDT, e tributilstagno - TBT espressa come stagno);
- Diossine e furani.

Ulteriori parametri aggiuntivi potranno essere previsti, sulla base delle informazioni pregresse dell'area (vedasi paragrafo 4.2.1), come ad esempio i Pesticidi organoclorurati.

Il percorso logico di cui sopra dovrà essere validato prima dell'inizio delle attività con l'approvazione del piano di caratterizzazione presentato dal proponente.

#### 4.4 Modalità di esecuzione dei carotaggi ambientali

Le attività di prelievo dei sedimenti devono essere eseguite mediante carotiere di tipo vibrocorer posizionato su imbarcazione e/o pontone idoneo al raggiungimento delle stazioni di campionamento previste, equipaggiato con ecoscandaglio per il rilevamento della profondità di prelievo, sistema di localizzazione satellitare con strumentazione differenziale DGPS (*Differential Global Positioning System*) e uno spazio adeguato alla fase di apertura delle carote e subcampionamento.

Il carotaggio deve avvenire arrecando al campione il minor disturbo possibile evitando una sua potenziale contaminazione; per tale motivo non è consentito l'uso di fluidi o fanghi di circolazione. Mantenere l'integrità del campione è di fondamentale importanza in quanto favorisce la conservazione della struttura originale del sedimento e non modifica le sue caratteristiche fisico-chimiche e biologiche. Una delle conseguenze principali dell'alterazione del campione è la variazione della tipologia e biodisponibilità dei contaminanti presenti.

Al fine di garantire il prelievo di sedimento indisturbato si richiede l'utilizzo di un rivestimento interno (liner) al carotiere, in polietilene inerte, polipropilene o policarbonato, di lunghezza pari alla lunghezza dell'asta utilizzata e diametro non inferiore ai 10 cm, sufficiente al recupero della quantità di materiale necessaria per l'esecuzione di tutte le determinazioni analitiche previste. Il carotaggio deve essere eseguito in verticale; la carota deve essere campionata per l'intera lunghezza prevista garantendo un recupero del 100%, in un'unica operazione, utilizzando aste di altezza adeguata allo spessore di sedimento da caratterizzare.

Di ciascun punto di campionamento deve essere registrata l'ubicazione reale, acquisita con strumentazione differenziale DGPS (*Differential Global Positioning System*), e la profondità effettiva acquisita mediante idoneo scandaglio. Le coordinate geografiche e le quote ellissoidiche devono fare riferimento all'ellissoide WGS84. In particolare, latitudine e longitudine devono essere espresse in gradi, primi e frazioni di primo e nelle corrispettive coordinate UTM metriche; le quote ellissoidiche devono essere espresse in metri e riferite al fondale marino.



Per le attività di campionamento sugli arenili, in alternativa al vibrocorer, potrà essere utilizzato un carotiere a rotazione, sempre con liner interno in polietilene inerte, polipropilene o policarbonato, di lunghezza pari alla lunghezza dell'asta utilizzata e diametro non inferiore ai 10 cm, senza utilizzo di fluidi o fanghi di circolazione in quanto potenziali contaminatori del campione. Anche in questo caso il carotaggio dovrà essere eseguito in un'unica operazione, garantendo un recupero del 100% e utilizzando aste di altezza adeguata allo spessore di sedimento da caratterizzare. Di ciascun punto di campionamento deve essere registrata l'ubicazione reale, acquisita con strumentazione differenziale DGPS (*Differential Global Positioning System*).

#### 4.5 Modalità di campionamento degli organismi marini

Il campionamento degli organismi bivalvi dovrà essere effettuato tramite operatore subacqueo. Tutti gli individui campionati, prima della formazione dei *pool*, dovranno essere puliti grossolanamente da residui di sedimento, grossi filamenti, resti vegetali ecc., tramite delicata immersione in acqua di mare. Per ogni stazione di prelievo dovrà essere annotata la data di esecuzione e le coordinate di campionamento, acquisite mediante strumentazione differenziale DGPS (*Differential Global Positioning System*).

Il campionamento degli organismi necto-bentonici dovrà essere effettuato con idonea attrezzatura da pesca (reti, nasse, ecc.) e relativa imbarcazione. Per ogni cala dovranno essere annotate la data di esecuzione, le coordinate secondo il sistema di riferimento WGS84 di inizio e fine cala acquisite mediante strumentazione differenziale DGPS (*Differential Global Positioning System*), l'ora di inizio e fine cala, nonché la profondità di pesca.

#### 4.6 Campionamento delle matrici ambientali

Tutte le operazioni relative alla fase di sub-campionamento, preparazione dei campioni per le relative analisi di laboratorio, trasporto e conservazione dovranno essere documentate con apposito verbale dove dovranno, inoltre, essere riportate la data e l'ora di campionamento, la strumentazione utilizzata, nonché le coordinate reali di prelievo.

Ogni campione è suddiviso in almeno due aliquote, una per l'analisi da condurre ad opera del soggetto proponente e l'altra per archivio a disposizione dell'Ente di controllo ai fini della validazione. Il campione di archivio verrà conservato, nelle condizioni indicate dalla metodologia analitica riportata nel piano di caratterizzazione, fino all'esecuzione e validazione delle analisi di laboratorio da parte dell'Ente di controllo preposto. Le analisi di controllo da utilizzarsi per la validazione dovranno essere effettuate nel numero minimo necessario a garantire la significatività del controllo stesso, comunque su un numero di campioni non inferiore al 10% del totale, ed effettuate entro il tempo massimo di conservazione, come indicato nelle metodiche analitiche riportate nel piano di caratterizzazione approvato.

Ai fini della validazione dei risultati del piano di caratterizzazione, l'Ente di controllo potrà comunque stabilire altre modalità di validazione, in aggiunta o in alternativa a quanto sopra specificato, quali sopralluoghi nel corso delle attività di campo e delle analisi di laboratorio per la verifica della qualità e aderenza di protocolli e procedure impiegate rispetto a quanto previsto nel piano di caratterizzazione approvato. Nel caso in cui la validazione preveda l'analisi di contro campioni da parte dell'Ente di controllo, dovrà esserci un confronto diretto fra i laboratori interessati (del proponente e dell'Ente), al fine di verificare prima dell'inizio delle analisi, che esistano i presupposti, anche in termini di strumentazione a disposizione dei laboratori interessati, per un successivo confronto delle concentrazioni determinate. La validazione dell'Ente di controllo potrà inoltre avvenire anche attraverso l'invio ai laboratori di campioni "ciechi" derivanti da circuiti di intercalibrazione, per il controllo della qualità delle procedure analitiche adottate. In ogni caso, le modalità

di validazione dovranno essere concordate con il proponente o comunque stabilite dall'Ente di controllo al momento dell'approvazione del piano di caratterizzazione e ne costituiranno parte integrante. Sono fatti salvi ulteriori approfondimenti delle modalità di validazione che si rendessero motivatamente necessari sulla base delle risultanze del piano di caratterizzazione.

L'eventuale terza aliquota, quando prevista nel piano di caratterizzazione, o specificatamente richiesta per eventuali analisi di revisione nel processo di validazione, sarà confezionata in contraddittorio solo alla presenza dell'Ente di controllo, sigillando il campione che verrà firmato dagli addetti incaricati, verbalizzando il relativo prelievo. La terza aliquota verrà conservata secondo modalità e tempi di conservazione definiti dalle metodiche analitiche descritte nel piano di caratterizzazione approvato.

Potranno essere, inoltre, previsti controlli di qualità da applicare in campo e in laboratorio, al fine di garantire e verificare il grado di attendibilità dei risultati riguardo alla qualità delle attività di campionamento e analisi.

#### 4.6.1 Sedimenti

I criteri che devono essere adottati nell'apertura delle carote e nella formazione dei campioni di sedimento per le relative analisi sono i seguenti:

- L'apertura di ciascuna carota, mediante taglio longitudinale del liner interno, dovrà essere effettuata subito dopo il campionamento evitando potenziali contaminazioni dei sedimenti al suo interno. A tal fine l'attrezzatura utilizzata per l'apertura e per le operazioni di suddivisione e omogeneizzazione dei diversi campioni, deve essere sempre decontaminata prima del suo reimpiego. Non è consentito l'uso di sostanze detergenti normalmente utilizzate per la pulizia o ottimizzazione della funzionalità degli strumenti (lubrificanti, CRC, etc.).
- Dopo l'apertura della carota, questa dovrà essere fotografata e ispezionata visivamente da personale specializzato al fine di ottenere una descrizione stratigrafica esaustiva. In ogni foto deve comparire una targa identificativa del campione, comprendente il codice della stazione, la data di prelievo e la lunghezza della carota. Nella scheda riassuntiva devono inoltre essere riportate osservazioni relativamente a: colore, odore, tipologia del sedimento, grado di idratazione, presenza di frammenti conchigliari, presenza di residui e/o materiale organico, presenza di strutture sedimentologiche.
- Per ciascun livello individuato, dovranno essere prioritariamente misurati i valori di pH e potenziale di ossidoriduzione nonché prelevata l'aliquota destinata alla determinazione dei composti volatili (i.e. Idrocarburi C ≤ 12).
- I sedimenti prelevati da ogni livello, escludendo la parte di materiale a diretto contatto con il liner, dovranno essere preventivamente omogeneizzati e suddivisi in due aliquote, una delle quali conservata in contenitori di teflon, o in alternativa in contenitori in HDPE, a temperatura compresa tra -18°C e -25°C, a disposizione dell'Ente di controllo. L'altra aliquota deve essere suddivisa per le diverse analisi in contenitori e con modalità di trasporto e conservazione come dettagliati di seguito:
  - analisi granulometrica, contenuto d'acqua, peso specifico: il campione è raccolto in contenitori di plastica, trasportato e conservato a temperature comprese tra i +4°C e i +6°C. In alternativa, si possono utilizzare sacchetti in polietilene ad alta resistenza, con sistema di chiusura ermetica o a nastro.
  - chimica organica (i.e. Idrocarburi C > 12, TOC, IPA, PCB, diossine e furani, composti organostannici): il sedimento è raccolto in contenitori decontaminati in teflon (PTFE). In alternativa, è possibile utilizzare contenitori in polietilene ad alta densità (HDPE), possibilmente dotati di sotto tappo, per garantire l'integrità del campione. Le temperature di trasporto devono essere comprese tra +4°C e +6°C mentre quelle di conservazione tra -18°C e -25°C.

- composti organici volatili (i.e. Idrocarburi C ≤ 12): il campione deve essere raccolto in contenitori decontaminati in vetro con tappo a vite o a ghiera dotato di setto in PTFE, generalmente compatibili con lo strumento utilizzato per l'analisi. I campioni dovranno essere analizzati entro 14 giorni.
- metalli ed elementi in tracce: il campione è raccolto in contenitori decontaminati in HDPE e il trasporto avviene a temperature comprese tra +4°C e +6°C; una volta in laboratorio il campione è conservato a temperature comprese tra -18°C e -25°C.
- amianto: il campione è raccolto in contenitori di plastica o vetro e il trasporto avviene a temperature comprese tra +4°C e +6°C.
- microbiologia: il campione è raccolto in contenitori sterili di polietilene o polistirolo e il trasporto avviene a temperature comprese tra +4°C e +6°C; il campione può essere conservato alle medesime temperature per un massimo di 24 ore.
- saggi ecotossicologici: il campione è raccolto in contenitori di polietilene o vetro decontaminato, conservato a temperature comprese tra +4°C e +6°C. Le analisi dovranno essere eseguite entro 10 giorni dal prelievo, salvo diversa indicazione del metodo di riferimento utilizzato.
- In base alle esigenze dei laboratori che effettueranno le analisi sui campioni di sedimento, le aliquote di campione per le diverse tipologie di contaminanti, qualora sia prevista la conservazione all'interno di contenitori dello stesso tipo, potranno, in fase di subcampionamento, essere riunite all'interno dello stesso contenitore.
- Le sezioni corrispondenti a livelli isolati, e non analizzati, dovranno essere conservate opportunamente per eventuali analisi successive, in funzione della contaminazione riscontrata.
- Il materiale di risulta derivante dalle attività di campionamento, dovrà essere smaltito secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

#### 4.6.2 Organismi marini

I criteri che devono essere adottati nella formazione dei campioni per le analisi sui tessuti e organi dei bivalvi e organismi necto-bentonici sono i seguenti:

- Per i bivalvi, su ciascuna stazione di prelievo, dovranno essere misurati gli organismi selezionati e la loro parte molle raccolta e suddivisa in almeno n. 3 *pool* da prepararsi *in situ*. Tutti i *pool* devono essere congelati e trasportati ad una temperatura di almeno -18°C. In laboratorio, i campioni devono essere conservati a temperature comprese tra -18°C e -25°C, per un periodo massimo di 60 giorni.
- Gli organismi necto-bentonici, prelevati in ciascuna cala devono essere misurati e suddivisi in almeno 3 gruppi per ciascuna specie, di cui vanno riportati il peso totale e la taglia (lunghezza totale e lunghezza standard) degli esemplari. Da questi gruppi si dovranno ricavare a loro volta i *pool* di muscolo e fegato, trasportati in sacchetti di polietilene a temperatura comprese tra +4°C e +6°C, sui quali effettuare le analisi. In laboratorio devono essere conservati a temperature comprese tra -18°C e -25°C, per un periodo massimo di 60 giorni.

#### 4.7 Metodiche analitiche

Le attività analitiche devono essere eseguite da Enti e/o Istituti pubblici di comprovata esperienza oppure da privati accreditati da organismi riconosciuti ai sensi della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17011:2018 per i parametri e le matrici da analizzare. Le metodiche analitiche devono essere contenute nel piano di caratterizzazione e dovranno essere basate su procedure riconosciute a livello nazionale e internazionale (ad

esempio metodi ISO, UNI, IRSA-CNR, UNICHIM, ASTM, EPA, Linee Guida SNPA<sup>1</sup>) e tali da garantire un limite di quantificazione inferiore rispetto ai valori riportati in tabella 1.

I laboratori che effettuano analisi sull'amianto devono possedere i requisiti minimi previsti dal DM 14 maggio 1996 ed essere inseriti nella specifica lista del Ministero della Salute.

Dal campione, prima dell'analisi, devono essere rimosse le componenti di origine antropica (i.e. frammenti di plastica, vetro, metallo, ecc.) e/o naturale (ciottoli, organismi del macrobenthos) di dimensioni comunque superiori a 5 mm. Qualora il campione così ottenuto sia costituito da oltre l'80% di sedimento grossolano (> 2 mm), le analisi chimiche possono essere omesse, a meno di macroscopiche evidenze di inquinamento. La concentrazione dei diversi contaminanti deve essere calcolata rispetto al peso totale.

In particolare per l'analisi granulometrica, la suddivisione della frazione pelitica in silt e argilla è richiesta per tutti i campioni con percentuale di frazione fine > 10%. Per l'esecuzione di tale caratterizzazione si consiglia l'uso di un sedigrafo a raggi X o di un granulometro laser, oppure di strumentazione idonea a fornire tale informazione analitica, in accordo con quanto definito nella Linea Guida SNPA 18/2018<sup>1</sup>.

Tabella 1. Limiti di quantificazione per le analisi sui sedimenti marini e sugli organismi marini

<b>Parametri inorganici</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Limite di quantificazione</b>	
		SEDIMENTI	ORGANISMI
Alluminio	mg/kg s.s.	5	-
Manganese	mg/kg s.s.	5	-
Arsenico	mg/kg s.s.	0,1	0,5
Cadmio	mg/kg s.s.	0,05	0,1
Cromo	mg/kg s.s.	1	0,2
Ferro	mg/kg s.s.	5	-
Mercurio	mg/kg s.s.	0,05	0,05
Nichel	mg/kg s.s.	1	0,1
Piombo	mg/kg s.s.	1	0,2
Rame	mg/kg s.s.	1	1
Zinco	mg/kg s.s.	1	1
Vanadio	mg/kg s.s.	1	-
Policlorobifenili (PCB) (per singolo composto)	µg/kg s.s.	0,1	0,1
Esaclorobenzene (HCB)	µg/kg s.s.	0,1	0,1
Clorobenzeni (per singolo composto)	µg/kg s.s.	10	-
Nitrobenzeni (per singolo composto)	µg/kg s.s.	10	-
Clorofenoli e Fenoli (per singolo composto)	µg/kg s.s.	10	-
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) (per singolo idrocarburo)	µg/kg s.s.	1	1
Idrocarburi leggeri (C≤12)	mg/kg s.s.	0,5	-
Idrocarburi pesanti (C>12)	mg/kg s.s.	5	-
Solventi aromatici (BTEX) (per singolo):	µg/kg s.s.	10	-
Alifatici clorurati cancerogeni (per singolo composto)	µg/kg s.s.	1	-
Pesticidi organoclorurati (per singolo composto)	µg/kg s.s.	1	-
Composti organostannici (Σ mono-, di-, tri-butilstagno, come Sn)	µg/kg s.s.	1	-
Diossine e furani	µg/kg s.s.	0,5x10 <sup>-3</sup>	-

I risultati delle analisi chimico-fisiche dovranno essere riportati in un Rapporto di Prova, datato e firmato dal responsabile del laboratorio, contenente:

<sup>1</sup> Linee Guida SNPA 9/2018 "Linee Guida sulle analisi di sostanze prioritarie in matrici marine. Parte I. Verifica delle metodologie ufficiali esistenti e loro applicabilità alle matrici marine"

Linee Guida SNPA 10/2018 "Linee Guida sulle analisi di sostanze prioritarie in matrici marine. Parte II. Idrocarburi policiclici aromatici e metalli ed elementi in traccia"

Linea Guida SNPA 18/2018 "Analisi granulometriche dei sedimenti marini"

- identificazione univoca del campione analizzato;
- elenco dei parametri determinati, con relativo risultato analitico ottenuto;
- incertezza di misura espressa nella stessa unità di misura del risultato;
- metodo di riferimento utilizzato;
- limite di quantificazione;
- temperatura d'accettazione del campione.

Relativamente ai saggi ecotossicologici questi devono essere applicati, su un numero significativo di campioni non inferiore al 30% del totale, ad almeno due matrici ambientali costituite da:

- fase solida del sedimento (sedimento tal quale e/o centrifugato);
- fase liquida del sedimento (acqua interstiziale e/o elutriato)

mediante impiego di una batteria di saggi biologici costituita da tre specie-test appartenenti a gruppi tassonomici e filogenetici differenti, scelte e applicate alle matrici secondo le modalità riportate in tab. 2.

I rapporti di prova rilasciati dai laboratori dovranno riportare, oltre ai dati grezzi, il metodo e i parametri statistici necessari, a supporto dell'affidabilità del dato. I risultati devono essere espressi come EC20 e/o EC50 con i relativi limiti fiduciali o come effetto ( $\pm$  scarto tipo  $\sigma$ ) rispetto al controllo negativo (riportando il dato anche di quest'ultimo) e riferito alla massima concentrazione del campione testato in relazione al metodo del saggio impiegato.

Tabella 2. Specie e modalità di applicazione dei saggi ecotossicologici ai sedimenti (A: saggio acuto; C: saggio cronico / a lungo termine /sub cronico / risposta subletale)

	Specie	Matrice	End-point	Tipologia batteria		
				1	2	3
ALGHE	<i>Skeletonema costatum</i>	Elutriato	Inibizione crescita algale		C	
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	Elutriato	Inibizione crescita algale		C	
	<i>Pheodactylum tricornerutum</i>	Elutriato	Inibizione crescita algale		C	
BATTERI	<i>Vibrio fischeri</i>	Elutriato	Inibizione bioluminescenza		A	
		sedimento centrifugato		A		
CROSTACEI	<i>Corophium</i> spp.	sedimento tal quale	Mortalità	A		
	<i>Acartia tonsa</i>	Elutriato	Mortalità a 48 h		A	
		sedimento tal quale	Mortalità a 7 gg			C
	<i>Tigriopus fulvus</i>	Elutriato	Sviluppo larvale	C		
BIVALVI	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Elutriato	Mortalità		A	
		Elutriato	Sviluppo larvale			C
	<i>Cassostrea gigas</i>	Elutriato	Sviluppo larvale			C
ECHINODERMI	<i>Paracentrotus lividus</i>	Elutriato	Fecondazione uova		A	
		Elutriato	Sviluppo larvale			C

## 5 EVENTUALI INDAGINI INTEGRATIVE

Nel corso della realizzazione del piano di caratterizzazione approvato il proponente potrà procedere, previa comunicazione al Ministero dell'ambiente e della tutela del mare, all'esecuzione di indagini integrative mirate a una migliore definizione del Modello Concettuale Definitivo, concordando con gli Enti di controllo (ISPRA e ARPA nell'ambito di SNPA) tempistiche e modalità di validazione.

Per indagini integrative si intendono indagini mirate a una migliore definizione dello stato di contaminazione delle matrici ambientali marine.

Tali indagini possono, ad esempio, includere:

- la ricostruzione "temporale" della contaminazione e la definizione di valori di fondo sito-specifici, anche attribuibili ad eventuali anomalie geochimiche dell'area, per una migliore valutazione dello stato di qualità,

attraverso lo studio di carote di sedimento prelevate e analizzate secondo una modalità “in continuo”, in accordo con le metodologie previste dalle Linee Guida SNPA<sup>2</sup>;

- approfondimenti in relazione alla biodisponibilità del metilmercurio nei sedimenti per quelle aree dove la contaminazione da mercurio risulti significativa e/o siano presenti anomalie geochimiche particolari;
- lo studio delle relazioni esistenti tra le forme chimiche dei metalli e la loro biodisponibilità/mobilità nel sedimento stesso, allo scopo di discriminare i diversi apporti, potenzialmente attribuibili sia a fenomeni di inquinamento che a caratteristiche geochimiche naturali (estrazioni sequenziali).

Tali indagini potranno essere effettuate anche utilizzando metodologie innovative, qualora supportate da rilevanti studi scientifici, preferendo quelle indirette e/o che garantiscono un minor impatto sulle matrici ambientali.

## 6 ELABORAZIONE DEI DATI DELLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

Tutti i risultati analitici, che costituiscono la base di dati cui riferirsi per definire il Modello Concettuale Definitivo e il grado e l'estensione della contaminazione, devono essere riportati in una relazione descrittiva della caratterizzazione eseguita.

I risultati analitici chimici dovranno essere confrontati con i valori d'intervento sito-specifici definiti da ICRAM (oggi ISPRA) per il sito d'interesse nazionale di riferimento (tabella 3, tabella 4), con i valori limite per le sostanze pericolose prioritarie (D.lgs. 172/2015), nonché per i valori limite di cui all'Allegato III alla Direttiva 98/2008/CE, così come modificato dal Regolamento 1357/2014/UE per la classificazione dei rifiuti pericolosi<sup>3</sup>.

I valori di intervento sito-specifici costituiscono i livelli di contaminazione delle matrici ambientali in aree marine al di sopra dei quali devono essere previste misure d'intervento funzionali all'uso legittimo delle aree e proporzionali all'entità della contaminazione (monitoraggi ambientali, restrizioni d'uso, messa in sicurezza di emergenza, permanente o operativa, bonifica e ripristino ambientale). Questi valori, definiti associando il grado di contaminazione con l'eventuale effetto tossico nei confronti di organismi rappresentativi del corpo idrico stesso, costituiscono i risultati di una valutazione “*risk-base*” sito-specifica e pertanto rappresentano i valori di riferimento sito-specifici.

Tabella 3. Valori d'intervento sito-specifici di metalli ed elementi in tracce nei sedimenti marini (mg/kg s.s.)

SIN	Arsenico	Cadmio	Cromo tot	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Zinco
Bagnoli	50	1.0	160	0,7	60	160	65	300
Brindisi	20	1.0	100	0.4	50	50	45	110
Cogoleto	45	1.0	2000	0.8	550	95	50	220
Crotone	42	1.0	160	0.7	63	112	52	166
Livorno	30	0.8	175	0.5	90	95	85	196
Napoli orientale	35	1.0	160	0.9	50	160	100	400
Orbetello	18	1.3	69	n.d.	50	140	50	230
Piombino	42	1.0	175	1.7	90	95	95	200
Priolo - Rada di Augusta	32	1.0	150	1.0	63	80	75	165
Priolo – Siracusa	14	0.72	70	0.8	72	57	31	141
Sulcis Iglesiente Guspinese - Sant'Antioco	20	1.4	80	1.3	50	100	45	170
Taranto	20	1.0	160	0.8	100	50	45	110
Trieste	20	1.1	130	1.4	140	80	50	170

<sup>2</sup> Linea Guida SNPA 06/18 “Definizione delle province geochimiche a mare e dei relativi valori di fondo nei sedimenti marini”

<sup>3</sup> la Classificazione dei rifiuti dovrà essere effettuata ai sensi della Decisione 532/2000/CE, così come modificata dalla decisione 955/2014/UE

Tabella 4. Valori d'intervento per i composti organici nei sedimenti marini ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s.)

Tributilstagno ( $\Sigma$ MBT, DBT, TBT)	70 (Sn)
Idrocarburi Policiclici Aromatici totali	4000
Benzo(a)pirene	760
Antracene	245
Fluorantene	1500
Naftalene	390
Aldrin	5
$\alpha$ esaclorocicloesano	1
$\beta$ esaclorocicloesano	1
$\gamma$ esaclorocicloesano (lindano)	1
DDT come sommatoria 2,4' e 4,4'	5
DDD come sommatoria 2,4' e 4,4'	5
DDE come sommatoria 2,4' e 4,4'	5
Dieldrin	5
Sommatoria PCDD, PCDF + PCB <sub>dl</sub> (conversione WHO-TEF)	$30 \times 10^{-3}$
PCB totali	190

I risultati analitici dei sedimenti degli arenili sono confrontati con i valori di concentrazione riportati in tabella 5 e tabella 6. In caso di superamento di tali valori si deve procedere a una successiva valutazione del rischio di esposizione funzionale all'uso previsto.

Tabella 5. Concentrazioni di metalli ed elementi in tracce nei sedimenti degli arenili ( $\text{mg}/\text{kg}$  s.s.)

Arsenico	Cadmio	Cromo tot	Cromo VI	Mercurio	Nichel	Piombo	Rame	Vanadio	Zinco
20	2	150	2	1	120	100	120	90	150

Tabella 6. Concentrazioni di composti organici nei sedimenti degli arenili ( $\text{mg}/\text{kg}$  s.s.)

Tributilstagno ( $\Sigma$ DBT, TBT, TPT, DOT)	1.0
Benzo(a)antracene	0.5
Benzo(a)pirene	0.1
Benzo(b)fluorantene	0.5
Benzo(k)fluorantene	0.5
Benzo(g,h,i,)perilene	0.1
Crisene	5.0
Dibenzo(a,h)antracene	0.1
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	0.1
Pirene	5.0
Aldrin	0.01
Clordano	0.01
$\alpha$ esaclorocicloesano	0.01
$\beta$ esaclorocicloesano	0.01
$\gamma$ esaclorocicloesano (lindano)	0.01
DDT ( $\Sigma$ 2,4' e 4,4')	0.01
DDD ( $\Sigma$ 2,4' e 4,4')	0.01
DDE ( $\Sigma$ 2,4' e 4,4')	0.01
Dieldrin	0.01

Sommatoria PCDD, PCDF + PCB <sub>dI</sub> (conversione WHO-TEF)	0.000
PCB totali	0.06
Benzene	0.1
Etilbenzene	0.5
Stirene	0.5
Toluene	0.5
Xilene (espresso come o-xilene)	0.5
Xilene (espresso come m+p-xilene)	0.5
Clorometano	0.1
Diclorometano	0.1
Triclorometano	0.1
Cloruro di Vinile	0.01
1,2-Dicloroetano	0.2
1,1 Dicloroetilene	0.1
Tricloroetilene	1
Tetracloroetilene (PCE)	0.5
1,1-Dicloroetano	0.5
1,2-Dicloroetilene	0.3
1,1,1-Tricloroetano	0.5
1,2-Dicloropropano	0.3
1,1,2-Tricloroetano	0.5
1,2,3-Tricloropropano	1
1,1,2,2-Tetracloroetano	0.5
Diclorobenzene non cancerogeni (1,2-diclorobenzene)	1
Diclorobenzene cancerogeni (1,4 – diclorobenzene)	0.1
1,2,4 -triclorobenzene	1
1,2,4,5-tetraclorobenzene	1
Pentaclorobenzene	0.1
Esaclorobenzene	0.05
Alaclor	0.01
Endrin	0.01
Idrocarburi Leggeri C≤12	10
Idrocarburi Pesanti C>12	50

## 6.1 DEFINIZIONE DEI NUOVI VALORI D'INTERVENTO

I valori di intervento, ove non già determinati (cfr. Tabelle 3 e 4), sono definiti dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, su proposta del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente (SNPA), in accordo con quanto riportato dalla Direttiva Comunitaria 2000/60/CE in materia di corpi idrici specifici e seguendo un criterio di tipo chimico-ecotossicologico che associa il grado di contaminazione con l'eventuale effetto tossico nei confronti di organismi rappresentativi del corpo idrico stesso. Il criterio ecotossicologico è ampiamente utilizzato nel contesto internazionale da importanti Enti ambientali di riferimento come USEPA (U.S.A. Environmental Protection Agency), USACE (U.S.A. Army Corp of Engineers), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), Ministero dell'ambiente canadese, RIVM Institute olandese, ecc. Nel caso specifico della valutazione di sedimenti contaminati viene adottato, come criterio ecotossicologico di riferimento, il PEL (*Probabile Effect Level*), che rappresenta il livello chimico di un determinato contaminante al quale corrisponde con elevata probabilità un effetto tossico nei confronti della



vita acquatica. Per la determinazione di questo valore si deve utilizzare un data-set sufficientemente ampio e rappresentativo in termini di numerosità campionaria anche di carattere bibliografico, range di concentrazione delle sostanze, organismi test filogeneticamente distanti, end-point diversificati eseguite seguendo procedure standardizzate da organismi nazionali e/o internazionali quali ISO, ESEPA, ASTM, UNI, ecc. Dal punto di vista statistico esso è dato dalla media geometrica tra la concentrazione corrispondente al 50° percentile del set di dati “non tossici” e l’85° percentile del set di dati “tossici” (MacDonald, 1994<sup>4</sup>). Inoltre, in considerazione dell’elevata eterogeneità geochimica della costa italiana, i dati chimici devono essere integrati con dati geochimici in grado di discriminare i contenuti antropici da quelli naturali e evidenziare, ove presenti, eventuali anomalie. Per i composti organici, essendo questi esclusivamente di origine antropica, si adottano i valori di riferimento presenti a livello internazionali (EPA, CCME<sup>5</sup>, ecc.). La presente procedura si applica anche per l’aggiornamento, ove necessario, dei valori di intervento già determinati (cfr. Tabelle 3 e 4).

## 6.2 MODALITA' DI RAPPRESENTAZIONE DELLA CONTAMINAZIONE

I risultati della caratterizzazione ambientale dovranno essere presentati avvalendosi di tabelle e cartografia di sintesi, in formato editabile (rispettivamente fogli di calcolo e prioritariamente formato Geopackage, alternativamente shapefile, DWG o equivalenti), al fine di agevolare le operazioni di verifica. Il proponente dovrà evidenziare i superamenti dei valori sopracitati (valori d’intervento sito-specifici, valori per le sostanze pericolose prioritarie, valori per la classificazione dei rifiuti pericolosi) riscontrati nei sedimenti; per gli organismi marini dovrà essere riportato il superamento degli standard di qualità ambientale per il biota ai sensi del D.lgs. 172/2015, nonché i superamenti rispetto ai valori soglia previsti dal Regolamento CE n. 1881/2006 per i prodotti destinati al consumo umano.

In merito alle modalità di presentazione dei dati di caratterizzazione, si richiede almeno:

- una planimetria con l’ubicazione dei carotaggi (comprensiva delle maglie di campionamento) e delle stazioni di prelievo del biota;
- una documentazione fotografica relativa alle attività di indagine;
- schede riassuntive delle attività svolte in campo;
- tabelle di sintesi e rispettivi shapefile dei risultati delle analisi chimico-fisiche, microbiologiche ed ecotossicologiche, indicando per ogni campione di sedimento analizzato: codice stazione, codice campione, data di campionamento, data di analisi, coordinate riferite al *Datum* WGS84, profondità del fondale, spessore della carota campionata e, per ciascun analita determinato, valori di concentrazione misurati, valori di intervento sito-specifici, limiti di rilevabilità e quantificazione delle metodiche analitiche utilizzate, garantendo la corrispondenza con quanto riportato nei Rapporti di Prova. Devono essere, inoltre, evidenziate in modo chiaro le concentrazioni che superano i suddetti valori di intervento;
- tabelle di sintesi e rispettivi shapefile dei risultati delle analisi condotte sugli organismi bivalvi e necto-bentonici indicando per ogni campione analizzato: codice stazione, codice campione, data di campionamento, data di analisi, coordinate riferite al *Datum* WGS84, profondità del fondale, profondità della cala di pesca, per la fauna ittica la specie prelevata e il relativo peso e taglia; per ciascun analita determinato, valori di concentrazione misurati, valori soglia di riferimento, limiti di rilevabilità e quantificazione delle metodiche analitiche utilizzate, garantendo la corrispondenza con quanto riportato

---

<sup>4</sup> MacDonald, 1994. *Approach to the assessment of sediment Quality in Florida Coastal waters. Vol. 1. Florida Department of Environmental Protection Office of Water Policy, 126 pp.*

<sup>5</sup> *Canadian Environmental Quality Guidelines, 2001.*

nei Rapporti di Prova. Devono essere inoltre evidenziate in modo chiaro le concentrazioni che superano i suddetti valori soglia.

- rapporti di Prova del laboratorio di analisi e relative catene di custodia dei campioni.

La rappresentazione dei risultati della matrice sedimento deve essere eseguita per livelli omogenei e per tutta la profondità indagata, utilizzando colori e/o simboli rappresentativi dei superamenti dei valori di intervento. Tutte le informazioni dovranno essere presentate anche in formato shapefile, leggibile da un software GIS (Geographical Information System).

## 7 ELABORAZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO

La caratterizzazione dell'area marina si riterrà conclusa con l'elaborazione da parte del proponente del Modello Concettuale Definitivo e la conseguente approvazione da parte del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

Il Modello Concettuale Definitivo costituisce la base per l'individuazione e definizione delle eventuali procedure di messa in sicurezza (di emergenza, permanente ed operativa), bonifica o ripristino ambientale da attuare in funzione dei bersagli di contaminazione riscontrati in fase di caratterizzazione.

Nel Modello Concettuale Definitivo dovranno essere evidenziate le aree in cui i contaminanti considerati nella caratterizzazione riportano superamenti dei valori limite integrati dalla risposta biologica degli organismi marini studiati in termini di bioaccumulo ed ecotossicologia. Questi ultimi sono gli elementi determinanti rispetto all'individuazione di eventuali interventi da prevedere (i.e. limitazioni d'uso dell'area, messa in sicurezza (di emergenza, permanente ed operativa), bonifica, ripristino ambientale).

Il Modello Concettuale Definitivo deve includere:

- le caratteristiche geomorfologiche e tessiturali dei fondali marini;
- le caratteristiche tessiturali degli arenili, ove presenti;
- le caratteristiche sito specifiche dell'area e sorgenti di contaminazione primarie ed eventuali sorgenti secondarie;
- presenza di eventuali habitat sensibili, aree utilizzate per pesca o acquacoltura, ecc.
- grado, tipologia ed estensione della contaminazione nei sedimenti marini e sugli arenili;
- effetti sugli organismi marini attraverso forme di biodisponibilità e biomagnificazione;
- presenza di eventuali obiettivi sensibili e/o aree a vario titolo protette.