



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

COMUNE DI PULA

FORTE VILLAGE RESORT

OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE

MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA

F1-PIANO DI CARATTERIZZAZIONE

RIF. ELABORATO: 22 - 025

| REVISIONI | DATA | | OGGETTO |
|-----------------------------|------|------------|---------|
| | 00 | 13-03-2023 | |
| | 01 | | |
| | 02 | | |
| | 03 | | |
| RED.: EA VER.: FP APPR.: AR | | | |

COMMITTENTE:

PROGETTO ESMERALDA S.R.L.

SOMMARIO

| | |
|---|----------|
| 1. PREMESSA..... | 2 |
| 2. CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI AREA DI ESCAVO..... | 3 |
| 2.1 PERCORSO DI CARATTERIZZAZIONE | 3 |
| 2.1.1 <i>Disegno di campionamento</i> | 3 |
| 2.1.2 <i>Stazioni di campionamento</i> | 3 |
| 2.2 MODALITÀ DI PRELIEVO, CONSERVAZIONE ED ANALISI DEI CAMPIONI | 4 |
| 2.2.1 <i>Procedure di campionamento</i> | 4 |
| 2.2.2 <i>Preparazione del campione</i> | 4 |
| 2.2.3 <i>Accorpamento campioni</i> | 5 |
| 2.2.4 <i>Conservazione del campione</i> | 5 |
| 2.2.5 <i>Qualità del dato</i> | 6 |
| 2.2.6 <i>Relazione tecnica</i> | 6 |
| 2.3 CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE ECOTOSSICOLOGICA | 7 |
| 2.3.1 <i>Batteria di saggi biologici</i> | 7 |
| 2.3.2 <i>Classificazione ecotossicologica</i> | 9 |
| 2.4 CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE CHIMICA | 10 |
| 2.4.1 <i>Caratterizzazione chimica</i> | 10 |
| 2.4.2 <i>Caratterizzazione chimica dei materiali</i> | 11 |
| 2.5 CARATTERIZZAZIONE FISICA | 13 |

ALLEGATI

- TAV. 01 - AREA DI ESCAVO E PROGETTO DI CAMPIONAMENTO IN STAZIONI UNITARIE
- APPENDICE 2A
- APPENDICE 2B
- APPENDICE 2C

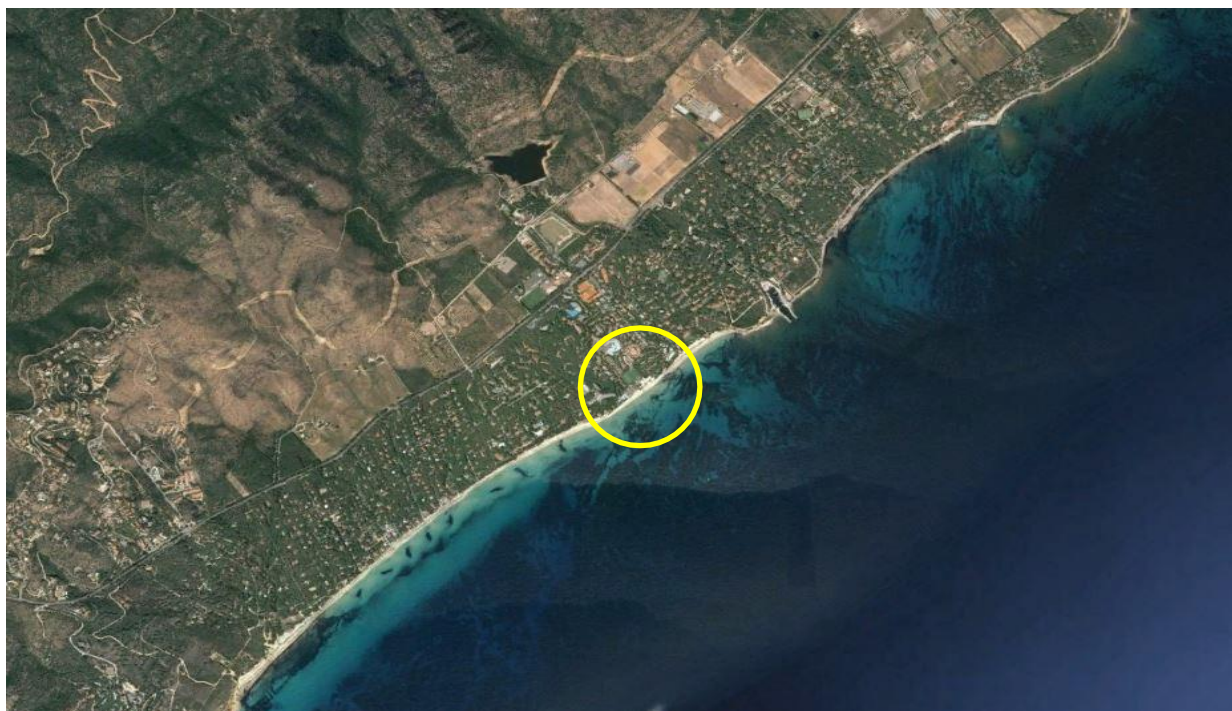
1. PREMESSA

Il progetto denominato: “Forte Village Resort - Opere di protezione e stabilizzazione morfologica della spiaggia” prevede in sintesi: la realizzazione di opere di protezione artificiali localizzate nel tratto di litorale antistante la struttura alberghiera costituite da isolotti che nella loro configurazione progettuale consentiranno la stabilizzazione della linea di riva e il rimodellamento dell’assetto topografico e batimetrico della spiaggia ed un apporto di sabbie prelevate dell’antistante spiaggia sommersa.

L’intervento di ripascimento, in relazione ai volumi di sabbia che verranno movimentati, è compreso tra 10 000 mc e 30 000mc e quindi definibile come “intervento di media entità” come regolato dal recente Decreto 15 luglio 2016, n. 173, “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l’autorizzazione all’immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”.

La presente relazione illustra la metodologia di indagine per la determinazione delle caratteristiche granulometriche, ecotossicologiche, chimiche e microbiologiche, così come richiesto nel “Caso 2: Interventi di media entità” del capitolo “3.1.2. Area di spiaggia da sottoporre a ripascimento” del citato Decreto, quando queste non siano disponibili o non siano rappresentative dello stato recente dei luoghi (ultimi 10 anni).

L’area interessata dal progetto è inserita lungo un tratto di costa sabbiosa di direzione SW-NE di poco meno di tre chilometri e facente parte del territorio comunale di Pula (CA). La porzione più propriamente interessata dal progetto riguarda un tratto di circa 500 metri prospiciente, come già indicato, il “Forte Village Resort”.



I sedimenti saranno prelevati dagli specchi acquei antistanti, con l'utilizzo di un mezzo marittimo dotato di pompa aspirante e refluyente, dall'area di sversamento antistante la struttura.

Sulla base delle esperienze pregresse di ricarica eseguite negli anni 2020, 2021, 2022 e in relazione alle finalità del progetto si stima in via preliminare che sia necessario trasferire un volume di sabbia compreso tra 10.000 e 30.000mc.

Le zone di prelievo dei sedimenti sono ricomprese nelle aree già individuate e utilizzate per i lavori negli anni precedenti. In particolare, sono state individuate tre aree di superficie pari a circa 40.700mq nelle quali sarà possibile prelevare sedimenti per spessori variabili tra 0,50m e 1,00m con un potenziale stimato di oltre 30.000mc.

Le aree di prelievo ed i punti di campionamento sono gli stessi riportati nel precedente piano di caratterizzazione per l'intervento sottoposto a V.I.A. denominato: "Progetto di manutenzione periodica antistante il Forte Village Resort" esitato con deliberazione Giunta Regionale 37/35 del 19/9/2019 ed autorizzato con delibera n° 31/31 del 18-06-2020 ai sensi dell'Art. 109 comma 5-bis del Dlgs 152/2006 per l'immersione in mare del materiale derivante dalle attività di escavo dei fondali marini.

I lavori di costruzione delle scogliere/barriere/isolotti artificiali di difesa della spiaggia saranno eseguiti esclusivamente con mezzi marittimi. In particolare, saranno impiegati uno o più pontoni semoventi muniti di gru idonei al trasporto e alla posa in opera di massi naturali del peso massimo di 20t.

I massi saranno approvvigionati in un porto di carico e trasportati mediante bettolina e/o pontone semovente fino al punto di posa in opera.

Complessivamente sono stati stimati necessari i seguenti quantitativi di massi:

| Descrizione | U.M. | quantità |
|---|----------|--------------|
| scogli prima cat (peso 50-1000kg) | t | 1.448 |
| scogli sec/terza cat (peso 1000-3000 kg) | t | 1.930 |
| scogli quarta cat (peso 3000 - 7000kg) | t | 4.960 |
| scogli speciali (peso 7000 - 2000kg e/o sagomati) | t | 1.532 |
| totale massi naturali | t | 9.870 |

Le tre scogliere in massi sono strutture assimilabili a scogli naturali con un inserimento nel contesto a basso impatto sul paesaggio e con un impatto positivo sulle biocenosi dell'area.

I massi saranno forniti da cave autorizzate mentre per il sedimento è necessario avviare un percorso di caratterizzazione come da Dm 173/2016.

2. CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI AREA DI ESCAVO

2.1 PERCORSO DI CARATTERIZZAZIONE

Il progetto in esame è regolato nel capitolo “3.1.2. Area di spiaggia da sottoporre a ripascimento” dell'allegato tecnico del Decreto 15 luglio 2016, n. 173 e, in particolare, dal “Caso 2: Interventi di media entità” con cui sono disciplinati gli interventi annuali di entità complessiva superiore a 5.000 m³ e fino a 40.000 m³ di materiale dragato.

Per tale tipo di operazione può essere utilizzato solo materiale di “Classe A”, secondo quanto riportato nel Capitolo “2.7 Classificazione di qualità dei materiali di escavo”. In sintesi, i sedimenti dovranno risultare con una “Classe di pericolo ecotossicologico” “assente” o “basso” ed una “Classe chimica” con $[C] \leq L2$ nella prima ipotesi e $[C] \leq L1$ nella seconda ipotesi con limiti di riferimento previsti dalla “Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali”.

2.1.1 Disegno di campionamento

Non essendo disponibili recenti indagini di caratterizzazione chimica ed ecotossicologica, al fine di determinare la classificazione del materiale è stata programmata una indagine che, per estensione dell'area interessata dal ripascimento, prevede il prelievo e l'analisi di 2 campioni superficiali di sedimento rappresentative del livello 0-10 cm, all'interno dell'area interessata al ripascimento, e ulteriori 3 campioni di controllo all'esterno di essa, prelevati mediante infissione di un liner monouso che consenta di prelevare i sedimenti dalla spiaggia sommersa per uno spessore compreso tra un minimo di 50 cm ed un massimo di 100 cm.

La posizione dei campioni della spiaggia sommersa sono ubicati in posizione baricentrica rispetto alle aree di prelievo.

2.1.2 Stazioni di campionamento

Qui di seguito si riportano le “Coordinate WGS84 Geografiche” e le “Coordinate WGS84 Piane” dei punti di campionamento, la quota batimetrica, la profondità in metri da raggiungere rispetto al fondo o dalla superficie per i campioni della spiaggia emersa.

Nella seguente tabella si riportano i punti di prelievo della precedente caratterizzazione che saranno ripetuti.

| Punto | Quota o Batim. (m) | Prof. (m) | Coordinate WGS84 GEOGRAFICHE | | Coordinate Piane Gauss-Boaga Roma40 | |
|--------|--------------------|-----------|------------------------------|--------------|-------------------------------------|------------|
| | | | Longitudine | Latitudine | Longitudine | Latitudine |
| SM_01* | +0.20 | 0.1 | 08°55'58.62" | 38°55'56.10" | 1494228 | 4309274 |
| SM_02 | +0.20 | 0.1 | 08°56'03.87" | 38°55'59.45" | 1494345 | 4309376 |
| SM_03 | -1.80 | 1.0 | 08°55'55.53" | 38°55'51.30" | 1494144 | 4309125 |
| SM_04 | -3.10 | 1.0 | 08°56'05.49" | 38°55'54.72" | 1494384 | 4309230 |
| SM_05 | -4.10 | 1.0 | 08°56'13.75" | 38°55'59.62" | 1494583 | 4309381 |

*Si riportano le coordinate del punto effettivo di campionamento

2.2 MODALITÀ DI PRELIEVO, CONSERVAZIONE ED ANALISI DEI CAMPIONI

2.2.1 *Procedure di campionamento*

La tecnica di campionamento che verrà utilizzata è quella del carotaggio con liner monouso infisso manualmente che dovrà consentire un recupero del 100% del campione ed il prelievo di sedimento per quanto possibile indisturbato. Non saranno utilizzati liquidi per agevolare il carotaggio o l'estrusione della carota né il ricorso a sostanze detergenti.

Per il prelievo delle carote della spiaggia sommersa sarà utilizzato un liner con un diametro interno di circa 80 mm e di lunghezza di 1,20 m idoneo al campionamento dei sedimenti costituiti in prevalenza da sabbie medio-fini. Il campionamento potrà essere ripetuto nella stessa posizione al fine di ottenere sufficiente campione da analizzare.

Per i campioni della spiaggia emersa sarà sufficiente l'infissione di un corto liner per circa 10 cm.

Nel caso del punto di campionamento SM_03, SM_04 ed SM_05, prevedendosi un raggiungimento di uno spessore di 1.00 m, la o le carote estruse andranno suddivise negli spezzoni da 50 cm partendo dalla sommità coincidente con il fondale e poi miscelate tra i campioni corrispondenti sino ad ottenere un campione omogeneo rappresentativo del livello 0-50 cm e di quello 50-100 cm.

La profondità di carotaggio indicate nel capoverso precedente dovranno essere necessariamente raggiunte a meno che il carotiere non vada “a rifiuto”, nel qual caso si interromperà il carotaggio ad una quota inferiore rispetto a quella prevista annotando la quota raggiunta dal carotiere.

Per il campionamento dei fondali si utilizzerà un sommozzatore che raggiungerà le stazioni di campionamento della spiaggia sommersa direttamente dalla battigia o tramite mezzo marittimo. Le carote saranno trasportate a riva sulla quale verrà attrezzata un tavolo per il campionamento.

Le carote di sedimento saranno preventivamente decorticate della parte più esterna a contatto con le pareti interne al liner, per evitare la contaminazione da trascinamento, fotografate e predisposto il log stratigrafico. Le attrezzature utilizzate che prevedono il contatto con il sedimento devono essere accuratamente pulite prima del loro reimpiego.

Per ciascuna carota saranno individuate sezioni di 50 cm o sezioni residue di almeno 20 cm rappresentative del livello più profondo.

2.2.2 *Preparazione del campione*

Da ciascuna sezione sarà prelevata una aliquota di sedimento in modo tale da garantire la massima rappresentatività del campione. Il campione prelevato sarà omogeneizzato e suddiviso nelle aliquote previste per le diverse analisi.

La quantità di materiale prelevata per ciascun campione sarà sufficiente a garantire tutte le analisi mineralogiche, granulometriche, chimiche ed ecotossicologiche, compresa l'aliquota di riserva da conservare per eventuali approfondimenti e/o verifiche.

Dal campione, prima delle analisi, saranno rimosse manualmente e registrate in campo (scheda di campo) e/o in laboratorio (rapporto di prova), le componenti di origine antropica (es.: frammenti di plastica, vetro, metallo, ecc.) e naturale (ciottoli, organismi del macrobenthos) di dimensioni comunque superiori a 5 mm. Questi aspetti saranno evidenziati nella scheda di campo di descrizione macroscopica del campione, corredata di foto. Sarà riportata anche una stima sommaria della percentuale in peso delle componenti di origine antropica.

Qualora il campione così ottenuto fosse costituito da oltre l'80% di ghiaia (diametro > 2 mm), le analisi chimiche potranno essere omesse, a meno di macroscopiche evidenze di contaminazione. In questo caso, la classe di qualità del materiale corrisponde alla migliore tra quelle previste dalla classe di tossicità rilevata (Tabella 2.8 dell'allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173).

All'atto del campionamento l'apposita "Scheda di campo" conterrà anche le informazioni identificative della stazione di prelievo (coordinate proiettate UTM WGS84) e dei campioni da avviare alle successive analisi.

2.2.3 Accorpamento campioni

Come previsto dall'allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173, per la tipologia di progetto risulterebbe possibile formare campioni compositi per le successive analisi, ottenuti miscelando i campioni singoli provenienti da aree unitarie contigue aventi caratteristiche macroscopiche similari.

Nel caso specifico possono essere accorpati i campioni relativi ai sedimenti presenti della parte sommersa SM_04 e SM_05 e quelli della parte emersa SM_01 e SM_02

Questa scelta può essere fatta in relazione ai pregressi esiti della caratterizzazione, la quale ha fornito una classe di qualità del materiale "A" ossia caratterizzato da una classe di pericolo ecotossicologico "ASSENTE" e opzione di gestione dei sedimenti: *"RIPASCIMENTO della spiaggia emersa con pelite $\leq 10\%$ o altro valore stabilito su base regionale"*.

Nel caso in esame, trattandosi di un'area costiera non portuale può essere seguito il percorso II dove verrà eseguita una caratterizzazione semplificata come riportato nell'Allegato tecnico Art. 109 Dlgs 152/2006 (Par. 2.1 – Percorsi di caratterizzazione).

La procedura semplificata prevede la formazione di campioni compositi da sottoporre ad analisi, ottenuti per miscelazione "a fresco" di aliquote di pari volume (minimo 100 cc), rappresentative di ciascun campione da miscelare. Le maglie di campionamento sono della tipologia 3 (200m x 200m) e secondo quanto riportato in *Tab. 2.1 – Criterio di accorpamento di campioni provenienti da aree unitarie contigue*, il numero di campioni da accorpare per spessori di

0.50m è fino a 2.

Nel caso in esame verranno accorpati i campioni secondo il seguente schema di accorpamento.

| QUOTA | SM_01 | SM_02 | SIGLA CAMPIONE |
|--------------|-------|-------|----------------|
| 0.00 – 0.10m | | | ACC_01 |

| QUOTA | SM_04 | SM_05 | SIGLA CAMPIONE |
|---------------|-------|-------|----------------|
| 0.00 – 0.50m | | | ACC_02 |
| 0.50m – 1.00m | | | ACC_03 |

In totale quindi i campioni saranno 5 così suddivisi:

| CAMPIONE | TIPO DI CAMPIONE | SPESSORE - m |
|----------------------|-------------------|----------------------|
| ACC_01 (SM_01-SM_02) | spiaggia emersa | 0.10 m |
| SM_03 | spiaggia sommersa | 0.50 m (0.00m-0.50m) |
| SM_03 | spiaggia sommersa | 0.50 m (0.50m-1.00m) |
| ACC_01 (SM_04-SM_05) | spiaggia sommersa | 0.50 m (0.00m-0.50m) |
| ACC_02 (SM_04-SM_05) | spiaggia sommersa | 0.50 m (0.50m-1.00m) |

Si ritiene che con i dati pregressi e con questi derivanti dalla nuova caratterizzazione si possa ottenere una buona rappresentatività della qualità e delle caratteristiche granulometriche/mineralogiche del sedimento.

2.2.4 Conservazione del campione

Le modalità di trasporto e di conservazione dei campioni saranno le seguenti:

| PARAMETRO | CONTENITORE | TRASPORTO (°C) | CONSERVAZIONE (°C) |
|--------------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|
| Granulometria/Mineralogia | plastica o vetro | 4 – 6 | 4 – 6 |
| Sostanza Organica o TOC | vetro o polietilene | 4 – 6 | ≤ - 20 ⁽¹⁾ |
| Chimica organica | vetro o polietilene | 4 – 6 | ≤ - 20 ⁽¹⁾ |
| Metalli e Inorganici | polietilene o vetro | 4 – 6 | ≤ - 20 ⁽¹⁾ |
| Ecotossicologia⁽²⁾ | polietilene o vetro | 4 – 6 | 4 – 6 |

(1) solo per campioni che non siano stati liofilizzati

(2) da eseguire sul campione fresco (paragrafo 2.3.1).

Il periodo di conservazione dell'aliquota di materiale destinata a eventuali controanalisi e/o verifiche non sarà inferiore a 3 mesi dal termine delle attività di gestione dei materiali.

Le metodologie analitiche utilizzate per la determinazione dei parametri fisici, chimici, microbiologici ed ecotossicologici saranno conformi a protocolli nazionali e/o internazionali standardizzati o riportati su Manuali e Linee Guida del Sistema Nazionale delle Agenzie.

2.2.5 Qualità del dato

A garanzia della qualità del dato:

- saranno garantite le prestazioni di qualità di cui al D.Lgs 219/2010, come recepimento della Direttiva 90/2009/EC;
- le analisi saranno condotte da un laboratorio privato accreditato da organismi riconosciuti ai sensi della norma UNI CEI EN 17011/05 per i parametri utilizzati ai fini della classificazione di qualità dei materiali di cui al presente capitolo in possesso di certificazioni nazionali e/o internazionali relative all'inserimento in circuiti di calibrazione specifici, che diano dimostrazione della qualità delle analisi;
- i risultati delle analisi e delle relative misure di controllo qualità per ciascun parametro fisico, chimico, ecotossicologico, saranno riportati su rapporti di prova rilasciati dai laboratori e nella Relazione tecnica che conterrà anche i dati relativi all'analisi delle comunità bentoniche e delle biocenosi presenti redatti da tecnico qualificato, secondo le indicazioni riportate nei paragrafi specifici.

2.2.6 Relazione tecnica

Tutti i dati relativi al campionamento, alla caratterizzazione, alle prestazioni analitiche (QA/QC¹), alla classificazione saranno riportate in una relazione tecnica con allegate:

- La "Scheda di inquadramento dell'area di escavo" con conferma del rispetto delle indicazioni progettuali in merito a posizionamento dei punti di campionamento;
- Le "Schede di campo";
- La "Caratterizzazione fisica" di cui al capitolo 2.5;
- I rapporti di prova di laboratorio chimico e relazione sulle analisi ecotossicologiche.

Oltre ai verbali cartacei compilati al momento del campionamento, tutta la documentazione fotografica ed i dati raccolti durante le attività di campionamento saranno organizzati e strutturati in modo da poter essere restituiti, alla fine delle operazioni di campionamento, in formato digitale, con la possibilità del loro inserimento all'interno di un Sistema Informativo Geografico.

In particolare, i dati relativi ai campionamenti saranno resi disponibili in un'unica tabella nel formato Excel, che verrà fornita dall'Esecutore agli Enti di Controllo.

La tabella seguirà le specifiche di formattazione delineate di seguito. Le coordinate saranno riferite al datum WGS84 e saranno essere espresse in metri. Ad ogni campione sarà associato un unico record della tabella che conterrà tutte le informazioni richieste. I campi relativi alle tipologie di analisi che prevedono risultati di tipo descrittivo (descrizione del campione, qualità organolettiche, ecc.) saranno di tipo alfanumerico.

I campi relativi alle informazioni e alle tipologie di analisi che prevedono dati di tipo numerico (ad es. coordinate, profondità, ecc.) saranno unicamente di tipo numerico. La precisione sarà adeguata al parametro descritto ed allo strumento adoperato. Il separatore decimale sarà il punto. Non sarà presente alcun separatore di migliaia.

2.3 CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE ECOTOSSICOLOGICA

2.3.1 *Batteria di saggi biologici*

I saggi biologici saranno eseguiti su tutti i campioni destinati alle analisi, singoli o accorpati. I risultati saranno riportati su rapporti di prova rilasciati dai laboratori, indicando, oltre ai dati grezzi, il metodo ed i parametri statistici necessari, a supporto della affidabilità del dato, così come riportato in Appendice 2A dell'allegato tecnico al DECRETO 15 luglio 2016, n. 173 che, ad ogni buon conto, si allega, nella versione commentata, in calce alla presente. In particolare:

- nel caso di utilizzo dei criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B (allegata anch'essa nella versione commentata in calce alla presente), i risultati saranno espressi come effetto misurato nel campione (\pm scarto tipo 6) e nel controllo negativo (\pm scarto tipo 6), riferito alla massima concentrazione del campione testata (compatibilmente al metodo del saggio impiegato);
- nel caso della classificazione ecotossicologica secondo il criterio tabellare ottenuto nell'ambito della batteria di saggi biologici utilizzata, i risultati saranno espressi come EC20 e/o EC50 con i relativi limiti fiduciali o come effetto (\pm scarto tipo 6) rispetto al controllo negativo (riportando il dato anche di quest'ultimo) e riferito alla massima concentrazione del campione testata in relazione al metodo del saggio impiegato.

I medesimi risultati, inclusi i dati relativi ai controlli positivi (rapportati alla carta di controllo del laboratorio), in forma riepilogativa tabellare, saranno comunque riportati e discussi nella Relazione tecnica.

Salvo specifiche indicazioni del metodo adottato, il sedimento intero o la frazione solida del sedimento sarà saggiata a fresco (non congelata, non essiccata né liofilizzata) prima possibile e comunque non oltre 15 giorni di conservazione a 4 – 6 °C al buio; la frazione liquida (acqua interstiziale o elutriato 1:4 p/v) sarà preparata entro 10 giorni dal sedimento tal quale conservato a 4°C al buio e, se non saggiata entro le 24 h dalla preparazione, conservata a -20°C fino al momento dell'analisi. I contenitori con la matrice di prova non presenteranno spazio d'aria. La batteria di minima sarà composta da almeno 3 organismi appartenenti a gruppi tassonomici ben

distinti, scegliendo una delle combinazioni di cui alla Tabella 2.3 riportata di seguito. Per ciascuna delle tipologia 1, 2 e 3 sarà selezionato un saggio biologico a scelta tra quelli indicati con il segno “X”. La combinazione sarà la stessa per la totalità dei campioni previsti nell’ambito della medesima istruttoria.

A titolo esemplificativo una combinazione potrebbe essere la seguente:

1^a tipologia: saggio sulla fase solida. Bioluminescenza con *Vibrio fischeri* su sedimento privato dell’acqua interstiziale;

2^a tipologia: saggio su fase liquida. Inibizione di crescita algale con *Pheodactylum tricornutum* o *Dunaliella tertiolecta* o *Skeletonema costatum* su elutriato;

3^a tipologia: saggio con effetti cronici/sub-letali/a lungo termine e di comprovata sensibilità. Embriotossicità con *Paracentrotus lividus*, *Mytilus galloprovincialis* o *Crassostrea gigas* su elutriato.

Proposta ISPRA-ISS-CNR – Allegati Tecnici art 109, D.Lgs 152/06

Tabella 2.3 – Saggi biologici utili per l’allestimento della batteria. Con la “x” vengono indicati i possibili saggi alternativi per ciascuna tipologia

| Gruppo | Batteri | | Alghe | Crostei | | | | | Molluschi Bivalvi | | Echinodermi | | |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|--|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|---|--|-------------------|---------------------|
| Specie | Vibrio fischeri (Bacteria) | | Dunaliella tertiolecta Pheodactylum tricornutum Skeletonema costatum (Algae) | Amphibalanus amphitrite (Crustacea) | Corophium spp (Crustacea) | Acartia tonsa (Crustacea) | | Tigriopus fulvus (Crustacea) | Crassostrea gigas (Bivalvia) | Mytilus galloprovincialis (Bivalvia) | Paracentrotus lividus (Echinodermata) | | |
| Matrice | fase liquida | fase solida | fase liquida | fase liquida | Sed. intero | fase liquida | Sed. intero | fase liquida | fase liquida | fase liquida | fase liquida | | |
| Endpoint | Bioluminescenza | | Crescita algale | Mortalità | Mortalità | Mort. (48 h) | Mort. (7 gg) | Sviluppo larvale | Mortalità | Sviluppo larvale | Sviluppo larvale | Fecon- dazione | Sviluppo larvale |
| 1ª tipologia | | XA | | | XA | | | XC | | | | | |
| 2ª tipologia | XA | | XC | XA | | XA | | | XA | | | XA | |
| 3ª tipologia | | | | | | | XC | | | XC | XC | | XC |

A = saggio acuto

C = saggio cronico/a lungo termine/subcronico/risp. subletale

2.3.2 Classificazione ecotossicologica

Completata la fase di campionamento e analisi, sulla base delle risultanze ottenute si procede con la classificazione ecotossicologica di ciascun campione di sedimento basata sull'utilizzo dei criteri di integrazione ponderata di cui all'**Appendice 2B** allegata alla presente.

Tuttavia, nell'ambito di indagini con elevata numerosità campionaria, come può essere inteso il caso in esame in cui ci sono numerosi campioni in rapporto ad una superficie relativamente ristretta, nella quale tutti i campioni risultino non mostrare effetti, è possibile semplificare la procedura di classificazione avvalendosi del criterio tabellare riportato in Figura 6.

In particolare, il criterio tabellare sarà applicato quando, nel nostro caso, tutti i campioni analizzati siano compresi nel seguente caso:

- a) tutti i campioni analizzati mostrino Tossicità "assente" per l'intera batteria di saggi biologici impiegati e le concentrazioni chimiche dei medesimi campioni risultino < L2 (Capitolo 2.4, tabella 2.5);

| | | |
|-------------------|----|---|
| Tossicità Assente | == | Tutti i saggi hanno $EC_{20} > 100\%$ o Effetto < 20% o effetto ormetico < 100% |
| Tossicità Bassa | == | Solo un saggio presenta una $EC_{20} < 100\%$ ma $EC_{50} > 100\%$ o un effetto netto compreso tra 20 e 50% o un effetto ormetico > 100% |
| Tossicità Media | == | Due o più saggi presentano $EC_{20} < 100\%$ ma $EC_{50} > 100\%$ o effetti compresi tra 20 e 50 %, oppure un solo saggio con $EC_{50} < 100\%$ o effetto > 50% |
| Tossicità Alta | == | Due o più saggi con $EC_{50} < 100\%$ o effetto > 50% |

Figura 6 - Classificazione ecotossicologica tabellare ottenuto nell'ambito della batteria di saggi biologici utilizzata. L'effetto ormetico è esclusivamente riferito alla biostimolazione nei saggi algali.

2.4 CARATTERIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE CHIMICA

2.4.1 Caratterizzazione chimica

La caratterizzazione chimica di tutti i sedimenti campionati sarà effettuata in relazione ai seguenti parametri chimici.

Tabella 2.4 - Parametri chimici da analizzare

| PARAMETRI CHIMICI | SPECIFICHE | LIMITE DI QUANTIFICAZIONE ² |
|--|---|---|
| METALLI E METALLOIDI | As, Cd, Cr _{tot.} , Cr VI*, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, V*, Al*, Fe* | 0,03 mg kg ⁻¹ (Cd, Hg); 1 mg kg ⁻¹ (altri) |
| IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI | Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene e loro sommatoria | 1 µg kg ⁻¹ |
| IDROCARBURI C>12* | | 5 mg kg ⁻¹ |
| PESTICIDI ORGANOCLORURATI | Clordano, Aldrin, Dieldrin, Endrin, α-HCH, β-HCH, γ-HCH (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza la somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, eptacoloro, epossido, | 0,1 µg kg ⁻¹ |
| POLICLOROBIFENILI | Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria | 0,1 µg kg ⁻¹ |
| COMPOSTI ORGANOSTANNICI | Monobutil, Dibutil, Tributilstagno e loro Sommatoria, (espressi come Sn organico) | 1 µg kg ⁻¹ (riferito alla singola sostanza) |
| CARBONIO ORGANICO TOTALE O SOSTANZA ORGANICA TOTALE | | 0,1% |
| SOMMAT. T.E. PCDD, PCDF (DIOSSINE E FURANI) E PCB DIOSSINA SIMILI* | Elenco di cui alle note della tabella 3/A di cui al D.lgs 172/2015 | D.Lgs 172/2015 |

* da considerare come sostanze aggiuntive di cui si presume la pericolosità ambientale e/o sanitaria. Nel caso in esame tali analisi non verranno eseguite a meno che di indicazioni differenti da parte degli Enti di Controllo.

Qualora il campione sia costituito da oltre l'80% di ghiaia (diametro > 2 mm), le analisi chimiche possono essere omesse, a meno di macroscopiche evidenze di contaminazione.

² I limiti di quantificazione riportati sono considerati come obiettivi a cui tendere. Viene ritenuto accettabile un LOD fino al 30% del valore di L1 (tabella 2.5), analogamente a quanto previsto dalla WFD rispetto agli SQA. Valori diversi di LOD non invalidano il dato, ma condizionano negativamente la stima del pericolo chimico HQ

I risultati delle analisi chimiche saranno riportati su rapporti di prova rilasciati dal laboratorio prescelto. Le seguenti informazioni:

- percentuale di recupero rispetto a materiali standard certificati;
- limite di quantificazione (garantendo quelli di cui alla Tabella 2.4);
- incertezza estesa;
- valutazioni di QA/QC;

potranno essere inserite sui medesimi rapporti o riportate nella Relazione tecnica. I medesimi risultati, in forma riepilogativa tabellare, saranno riportati e discussi nella Relazione tecnica.

Il laboratorio chimico che sarà utilizzato per le attività sarà accreditato per le analisi chimiche presso “ACCREDIA”, l'Ente Italiano di Accreditamento, e sarà in possesso dell'accreditamento per almeno l'80% delle prove chimiche elencate nella tabella 2.4 - Parametri chimici da analizzare.

2.4.2 Caratterizzazione chimica dei materiali

La classificazione chimica dei materiali è basata sui livelli chimici di riferimento (L1 e L2), di cui alla Tabella 2.5 riportata qui di seguito.

Qualora per le analisi ecotossicologiche siano stati applicati i criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B, si seguirà il medesimo criterio anche per le analisi chimiche, la cui procedura è descritta in **Appendice 2C** allegata alla presente. Il tool applicativo per eseguire automaticamente tale elaborazione dei dati è scaricabile dal sito istituzionale dell'ISPRA.

Qualora non siano stati utilizzati i criteri di integrazione ponderata di cui all'Appendice 2B per le analisi ecotossicologiche, i risultati delle analisi chimiche saranno confrontati con i Livelli chimici di riferimento (L1 e L2) di cui alla Tabella 2.5 riportata nella pagina seguente.

Tabella 2.5 – Livelli chimici di riferimento nazionali

| PARAMETRO | L1 | L2 |
|---------------------------|----------------------------------|------|
| Elementi in tracce | [mg kg⁻¹] p.s. | |
| Arsenico | 12 | 20 |
| Cadmio | 0,3 | 0,80 |
| Cromo | 50 | 150 |
| Cr VI | 2 | 2 |
| Rame | 40 | 52 |
| Mercurio | 0,3 | 0,80 |
| Nichel | 30 | 75 |
| Piombo | 30 | 70 |
| Zinco | 100 | 150 |

| PARAMETRO | L1 | L2 |
|---|--|---------------------|
| Contaminanti organici | [$\mu\text{g kg}^{-1}$] p.s. | |
| Composti organostannici | 5 ⁽¹⁾ | 72 ⁽²⁾ |
| Σ PCB ⁽³⁾ | 8 | 60 |
| Σ DDD ⁽⁴⁾ | 0,8 | 7,8 |
| Σ DDE ⁽⁴⁾ | 1,8 | 3,7 |
| Σ DDT ⁽⁴⁾ | 1,0 | 4,8 |
| Clordano | 2,3 | 4,8 |
| Aldrin | 0,2 | 10 ⁷ |
| Dieldrin | 0,7 | 4,3 |
| Endrin | 2,7 | 10 |
| α -HCH | 0,2 | 10 ⁷ |
| γ -HCH | 0,2 | 10 ⁷ |
| γ -HCH (Lindano) | 0,2 | 1,0 |
| Eptacloro epossido | 0,6 | 2,7 |
| HCB | 0,4 | 50 ⁷ |
| Idrocarburi C>12 | Non disponibile | 50000 |
| Σ IPA(16)(5) | 900 | 4000 |
| Antracene | 24 | 245 |
| Benzo[a]antracene | 75 | 500 |
| Benzo[a]pirene | 30 | 100 |
| Benzo[b]fluorantene | 40 | 500 ⁷ |
| Benzo[k]fluorantene | 20 | 500 ⁷ |
| Benzo[g,h,i]perilene | 55 | 100 ⁷ |
| Crisene | 108 | 846 |
| Indenopirene | 70 | 100 ⁷ |
| Fenantrene | 87 | 544 |
| Fluorene | 21 | 144 |
| Fluorantene | 110 | 1494 |
| Naftalene | 35 | 391 |
| Pirene | 153 | 1398 |
| Σ T.E. PCDD,PCDF (6) (Diossine e Furani) e PCB diossina simili | 2×10^{-3} | $1 \times 10^{-2*}$ |

⁽¹⁾ riferito al solo TBT

⁽²⁾ riferito alla sommatoria di MBT, DBT, TBT Espresso come Sn organico totale;

⁽³⁾ come sommatoria dei seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180;

⁽⁴⁾ come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4;

⁽⁵⁾ come sommatoria dei 16 IPA di maggior rilevanza ambientale indicati dall'USEPA (Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene;

⁽⁶⁾ L'Elenco dei congeneri e relativi Fattori di Tossicità Equivalenti (EPA, 1989) e l'elenco congeneri PCB Diossina simili (WHO, 2005) e quello riportato alle note della tabella 3/A di cui al D.Lgs.172/2015.

⁽⁷⁾ Concentrazione valida solo per attività di ripascimento emerso;

* relativa alla sommatoria di PCDD e PCDF

2.5 CARATTERIZZAZIONE FISICA

La descrizione delle caratteristiche fisiche è riportata nella seguente Tabella 2.6.

Tabella 2.6 – Parametri fisici e relative specifiche

| PARAMETRI FISICI | | UNITÀ DI MISURA |
|---------------------------------|---|-----------------|
| DESCRIZIONE MACROSCOPICA | Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica | - |
| GRANULOMETRIA | Frazioni granulometriche al $1/2\phi$ Dove $\phi = -\log_2$ (diametro in mm/diametro unitario in mm) | % |
| MINERALOGIA | Principali caratteristiche mineralogiche | - |

La descrizione macroscopica dei campioni sarà particolarmente accurata, sia per l'area di prelievo che per le eventuali aree di deposizione. Questo in previsione del fatto che l'opzione di gestione dei materiali da dragare è quella del ripascimento costiero. In particolare per la descrizione del colore saranno utilizzate tavole cromatiche (Tavole di Munsell) con la medesima scala per entrambi i siti. Inoltre saranno annotati odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica.

La descrizione macroscopica sarà riportata nella “scheda di campo”, assieme ai dati di campo ritenuti più significativi, tra i quali, si ribadisce, l'allontanamento della frazione granulometrica superiore ai 5 mm, come riportato nel paragrafo “2.2.2 Preparazione del campione”.

Sempre in previsione dell'utilizzo dei sedimenti di dragaggio per il ripascimento costieri, di tutti i campioni sarà prodotta la curva di distribuzione granulometrica cumulata e la ripartizione delle differenti frazioni secondo il sistema di classificazione granulometrica definita come la scala di Wentworth (o Udden-Wentworth)

| Intervallo dimensionale (metrico) | Classi granulometriche (Wentworth) |
|-----------------------------------|--|
| 4 - 2 mm | Ghiaia molto fine (Granule) |
| 2 - 1 mm | Sabbia molto grossolana (Very coarse sand) |
| 1 - 1/2 mm | Sabbia grossolana (Coarse sand) |
| 1/2 - 1/4 mm | Sabbia media (Medium sand) |
| 1/4 - 1/8 mm | Sabbia fine (Fine sand grain) |
| 1/8 – 1/16 mm | Sabbia molto fine (Very fine sand grain) |
| 1/16 – 1/256 mm | Silt (Silt) |
| < 1/256 mm | Argilla (Clay particle) |

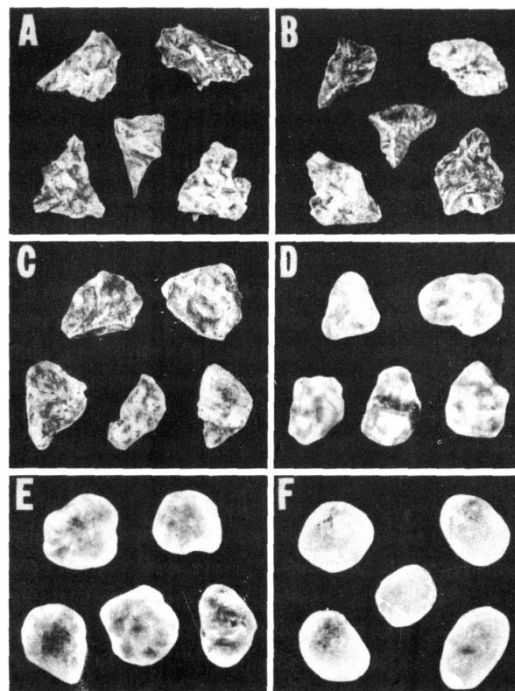
L'analisi granulometrica sarà effettuata mediante setacci e crivelli, per via umida, e risulterà compresa la raccolta del campione in sacchetti delle singole frazioni trattenute ai setacci e la loro restituzione per l'effettuazione delle analisi mineralogiche.

Inoltre sulla porzione passante al silt dovrà essere effettuata l'analisi granulometrica per sedimentazione compresa la determinazione del peso specifico dei granuli.

Le varie frazioni restituite saranno descritte singolarmente con l'ausilio di un microscopio ottico binoculare per la caratterizzazione petrografia. In particolare, sarà esaminata la presenza di frammenti litoidi, cioè clasti provenienti dalla frammentazione di rocce preesistenti, di costituenti monomineralogici, in particolare il quarzo, e di bioclasti, includendo in questa classe sia parti di gusci e di dermascheletro sia organismi calcarei, con particolare riferimento ai piccoli gasteropodi ed ai foraminiferi.

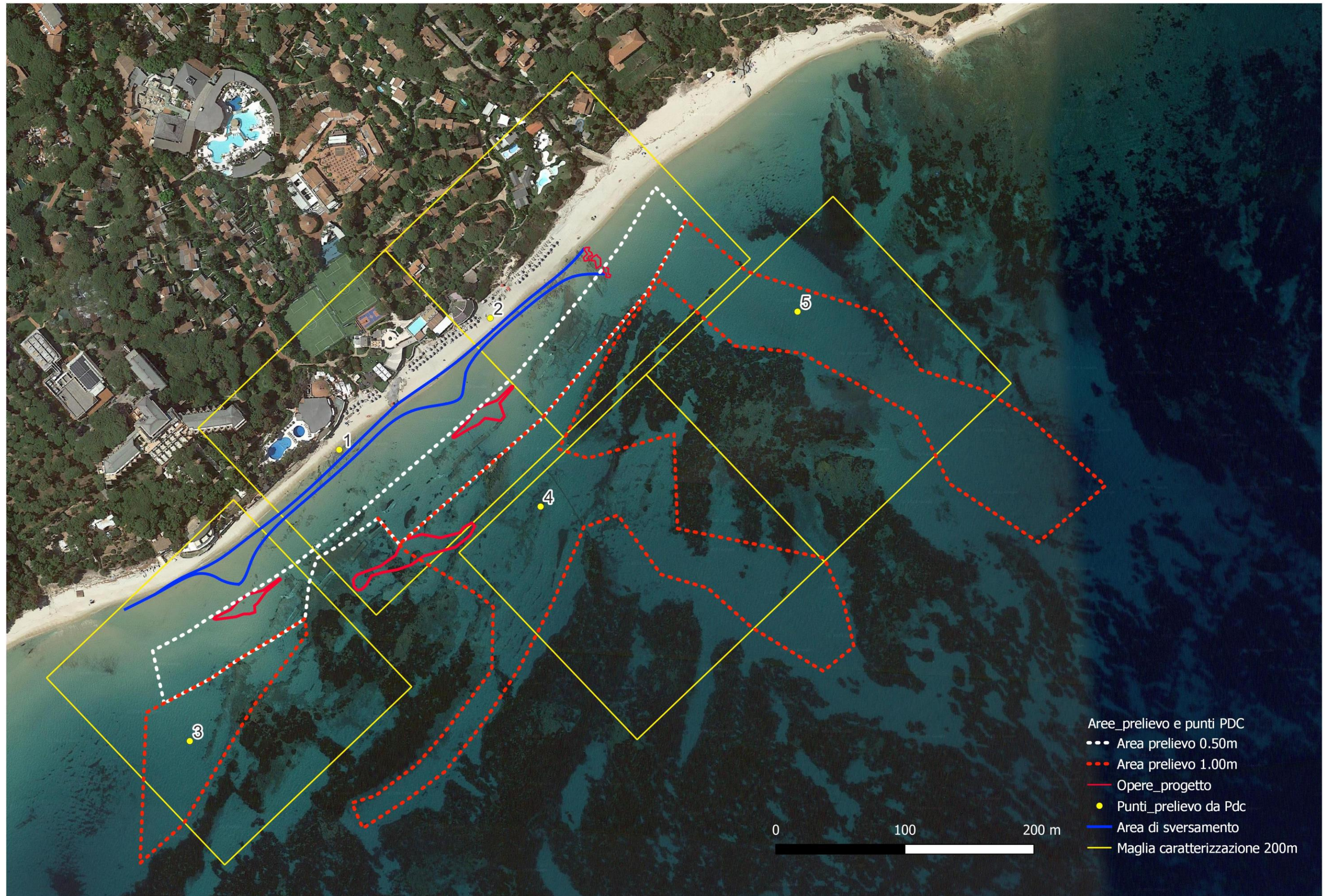
Di ogni costituente abiotico selezionato sarà inoltre essere specificato il grado di arrotondamento (da Powers, 1953, modif. in Shepard, 1963) suddividendolo nelle seguenti sei classi:

- A. molto angolosi;
- B. angolosi;
- C. subangolosi;
- D. subarrotondati;
- E. arrotondati;
- F. ben arrotondati.



Successivamente saranno calcolate sia le percentuali di ciascuna classe granulometrica in confronto al totale del campione sia quella dei vari costituenti selezionati in confronto alla classe granulometrica. Le percentuali delle classi saranno riportate su degli istogrammi e, cumulate, su diagrammi semilogaritmici per un immediato raffronto tra le varie sezioni ed i vari campioni nonché una verifica del grado di cernita del sedimento.

Rappresentazione aree prelievo su foto area



APPENDICE 2A: INFORMAZIONI DA RIPORTARE NEI RAPPORTI DI PROVA RELATIVI ALLE INDAGINI ECOTOSSICOLOGICHE

Commento [f61]: I campi riportati nella scheda di seguito riportata sono orientativi, in quanto dipendenti dalle specifiche metodologiche previste dallo specifico saggio biologico.

| | |
|---|--|
| Campione | |
| Data campionamento | |
| Matrice | |
| Concentrazione/i testata/e: | |
| Organismo test | |
| Metodo utilizzato | |
| End point misurato | |
| Sostanza tossica di riferimento (controllo positivo) | |
| EC50 e limiti fiduciali (controllo positivo) | |
| Range di riferimento e/o carta di controllo | |
| Acqua usata per il test come controllo/diluente | |
| Parametri di controllo (es. salinità, pH, Temperatura) | |
| Nr. repliche | |
| Tempo di esposizione | |
| EC20 con limiti fiduciali | |
| EC50 con limiti fiduciali | |
| Effetto percentuale medio alla conc. max | |
| Dev. St. delle repliche alla conc. max | |
| | |
| Per il saggio in fase solida con <i>Vibrio fischeri</i> | |
| Tossicità misurata (TU50) ± Lim fiduc. (95%) | |
| R ² | |
| Sediment Toxicity Index (STI) | |

Dati da utilizzare per l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata

| ¹ Misura dell'endpoint | Media | Deviazione standard | Nr. repliche |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Controllo negativo | Media delle letture delle repliche alla massima concentrazione testata | Deviazione standard tra le repliche alla massima concentrazione testata | Nr. Repliche alla massima concentrazione |
| Campione (trattato) | Media delle letture delle repliche alla massima concentrazione testata | Deviazione standard tra le repliche alla massima concentrazione testata | Nr. Repliche alla massima concentrazione |

Commento [f64]: Del controllo

Commento [c62]: Non considerare

Commento [c63]: Non considerare

Commento [c65]: Non considerare

| Solo per saggio in fase solida mediante <i>Vibrio fischeri</i> | | | |
|--|--|---|---------------------------|
| | Media | Deviazione standard | Nr. repliche |
| Controllo negativo | Soglia Tossicità Naturale stimata (TU50) | CV delle letture di controllo $\frac{I_0}{I_0}$ [(dev. Std. I_0 / media I_0 controllo] * 100) espresse in TU proporzionali rispetto alla Soglia di Tossicità Naturale | Numero repliche controllo |
| Campione (trattato) | Tossicità misurata riferita al peso secco (TU50) | ¼ dei limiti fiduciali della tossicità misurata riferita al peso secco | 2 |

Commento [f66]: E' disponibile sul sito ISPRA uno specifico foglio di calcolo per l'automatizzazione dei calcoli.

Commento [f68]: I_0

Commento [f69]: I_0

Commento [f70]: I_0

Commento [f67]: Calcolata secondo la seguente funzione:
Soglia Tox Nat (TU) = $3.13 * Pelite(\%) + 25.36$
Come da foglio di calcolo reperibile sul sito web ISPRA.

Commento [f71]: Anche nel caso in cui il saggio sia stato eseguito in singolo.

¹ Test algale: densità cellulare o tasso di crescita; test di fecondazione/ sviluppo lavale: % fecondati/sviluppati; test di mortalità/immobilizzazione: numero sopravvissuti; test con *Vibrio fischeri* su fase liquida: % bioluminescenza.

APPENDICE 2B: CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA PER LA VALUTAZIONE DELLE RISULTANZE ECOTOSSICOLOGICHE

I criteri di integrazione ponderata considerano aspetti importanti e caratteristiche specifiche dei saggi biologici inclusi nella batteria utilizzata, tra cui la significatività statistica della differenza di effetto tra campione e controllo (contemplando la variabilità tra le repliche, sia nel controllo, sia nel campione); la severità dell'effetto (inteso come gravità del danno biologico misurato dallo specifico end-point); la tipologia di esposizione (acuta o a breve termine, cronica o a lungo termine); la rappresentatività ambientale della matrice testata.

Per ciascuno dei saggi previsti nelle diverse tipologie di batterie utilizzabili è indicata una "soglia" di effetto che rappresenta la variazione minima ritenuta biologicamente significativa per ciascuna condizione sperimentale (Tabella A1); vengono anche riportati i "pesi" attribuiti a ciascun saggio in funzione della rilevanza biologica dell'end-point misurato, della durata dell'esposizione, della matrice testata (Tabella A2).

Commento [c72]: B

Commento [c73]: B

Tabella A1 – Valori di soglia attribuiti ai saggi biologici previsti nelle batterie.

Commento [c74]: B

| Species | Endpoint (E) | Soglia (%) | Esposizione (T) | Matrice (M) |
|----------------------------------|------------------|------------|------------------|-------------|
| | Sviluppo larvale | 20 | Cronica/sub.let | a, d |
| <i>Acartia tonsa</i> | Mortalità | 15 | Acuta | b, c |
| <i>Amphibalanus amphitrite</i> | Mortalità | 10 | Acuta | b, c |
| <i>Corophium insidiosum</i> | Mortalità | 15 | Acuta | a, d |
| <i>Corophium orientale</i> | Mortalità | 15 | Acuta | a, d |
| <i>Crassostrea gigas</i> | Sviluppo | 15 | Cronica sub let. | c |
| <i>Dunaliella tertiolecta</i> | Crescita algale | 10 | Cronica sub let. | b, c |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> | Sviluppo | 15 | Cronica sub let. | b, c |
| <i>Paracentrotus lividus</i> | fecondazione | 15 | Acuta | b, c |
| | Sviluppo | 15 | Cronica | b, c |
| <i>Phaeodactylum tricornutum</i> | Crescita algale | 10 | Cronica | b, c |
| <i>Skeletonema costatum</i> | Crescita algale | 10 | Cronica | b, c |
| <i>Tigriopus fulvus</i> | Mortalità | 10 | Acuta | b, c |
| | | 15 | | b, c |
| <i>Vibrio fischeri</i> | bioluminescenza | 25 | Acuta | a, d |

a = sedimento intero; b = acqua interstiziale; c = elutriato; d = sedimento umido (privato di acqua interstiziale).

Tabella A.2 – Pesì attribuiti in funzione della rilevanza dell'endpoint biologico, la matrice, il tempo di esposizione ed utilizzati per il calcolo del coefficiente W_2 . Vengono riportati anche i valori per la biostimolazione algale.

| ENDPOINT BIOLOGICO (En) | | MATRICE | (M) |
|-------------------------|-----|------------------------------------|------|
| fecondazione | 1.5 | Sedimento intero (tal quale) | 1 |
| Sviluppo | 1.9 | Acqua interstiziale | 0.8 |
| Crescita algale | 2.1 | Elutriato | 0.7 |
| Bioluminescenza | 2.4 | Sedimento umido (es. centrifugato) | 0.6 |
| Mortalità | 3 | | |
| ESPOSIZIONE (T) | | BIOSTIMOLAZIONE ALGALE | Ei |
| Acuta | 1 | $E \leq 40\%$ | 0 |
| | | $40 < E \leq 100\%$ | 1.25 |
| Cronica | 0,7 | $E > 100\%$ | 1.5 |

Commento [c75]: 8

Commento [f76]: Comprensivo della biostimolazione nei confronti di *Vibrio fischeri*

Vengono di seguito descritti i passaggi e le procedure di calcolo per l'integrazione dei risultati e la formulazione del giudizio di tossicità di cui è riportato uno schema complessivo nella Figura A1:

- dopo la verifica dei dati, per ciascun saggio biologico viene calcolato l'effetto (E_i), inteso come variazione percentuale dell'endpoint misurato e compensato tramite la correzione di Abbott rispetto alle variazioni osservate nel controllo (eq. 2 del flow-chart di Figura A1);
- l'effetto E_i viene corretto in base alla significatività statistica della variazione rispetto ai controlli, applicando il coefficiente Z che viene calcolato in funzione del valore ottenuto dal test T per dati con varianza disomogenea (punto 3 del flow-chart di Figura A1). Il coefficiente Z ha un valore pari a 1 (nessuna riduzione dell'effetto) quando il campione risulta significativamente diverso dal controllo ($p < 0.05$); esso decresce con il diminuire della significatività, passando in maniera lineare da 1 a 0.5 quando p cresce da 0.05 a 0.06. Per valori di p superiori a 0.06, il coefficiente Z diminuisce rapidamente in maniera non lineare fino a 0.2, quando p tende a 1. Questa correzione riduce progressivamente il peso complessivo di un saggio non statisticamente significativo, ma non ne elimina completamente il contributo alla batteria;
- ciascun effetto (E_i) moltiplicato per il suo coefficiente Z, viene rapportato con la "soglia" specifica per quel saggio (eq. 4 del flow-chart di figura A1); l'effetto corretto (E_{iw}) così ottenuto indica di quante volte la variazione misurata in un saggio supera quella ritenuta biologicamente rilevante;
- solo per i saggi algali, in caso di un effetto di biostimolazione, viene assegnato un valore di E_{iw} pari a 0 se l'effetto è $< 40\%$, 1.25 se l'effetto è $> 40\%$ ma $< 100\%$, pari a 1.5 se l'effetto è $> 100\%$;
- l'indice di pericolo complessivo della batteria di saggi ecotossicologici (Hazard Quotient, $HQ_{Batteria}$) viene calcolato come sommatoria degli effetti pesati (E_{iw}) dei singoli saggi (eq. 5 del flow-chart di figura A1), ulteriormente corretti secondo il fattore W_2 che corrisponde al prodotto dei pesi assegnati in funzione della rilevanza biologica dell'endpoint considerato,

Commento [c77]: 8

Commento [c78]: 8

Commento [c79]: 8

Commento [f80]: e per il saggio con *Vibrio fischeri* in fase liquida.

Commento [c81]: 8

della rilevanza ecologica della matrice testata, della esposizione acuta o cronica degli organismi (Tabella A2).

- per l'attribuzione del livello di pericolo derivante dalla batteria di saggi ecotossicologici, il valore ottenuto per l'indice $HQ_{Batteria}$ è normalizzato ad una scala compresa tra 0 e 10 (eq. 6 del flow-chart di figura A1), dove 1 corrisponde al valore di soglia della batteria (cioè il valore di HQ che si otterrebbe se tutti i saggi della batteria mostrassero un effetto pari alla rispettiva soglia) e 10 corrisponde al valore massimo della batteria (quando tutti i saggi mostrano il 100% di effetto). A seconda del valore dell' $HQ_{Batteria}$ normalizzato, il livello di pericolo ecotossicologico viene attribuito ad una classe di gravità (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore: Assente/bianco se < 1 ; Basso/azzurro se $HQ_{Batteria} \geq 1$ e < 1.5 ; Medio/giallo se $HQ_{Batteria} \geq 1.5$ e < 3 ; Alto/rosso se $HQ_{Batteria} \geq 3$ e < 6 ; Molto Alto/nero se $HQ_{Batteria} \geq 6$ (Tabella A3).

Commento [c82]: B

Commento [c83]: B

Commento [c84]: B

Tabella A.3 – Classi di pericolo ecotossicologico rispetto ai valori di HQ (Hazard Quotient) della batteria di saggi.

Commento [c85]: B

| HQ BATTERIA DI SAGGI | CLASSE DI PERICOLO |
|----------------------|--------------------|
| < 1 | Assente |
| $\geq 1 - 1.5$ | Basso |
| $\geq 1.5 - 3.0$ | Medio |
| $\geq 3.0 - 6.0$ | Alto |
| $\geq 6.0 - 10.0$ | Molto alto |

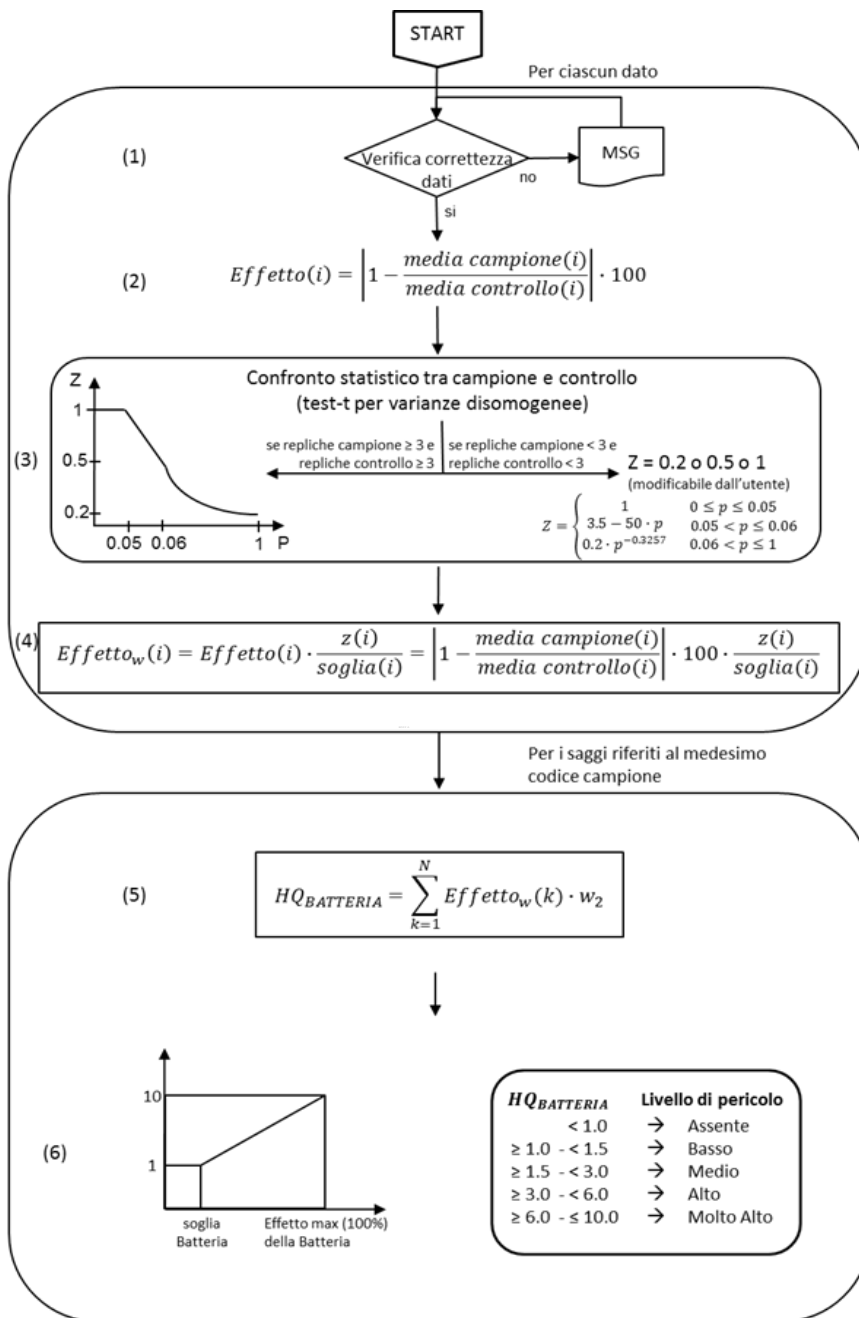


Figura A1 – Procedura per l'elaborazione dei dati dei saggi ecotossicologici.

Commento [c86]: 8

APPENDICE 2C: CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA PER L'ELABORAZIONE DEI DATI CHIMICI

I criteri di integrazione ponderata considerano la tipologia dei parametri, il numero dei contaminanti che eccedono il riferimento specifico, nonché l'entità di tali sforamenti rispetto ai limiti previsti. Viene dunque abbandonata la logica del mero superamento del valore tabellare, anche minimo e da parte di un unico parametro, come principio fondamentale per la classificazione chimica.

Tutti i parametri chimici di cui è prevista l'analisi, hanno un "peso" (da 1 a 1.3) a seconda che non siano contemplati dalla Direttiva 2013/39/UE (peso 1), o che al contrario siano inseriti nella lista delle sostanze "prioritarie" (peso 1.1) o in quella delle sostanze "pericolose e prioritarie" (peso 1.3), o siano annoverati nella convenzione di Stoccolma sui POP (peso 1.3). Il diverso peso assegnato ai vari composti ha lo scopo di conferire una maggiore rilevanza nella classificazione chimica dei sedimenti alla variazione di quegli inquinanti che siano caratterizzati da una più elevata tossicità, tendenza al bioaccumulo e persistenza nell'ambiente o che debbano essere soggetti ad una progressiva riduzione nell'ambiente secondo gli obiettivi posti dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Tabella C1).

Tabella C.1– Lista dei parametri e dei relativi pesi previsti per l'elaborazione dei dati chimici

| SOSTANZE CHIMICHE | Peso | Numero CAS | SOSTANZE CHIMICHE | Peso | Numero CAS |
|-------------------------|------|------------|--|------|----------------------|
| As | 1 | 7784-42-1 | PCB-81 | 1.3 | 70362-50-4 |
| Cd | 1.3 | 7440-43-9 | PCB-101 | 1 | 37680-73-2 |
| Cr totale | 1 | 7440-47-3 | PCB-118 | 1.3 | 31508-00-6 |
| Cu | 1 | 7440-50-8 | PCB-126 | 1.3 | 57465-28-8 |
| Hg | 1.3 | 7439-97-6 | PCB-128 | 1 | 38380-07-3 |
| Ni | 1.1 | 7440-02-0 | PCB-138 | 1 | 35065-28-2 |
| Pb | 1.1 | 7439-92-1 | PCB-153 | 1 | 35065-27-1 |
| Zn | 1 | 9029-97-4 | PCB-156 | 1.3 | 38380-08-4 |
| Acenaftene | 1 | 83-32-9 | PCB-169 | 1.3 | 32774-16-6 |
| Antracene | 1.3 | 120-12-7 | PCB-180 | 1 | 35065-29-3 |
| Benzo(a)antracene | 1 | 56-55-3 | ΣPCB | 1.3 | n.a. |
| Benzo(a)pirene | 1.3 | 50-32-8 | Aldrin | 1.3 | 309-00-2 |
| Benzo(b)fluorantene | 1.3 | 205-99-2 | α-Esaclorocicloesano | 1.3 | 319-84-6 |
| Benzo(k)fluorantene | 1.3 | 207-08-9 | β-Esaclorocicloesano | 1.3 | 319-85-7 |
| Benzo(g,h,i)perilene | 1.3 | 191-24-2 | γ-Esaclorocicloesano | 1.3 | 581-89-9 |
| Crisene | 1 | 218-01-9 | Esaclorocicloesano totale | 1.3 | n.a. |
| Dibenzo(a,h)antracene | 1 | 53-70-3 | Clordano | 1.3 | 57-74-9 |
| Fenantrene | 1 | 85-01-8 | Σ DDD | 1.3 | 72-54-8 + 53-19-0 |
| Fluorene | 1 | 86-73-7 | Σ DDE | 1.3 | 82413-20-5 + 72-55-9 |
| Fluorantene | 1.1 | 206-44-0 | Σ DDT | 1.3 | 50-29-3 + 789-02-6 |
| Indeno(1,2,3,c,d)pirene | 1.3 | 193-39-5 | Σ DDD_DDE_DDT | 1.3 | n.a. |
| Naftalene | 1.1 | 91-20-3 | Dieldrin | 1.3 | 60-57-1 |
| Pirene | 1 | 129-00-0 | Endrin | 1.3 | 72-20-8 |
| ΣIPA | 1.3 | n.a. | Eptacloro epossido | 1.3 | 1024-57-3 |
| PCB-28 | 1 | 7012-37-5 | Σ composti organostannici (Sn) | 1.3 | n.a. |
| PCB-52 | 1 | 35693-99-3 | Esaclorobenzene (HCB) | 1.3 | 118-74-1 |
| PCB-77 | 1.3 | 32598-13-3 | Σ PCDD, PCDF (TE-I) | 1.3 | n.a. |
| | | | Σ PCDD, PCDF, dioss.-simile PCB (TE-I) | 1.3 | n.a. |

Vengono di seguito descritti i passaggi e le procedure di calcolo per l'integrazione dei risultati e la classificazione chimica; lo schema complessivo è riassunto nella Figura C1.

L'elaborazione dei dati chimici inizia con il confronto delle concentrazioni misurate nei sedimenti con L1 e L2 di cui alla Tabella 2.5 (e suoi successivi aggiornamenti); il confronto può essere effettuato con "riferimenti" sito-specifici (ad esempio L1_{loc} e L2_{loc}), qualora tali livelli siano stati definiti a livello locale secondo i criteri di cui all'**Appendice 2D**.

In funzione del riferimento, per ciascun parametro chimico analizzato, viene calcolata la variazione rispetto al limite, ovvero il Ratio To Reference (RTR) (eq. 3 del flow-chart di Figura C1); il valore di RTR viene corretto in funzione del "peso" del contaminante per ottenere un valore di RTR_w (eq. 4 del flow-chart di figura C1), al fine di enfatizzare l'importanza delle variazioni osservate per i contaminanti più pericolosi.

Il calcolo dell'indice di pericolo quantitativo (Hazard Quotient), specifico per la caratterizzazione chimica dei sedimenti (HQ_C), è ottenuto dalla media di tutti gli RTR_w dei parametri con RTR ≤ 1 (cioè valori inferiori rispetto al limite del riferimento), addizionato con la sommatoria Σ degli RTR_w di tutti i contaminanti con RTR > 1 (eq. 5 del flow-chart di figura C1):

$$HQ_C = \frac{\sum_{j=1}^N RTR_w(j)_{RTR(j) \leq 1}}{N} + \sum_{k=1}^M RTR_w(k)_{RTR(k) > 1}$$

dove N and M sono il numero dei parametri con RTR rispettivamente ≤ o > 1, mentre j e k sono indici che permettono di ripetere il calcolo per N o M volte.

Con tale procedura di calcolo, l'indice di pericolo chimico (HQ_C) varia in funzione del numero di parametri che superano i riferimenti (i cui RTR_w sono addizionati nella sommatoria Σ), dell'entità del superamento e della tipologia dei contaminanti.

L'indice chimico HQ_C è assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore: Assente/bianco se HQ_C < 0.7; Trascurabile/verde se 0.7 ≥ HQ_C < 1.3; Basso/azzurro se 1.3 ≥ HQ_C < 2.6; Medio/giallo se 2.6 ≥ HQ_C < 6.5; Alto/rosso se 6.5 ≥ HQ_C < 13; Molto Alto/nero se HQ_C ≥ 13 (eq. 6 del flow-chart di Figura C1 e Tabella C2).

Poiché la procedura di calcolo non cambia in funzione del tipo di riferimento scelto per il confronto, i dati chimici vengono elaborati contemporaneamente per ottenere un valore di HQ_C ed una classe di pericolo chimico nei confronti di tutti i riferimenti adottati.

Tabella C.2 - Classi di pericolo chimico rispetto ai valori di HQ_C

| HQ _C | CLASSE DI PERICOLO |
|-----------------|--------------------|
| 0 – < 0.7 | Assente |
| 0.7 – < 1.3 | Trascurabile |
| 1.3 – < 2.6 | Basso |
| 2.6 – < 6.5 | Medio |
| 6.5 – < 13.0 | Alto |
| ≥ 13.0 | Molto Alto |

