



## **VALUTAZIONE AMBIENTALE**

**Art. 8 del D.lgs. 190/2010**



**MSFD**  
MARINE STRATEGY  
FRAMEWORK DIRECTIVE

## **SUMMARY REPORT**

---

**D8 – Contaminanti**

**Inviato alla Commissione Europea il 10 ottobre 2024**

## **Autori**

Maria Teresa Berducci (ISPRA)

Barbara Catalano (ISPRA)

Paola Guarracino (ISPRA)

Chiara Maggi (ISPRA)

Giacomo Martuccio (ISPRA)

Ginevra Moltedo (ISPRA)

Claudia Sebbio (ISPRA)

Luca Stellati (ISPRA)

Francesco Venti (ISPRA)

# Indice

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>5</b>
1.1 Obiettivi dei programmi di monitoraggio.....	5
1.2 Criteri e parametri utilizzati.....	7
1.3 Approccio alla valutazione.....	9
1.3.1 Criterio di valutazione utilizzato per i CONTAMINANTI in acqua, sedimenti e biota.....	9
1.3.2 Criterio di valutazione utilizzato per gli EFFETTI dei contaminanti sul biota .....	11
1.3.3 Criterio di valutazione per gli Eventi significativi di inquinamento.....	14
1.4 Coordinamento regionale o subregionale rispetto all’approccio alla valutazione .....	14
1.5 Dati utilizzati .....	15
1.5.1 Attività di campionamento.....	16
<b>2. ARTICOLO 8 DEL D.LGS. 190/2010 – VALUTAZIONE AMBIENTALE .....</b>	<b>24</b>
2.1 Risultati matrice ACQUE .....	24
2.1.1 MRU Mar Adriatico.....	24
2.1.2 MRU Mar Mediterraneo Occidentale.....	25
2.1.3 MRU Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale.....	25
2.2 Risultati matrice SEDIMENTI.....	26
2.2.1 MRU Mar Adriatico.....	26
2.2.2 MRU Mar Mediterraneo Occidentale.....	27
2.2.3 MRU Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale.....	27
2.3 Risultati matrice BIOTA.....	28
2.3.1 MRU Mar Adriatico.....	28
2.3.2 MRU Mar Mediterraneo Occidentale.....	29
2.3.3 MRU Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale.....	30

2.4	Risultati analisi degli EFFETTI dei contaminanti nel BIOTA.....	31
2.4.1	Risultati degli EFFETTI in Adriatico (MAD) .....	32
2.4.2	Risultati degli EFFETTI in M. Ionio (MIC).....	34
2.4.3	Risultati degli EFFETTI in M. Tirreno (MWE).....	36
2.5	Eventi di inquinamento gravi e significativi.....	37
2.6	Valutazione dello stato ambientale secondo il criterio primario D8C1 della Decisione della Commissione 848/2017.....	38
2.6.1	Sottoregione MAD .....	38
2.6.2	Sottoregione MWE .....	44
2.6.3	Sottoregione MIC.....	49
2.7	Valutazione dello stato ambientale secondo il criterio secondario D8C2 della Decisione della Commissione 848/2017.....	54
2.7.1	Sottoregione MAD .....	54
2.7.2	Sottoregione MIC.....	55
2.7.3	Sottoregione MWE .....	56
2.8	Valutazione dello stato ambientale secondo il criterio primario D8C3 della Decisione della Commissione 848/2017.....	59
2.9	Raggiungimento dei traguardi ambientali secondo la definizione e gli indicatori riportati nel D.M. 15 febbraio 2019 .....	60
2.9.1	Raggiungimento traguardo per Contaminanti in acqua, sedimenti, biota (D8C1).....	60
2.9.2	Raggiungimento traguardo per Effetti dei contaminanti nel biota (D8C2) .....	61
2.9.3	Raggiungimento traguardo per Eventi di inquinamento gravi e significativi (D8C3) .....	61
<b>3.</b>	<b>SINTESI.....</b>	<b>62</b>
<b>4.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>66</b>

## Descrittore 8 - Contaminanti

### 1. Introduzione

Descrittore 8: “Le concentrazioni dei contaminanti presentano livelli che non danno origine a effetti inquinanti”.

#### 1.1 Obiettivi dei programmi di monitoraggio

Al fine di rispondere alle richieste della Direttiva MSFD sono stati istituiti programmi di monitoraggio per monitorare le sostanze e i gruppi di sostanze sotto riportati nelle matrici acqua, sedimento e biota.

L’obiettivo dei programmi è quello di verificare il raggiungimento dei Target 8.1 e 8.2 e del GES 8.1 e 8.2, acquisendo i dati necessari a valutare gli elementi associati al criterio primario D8C1 e secondario D8C2 della Decisione UE 2017/848. I programmi sono finalizzati anche all’acquisizione di dati su parametri per i quali non è stato ancora stabilito un valore di SQA (standard di qualità ambientale) a livello unionale; tali dati saranno utili per l’individuazione di valori soglia specifici come richiesto dalla Nuova Decisione n. 2017/848 della CE del 17 maggio 2017.

La concentrazione di inquinanti nell’ambiente marino e i loro effetti vengono valutati tenendo in considerazione le disposizioni della Direttiva 2008/56/CE, così come richiesto dalla Decisione 2010/477/UE del settembre 2010 e dalla nuova Decisione 2017/848 del maggio 2017, ed anche le disposizioni pertinenti alla Direttiva 2000/60/CE per le acque territoriali e/o costiere così da garantire un adeguato coordinamento dell’attuazione dei due quadri giuridici.

Nelle acque territoriali e costiere, sono state considerate le sostanze o i gruppi di sostanze che:

- sono presenti nella direttiva 2000/60/CE:
  - contaminanti per i quali esiste uno standard di qualità ambientale stabilito nella direttiva 2013/39/UE, allegato II.
  - inquinanti specifici dei bacini idrografici di cui alla direttiva 2000/60/CE, allegato VIII, nelle acque costiere;
- se rilevanti, altri contaminanti (ad esempio da fonti offshore) che non siano già compresi al punto precedente e che possano dare origine a effetti inquinanti nella regione o sottoregione marina. Gli Stati membri stabiliscono l'elenco dei contaminanti attraverso la cooperazione regionale o sottoregionale.

Nelle acque al di fuori delle acque territoriali, sono stati considerati:

- i contaminanti considerati nelle acque territoriali, dove possano ancora dare origine a effetti inquinanti;
- altri contaminanti rilevanti, che non sono compresi nel paragrafo sopra, che possano dare origine a effetti inquinanti nella regione o sottoregione. Gli Stati membri stabiliscono l'elenco dei contaminanti attraverso la cooperazione regionale o sottoregionale.

Nel sessennio 2016-2021 sono stati condotti campionamenti per il prelievo di acqua, sedimenti e biota, in stazioni posizionate in parte entro e in parte oltre le 12 miglia nautiche e fino alla linea di ZEE. Il posizionamento delle stazioni è stato coerente con il grigliato stabilito per l'elaborazione dei dati (con maglie quadrate comprese tra 30 km e 90 km per lato a seconda della MRU e della matrice investigata).

Relativamente al criterio D8C1, l'aggiornamento periodico dei programmi di monitoraggio e delle strategie di tutela per l'ambiente marino, previsto dall'art. 7 del D.Lgs. 190/2010 di recepimento della MSFD, ha portato nel corso di questo sessennio a modificare il piano di monitoraggio, alla luce delle esperienze acquisite durante il primo ciclo e facendo propri i principi, i criteri e le norme metodologiche stabilite dalla nuova Decisione della Commissione UE per la definizione del buono stato ambientale (GES) delle acque marine (Decisione 2017/848 del 17 maggio 2017). A partire dal 2020, a seguito dell'approvazione del nuovo POA, sono state quindi monitorate solo le matrici sedimenti e biota.

Per soddisfare il criterio secondario D8C2, che dà informazioni relative agli effetti, su alcuni campioni di biota sono state condotte analisi di biomarker, utili a ridurre le lacune conoscitive sulla valutazione degli effetti biologici dovuti alla contaminazione, a valutare lo stato di salute degli organismi e ad individuare possibili valori soglia.

Tutte le valutazioni per il Descrittore 8 sono state eseguite aggregando i risultati per "criterio".

## 1.2 Criteri e parametri utilizzati

Vengono utilizzati i due criteri della Nuova Decisione (DECISIONE (UE) 2017/848 del 17 maggio 2017) di seguito riportati, compatibili con gli indicatori della Vecchia Decisione (Decisione 477/2010).

Elemento	Criterio	Parametro
<b>Concentrazione dei contaminanti</b>	<b>D8C1 — Primario:</b> Nelle acque costiere e territoriali, le concentrazioni di sostanze inquinanti non superano i seguenti valori di soglia: a) per i contaminanti di cui al punto 1), lettera a), degli elementi dei criteri, i valori fissati a norma della direttiva 2000/60/CE; b) quando i contaminanti di cui alla lettera a) vengono misurati in una matrice per la quale non è stato fissato alcun valore ai sensi della direttiva 2000/60/CE, la concentrazione dei contaminanti nella matrice è fissata dagli Stati membri attraverso la cooperazione regionale o sottoregionale; c) per altri contaminanti selezionati ai sensi del punto 1), lettera b), degli elementi dei criteri, le concentrazioni per la matrice specificata (acqua, sedimenti o biota) che possono dar luogo a effetti inquinanti. Gli Stati membri stabiliscono le concentrazioni attraverso la cooperazione regionale o sottoregionale, considerando come verranno applicate nelle acque costiere e territoriali e al di fuori di esse. Al di fuori delle acque territoriali, le concentrazioni di contaminanti non superano i seguenti valori soglia: a) per i contaminanti selezionati ai sensi del punto 2), lettera a), degli elementi dei criteri, gli stessi valori applicabili all'interno delle acque costiere e territoriali; b) per i contaminanti selezionati ai sensi del punto 2), lettera b), degli elementi dei criteri, le concentrazioni per la matrice specificata (acqua, sedimenti o biota) che possono dar luogo a effetti inquinanti. Gli Stati membri stabiliscono tali concentrazioni attraverso la cooperazione regionale o sottoregionale.	<b>Tutti i parametri per i quali sono stabiliti dei valori soglia a livello europeo e nazionale.</b>
<b>Effetti sul biota</b>	<b>D8C2 — Secondario:</b> La salute delle specie e la condizione degli habitat (ad esempio la loro composizione per specie e l'abbondanza relativa in siti caratterizzati da inquinamento cronico) non subiscono effetti negativi, inclusi effetti cumulativi o sinergici, a causa di contaminanti. Gli Stati membri stabiliscono tali effetti negativi e i valori di soglia attraverso la cooperazione regionale o sottoregionale	<b>Biomarcatori di risposte biologiche associate alla presenza di contaminanti</b>
<b>Episodi significativi di inquinamento</b>	<b>D8C3 — Primario:</b> l'estensione territoriale e la durata degli episodi di inquinamento gravi significativi sono ridotte al minimo.	<b>Numero di sversamenti significativi</b>

Il **criterio 1** del Descrittore 8 ha previsto la determinazione dei parametri richiesti dalla normativa presenti nelle Tabb. 1A, 2A, 3A e 3B del Dlgs 172/2015. Sono inoltre stati monitorati altri parametri ausiliari nella matrice sedimento, quali la granulometria (comprensiva di ripartizione in ghiaia, sabbia, limo e argilla), il carbonio organico totale (TOC), azoto totale e fosforo totale, per la valutazione dei risultati.

L'elaborazione dei risultati è avvenuta *in primis* stimando la bontà del dato attraverso la valutazione dei parametri di qualità riportati, secondo le specifiche della Direttiva 2009/90/CE e del D.lgs. 219/2010. Per la matrice biota, i dati riferiti agli anni 2016-2020 riguardano diverse specie appartenenti a diversi livelli trofici mentre, con l'introduzione del nuovo POA nel 2021, sono state monitorate specie target, quali *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius* e una terza specie a scelta tra molluschi e crostacei (es: *Squilla mantis*) per la specifica determinazione di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e Diossine.

Al fine di valutare gli effetti, come previsto dal **criterio 2** del Descrittore 8, sono state condotte analisi di biomarker su una delle specie bioindicatrici (*Mullus barbatus*) monitorate per il criterio D8C1, in linea con quanto suggerito nella nota della decisione 2017/848/UE. Le analisi di biomarker eseguite hanno permesso di implementare le conoscenze sulle risposte biologiche in questa specie, riducendo "le lacune conoscitive sulla valutazione degli effetti biologici" come richiesto dal traguardo T8.2 definito nel D.M. del 15 febbraio 2019.

Per quanto riguarda i parametri, la scelta della specie e delle analisi di biomarker da eseguire sui diversi organi e/o tessuti è stata definita coerentemente con quanto indicato nelle raccomandazioni UNEP (UNEP/MAP, 2017 Mediterranean Quality Status Report; UNEP/MAP, 2019 WG467/05; UNEP/MAP, 2021 WG509/43 Annex III App 22-23-24) e secondo le indicazioni dei gruppi di lavoro europei quali ICES e MedPol, che operano in risposta alle Convenzioni internazionali OSPAR, HELCOM e UNEP. Le raccomandazioni dell'UNEP prevedono l'esecuzione di una selezione di analisi di biomarker, denominati come "Indicators": stabilità delle membrane lisosomiali mediante esosamminidasi (LMS-ESO) e/o Neutral Red, frequenza di micronuclei (MN), inibizione dell'attività dell'acetilcolinesterasi (AChE). Inoltre, UNEP indica come "Sub-indicators" alcune analisi complementari, tra cui l'alterazione del citocromo p450 misurata mediante attività dell'etossiresorufina-o-deetilasi (EROD), da eseguire nei pesci. I primi tre sono biomarker "generici di danno/effetto", non specificatamente legati all'esposizione ad una specifica classe di contaminanti, ma che indicano la comparsa di un danno fisiologico, genetico e neurologico rispettivamente. L'ultimo, invece, è considerato un biomarker "specifico di esposizione", ovvero afferisce a quella categoria di biomarker che solitamente si considerano legati all'esposizione a specifiche classi di contaminanti, ma non necessariamente indicano comparsa di danno all'organismo o alla cellula. L'EROD, in particolare, indica l'attivazione del

sistema di detossificazione da parte dell'organismo per cercare di contrastare gli effetti della contaminazione da composti organici.

Di seguito, in tabella 1, viene riportata schematicamente l'indicazione per ciascuna tipologia di biomarker analizzato nel monitoraggio eseguito da ISPRA (2019-21) ed utilizzato per la valutazione dello stato ambientale.

Tabella 1. Parametri biochimici e indicazioni ad essi associate, analizzati nel Monitoraggio eseguito da ISPRA (2019-2021).

Biomarker	Indicazione
LMS-ESO	Indice di danno cellulare alle membrane, danno fisiologico
MN	indice di danno al DNA (genotossicità)
AChE	indice di neurotossicità
EROD	indice di attivazione del sistema di detossificazione da parte di xenobiotici organici

Il **criterio 3** del Descrittore 8 è stato valutato sulla base del report redatto dall'Italia per gli anni 2016-2022 ai sensi della circolare IMO MEPC/Circ.318 del 26 giugno 1996.

### 1.3 Approccio alla valutazione

#### 1.3.1 Criterio di valutazione utilizzato per i CONTAMINANTI in acqua, sedimenti e biota

Come già nella valutazione presentata nel 2018 per il Primo ciclo di valutazione, le aree investigate sono le Marine Reporting Units (MRU) che corrispondono alle tre sottoregioni: Mare Adriatico (MAD), Ionio e Mediterraneo Centrale (MIC) e Mediterraneo Occidentale (MWE) e si estendono fino alla Zona Economica Esclusiva (ZEE). I dati utilizzati in questo secondo Ciclo, provengono sia da monitoraggi eseguiti specificatamente ai sensi della Direttiva Strategia Marina (MSFD), sia dal monitoraggio dei corpi marino-costieri effettuato ai sensi della Direttiva quadro sulle acque (WFD). I monitoraggi *sensu* Strategia Marina sono stati eseguiti dalle ARPA dal 2016 al 2021, dal CNR per gli anni 2016-2018 e da ISPRA per gli anni 2019-2021, mentre i dati del monitoraggio dei corpi marino-costieri effettuato ai sensi della Direttiva quadro sulle acque (WFD) sono stati raccolti dalle sole ARPA. I dati sono stati tutti caricati sul Sistema Informativo Centralizzato (SIC) gestito da ISPRA per conto del Ministero.

La strategia di monitoraggio con la quale è stato condotto il primo Ciclo di Valutazione della Strategia Marina aveva già previsto una prima implementazione della copertura spaziale dell'informazione al fine di ridurre il gap informativo emerso dalla Valutazione Iniziale (2006-2012) e la messa a punto di metodi e criteri di analisi di biomarker, da integrare con le analisi di bioaccumulo, per la valutazione degli effetti dei contaminanti. Nel

secondo ciclo (2016-2021), specialmente dopo l'adozione dei nuovi POA, la nuova strategia di monitoraggio ha permesso, anche se non in tutte le MRU e per tutte le matrici, di avere informazioni spazialmente sufficienti su un numero maggiore di parametri utili ai fini della valutazione del GES.

Per effettuare la valutazione del GES all'interno delle MRU, l'Italia ha usato l'indice integrato di qualità chimica (denominato CQI), già precedentemente messo a punto e utilizzato nel primo ciclo di MSFD (2012-2016) per la valutazione *sensu* MSFD Descrittore 8-criterio D8C1 e per la Valutazione Iniziale (IA, 2012).

L'Indice di Qualità Chimico (CQI), è basato sulle differenze tra i valori di concentrazione dei contaminanti e i rispettivi SQA (fissati dalla legislazione internazionale e nazionale) ed è stato perfezionato, per la valutazione di questo sessennio, rispetto all'utilizzo nelle fasi precedenti del monitoraggio della Strategia Marina. Questo indice garantisce la comparabilità con le valutazioni nell'ambito della Direttiva 2000/60/CE, come richiesto dalla Direttiva MSFD, e allo stesso tempo introduce un margine di tolleranza ed elasticità alla rigorosa applicazione della conformità agli SQA come criterio per la classificazione chimica.

L'Indice di Qualità Chimico prevede livelli successivi di integrazione. La concentrazione del contaminante riscontrata in un punto viene inizialmente confrontata e normalizzata rispetto al singolo valore di SQA previsto dalla normativa per quel parametro in quella matrice. L'indice che ne scaturisce viene integrato insieme agli indici degli altri parametri appartenenti ad una specifica categoria (*livello di categoria*); l'indice di categoria viene a sua volta integrato insieme agli altri indici di categoria appartenenti alla medesima matrice, per assegnare un giudizio all'intera matrice (*livello di matrice*). L'indice CQI così come proposto, applicato al singolo punto di monitoraggio, fornisce informazioni a diversi livelli di integrazione per quel punto.

L'indice di categoria è centrato sullo zero; se il valore finale è inferiore o uguale a zero, i superamenti individuali dei contaminanti non si sono verificati o si sono verificati entro limitati range che non hanno pesato sull'indice finale. Viceversa, un valore superiore allo zero evidenzia diverse situazioni di superamenti degli SQA per ciascun contaminante. In base a quanto l'indice di categoria si discosta dallo zero sono state stabilite delle classi di qualità chimica che vanno da GOOD (scostamenti assenti o entro range di tolleranza) a BAD (scostamento anche di un solo parametro di almeno un ordine di grandezza rispetto al valore di SQA). L'indice di categoria può essere anche "NG" ("non giudicabile"), nel caso in cui alcuni analiti della categoria siano stati determinati ma la maggior parte dei parametri della medesima categoria non siano stati determinati, per cui il numero di determinazioni non viene considerato sufficiente ad esprimersi sulla categoria, o "ND" nel caso in cui non ci siano dati per gli analiti della categoria in quella stazione, ma questo sito sia stato comunque monitorato per altri analiti. Il successivo livello di integrazione è il livello di matrice:

per ciascun punto di monitoraggio vengono integrati gli indici di tutte le categorie per ottenere un giudizio integrato di qualità chimica per la matrice in quel punto. Il giudizio va da GOOD a BAD e può anche in questo caso essere “NG” (“non giudicabile”) qualora le categorie dotate di indice non siano numericamente sufficienti per esprimere un giudizio sullo stato della matrice in quel punto.

Al fine di rappresentare spazialmente gli indici e i giudizi associati a tutti i punti di monitoraggio, la MRU è stata suddivisa in GRID con celle di dimensioni specifiche per ogni matrice. Tutti gli indici (es. a livello di matrice) dei punti che ricadono nella medesima cella, vengono elaborati in modo da ottenere una cella con un giudizio integrato a livello di matrice. Lo stesso, chiaramente, può essere fatto a livello di categoria o di singolo parametro. In tal modo si può ottenere una rappresentazione dell’indice/giudizio a livello di parametro/categoria/matrice lungo la MRU, suddivisa in celle di dimensioni specifiche per ogni matrice.

Questa integrazione a livelli permette di valutare la matrice di una determinata MRU, senza perdere l’informazione sulle categorie di contaminanti che determinano il giudizio complessivo, e allo stesso tempo consente di conoscere la pressione del singolo parametro rispetto alla categoria dei contaminanti a cui appartiene.

Come per le Valutazioni degli anni precedenti, si può esprimere un giudizio solo in presenza di una copertura spaziale della MRU sufficiente, pari almeno al 50% delle celle totali. In aggiunta, la condizione di GES si raggiunge quando almeno il 60% della superficie coperta da dati è classificata in *GOOD* e la componente *NO GOOD* (giudizi *POOR* e *BAD*) non supera il 25%.

### 1.3.2 Criterio di valutazione utilizzato per gli EFFETTI dei contaminanti sul biota

Secondo la definizione di GES dell’art. 9 D.Lgs. 190/2010, per il D8C2, ai fini della valutazione degli effetti dei contaminanti sul biota, è necessario valutare le “*variazioni significative rispetto ai controlli e/o soglie*”.

Per quanto riguarda il Mar Mediterraneo, i valori soglia sono stati definiti solo per i mitili (UNEP-MED IG.22/7 e IG.23/6; UNEP-MAP, 2019 WG467/05). Per i pesci, le soglie definite in ambito ICES-OSPAR (Davis and Vethaak, 2012; ICES WGBEC Report, 2013) non possono essere utilizzate in quanto non rappresentative delle condizioni specifiche delle acque italiane. In linea con le decisioni prese nel corso di recenti incontri in ambito ICES e UNEP, quindi, è stato deciso di definire soglie valide a livello nazionale per *Mullus barbatus* (v. paragrafo 1.4). Inoltre, al fine di valutare gli effetti dei contaminanti, è stato necessario definire un criterio di valutazione dei risultati ottenuti, sulla base dei valori soglia identificati.

### 1.3.2.1 Definizione SOGLIE e dei Siti di Riferimento

Per poter definire dei valori soglia per i biomarker in *M. barbatus*, ISPRA ha utilizzato i dati provenienti dal monitoraggio degli effetti dei contaminanti, che ha eseguito in siti di Riferimento dal 2019 al 2023. I siti di riferimento per la valutazione dei biomarkers sono stati selezionati sulla base del grado di contaminazione riscontrato nella matrice sedimenti dal D8C1 nelle stazioni campionate tra il 2016 ed il 2021. In ciascuna cella del grid utilizzato per la valutazione della matrice sedimenti, è stato calcolato un giudizio integrato medio dei siti campionati, sulla base del valore dell'indice CQI-SED (Maggi et al., 2022), definito, a sua volta, integrando tutte le categorie di contaminanti considerate in questa matrice. Per il calcolo del giudizio medio (per cella) della qualità chimica, è stato attribuito un rango a ciascuna classe di giudizio, dal valore 1 (classe GOOD) al valore 4 (classe BAD). Infine, il valore medio ottenuto, approssimato al numero intero, ha permesso di determinare il giudizio dell'intera cella considerata (1=GOOD; 2=MODERATE; 3=POOR; 4=BAD). Come siti di riferimento per la valutazione degli effetti dei contaminanti, pertanto, sono stati considerati quei siti ricadenti nelle celle con giudizio medio relativo alla chimica dei sedimenti corrispondente al "GOOD".

Per il calcolo delle SOGLIE, quindi, sono stati considerati i dati relativi ai vari biomarker provenienti dai pesci campionati nei siti di Riferimento individuati con il criterio sopra descritto. Di seguito si riportano le definizioni delle soglie individuate per i biomarker (IT-BAC e TBR) e il metodo di calcolo utilizzato.

1. IT-BAC (valore di *background* per l'Italia per un determinato biomarker), corrisponde a quel valore di biomarker, tipicamente rilevato in una popolazione in buone condizioni di salute, al di sopra del quale (oppure "al di sotto", nel caso di biomarker con trend in diminuzione) si può considerare la presenza di una alterazione biologica; calcolato come il 90° percentile (oppure 10° percentile, nel caso di biomarker con trend in diminuzione) dei valori medi dei biomarker misurati nei pesci pescati nei siti di riferimento.
2. TBR (soglia di rilevanza biologica per un determinato biomarker), corrisponde al valore di biomarker al di sopra del quale l'alterazione biologica si può considerare "rilevante" (Piva et al., 2011); calcolato come il valore pari all'IT-BAC aumentato (o "diminuito", nel caso di biomarker con trend in diminuzione) di una certa percentuale (indicata come "% di scostamento dalla soglia") individuata in base alle indicazioni di Piva et al., 2011:

$$\text{TBR} = \text{IT-BAC} + \% \text{ scostamento da IT-BAC}$$

(opp TBR = IT-BAC - % scostamento, nel caso di biomarker con trend in diminuzione)

### 1.3.2.2 Metodo di valutazione degli effetti (Indice CBEI ed espressione del giudizio)

Per poter valutare gli effetti dei contaminanti in *M. barbatus*, ISPRA ha sviluppato un indice ponderato chiamato CBEI (*Categorized Biological Effect Index*) sulla base del quale esprimere un giudizio (ICES, 2024).

Per la valutazione di ciascun sito campionato, sono stati calcolati i VALORI MEDI per ciascuna risposta biologica (biomarker) analizzata nella specie bioindicatrice e, sulla base del confronto di ciascun valore medio

con le soglie specifiche per quel biomarker (IT-BAC e TBR), è stata assegnata una CLASSE di effetto, secondo i criteri riportati in Tabella 2. Inoltre, a ciascun biomarker è stato assegnato un PESO diverso in base alla tipologia di biomarker (biomarker di effetto o di esposizione, *Indicators o Sub-Indicators* secondo UNEP), secondo i criteri descritti e schematizzati in Tabella 3.

Tabella 2. Classi di effetto.

Confronto con le soglie	Classe di effetto	Effetto	Significato
$X \leq \text{IT-BAC}$ (opp $X \geq \text{IT-BAC}$ )	0	Assente/ Basso	assenza di alterazione biologica
$\text{IT-BAC} < X \leq \text{TBR}$ (opp $\text{IT-BAC} > X \geq \text{TBR}$ )	1	Moderato	presenza di alterazione biologica non particolarmente rilevante
$X > \text{TBR}$ (opp $X < \text{TBR}$ )	2	Alto	presenza di alterazione biologicamente rilevante

Tabella 3. Pesì dei biomarker

Biomarker	Tipologia	denominazione UNEP	Peso
LMS-ESO	effetto	<i>Indicators (Core)</i>	2
MN			2
AChE- brain			2
EROD-microsomal	esposizione	<i>Sub-Indicators (No-Core)</i>	1

L'Indice CBEI per ciascun punto campionato è stato calcolato sommando tutti i valori delle CLASSI di giudizio assegnate a ciascun biomarker, moltiplicati per i rispettivi PESI a loro assegnati, secondo la formula di seguito riportata.

$$CBEI_j = \sum_{i=1}^n classe_i \times peso_i$$

dove:

j = punto campionato

i = biomarker

n = numero biomarker considerati

classe = classe assegnata al valore medio misurato per il biomarker "i" in un determinato punto "j"

peso = peso assegnato al biomarker "i"

L'indice integrato CBEI, calcolato per ciascun sito, può avere un valore minimo pari a "zero" e un valore massimo pari a "14", nel caso in cui si analizzino tutti e 4 i biomarker considerati. Il "GIUDIZIO integrato" dei biomarker (GOOD, MODERATE, POOR, BAD) in ciascun sito campionato è stato assegnato in base a dove si collocava il punteggio dell'indice CBEI di quel sito rispetto alle SOGLIE DI GIUDIZIO riportate in tabella 4. Tali

soglie sono state definite in base a giudizio esperto, valutando tutte le possibili combinazioni dei biomarker considerati.

Nel caso in cui sono stati analizzati 3 biomarker “core” (*Indicators* per UNEP) e 1 “no-core” (*Sub-Indicators* per UNEP) è necessario utilizzare i valori soglia presenti nella prima riga della tabella mentre, nel caso in cui si sono analizzati solo i 3 “core”, è necessario utilizzare i valori soglia della seconda riga.

Tabella 4. Valori soglia per “Giudizio integrato” dei biomarker in base al valore di CBEI.

Biomarker analizzati	GOOD	MODERATE	POOR	BAD
3 CORE + 1 NO-CORE	<3	≥3	≥5	≥10
3 CORE	≤2	>2	>4	≥8

Requisiti del metodo: per poter esprimere un giudizio integrato è necessario che siano analizzati almeno i 3 biomarker “core” (*Indicators* indicati da UNEP) del Piano di Monitoraggio dell’ISPRA; i biomarker “no-core” (*Sub-Indicators*) sono invece facoltativi.

Inoltre, ai fini di una rappresentazione grafica, in maniera analoga a quanto effettuato per il D8C1 BIOTA, ciascuna delle 3 subregioni campionate è stata suddivisa mediante un grid di 90x90km ed alle celle è stato assegnato un giudizio, a sua volta associato ad un colore (GOOD=verde; MODERATE=arancione; POOR=rosso; BAD=viola), in relazione al valore di CBEI medio dei siti che ricadevano nella cella, arrotondato, per eccesso, al numero intero.

Come per il D8C1, anche per il D8C2 si può esprimere un giudizio solo in presenza di una copertura spaziale della MRU sufficiente, pari almeno al 50% delle celle campionabili (v. pag 57). In aggiunta, la condizione di GES si raggiunge quando almeno il 60% della superficie campionata (coperta da dati) è classificata in *GOOD* e la componente *NO GOOD* (giudizi *POOR* + *BAD*) non supera il 25%.

### 1.3.3 Criterio di valutazione per gli Eventi significativi di inquinamento

La soglia utilizzata per la classificazione degli eventi di inquinamento come “gravi e significativi” corrisponde alla soglia di 50 tonnellate di sversamento, individuata dall’IMO nella circolare IMO MEPC/Circ.318 del 26 giugno 1996.

## 1.4 Coordinamento regionale o subregionale rispetto all’approccio alla valutazione

Il programma di monitoraggio del Descrittore 8 contribuisce ad altre normative unionali, e/o accordi internazionali, quali la Direttiva 2008/105/CE e la Direttiva 2013/39/UE per la classificazione della qualità del corpo idrico.

Il metodo di valutazione delle risposte biologiche (biomarker) utilizzando dei valori soglia è in linea con quanto indicato in ambito ICES-OSPAR e in ambito Regionale dai Paesi del Mediterraneo (UNEP-IMAP). In passato, in ambito ICES-OSPAR (Paesi dell'Atlantico Nord Orientale), sono stati definiti valori soglia dei biomarker per diverse specie, comprese *Mytilus galloprovincialis* e *Mullus barbatus* (Davis and Vethaak, ICES CRR N.315, 2012, tab.30.1 Annex 1; ICES WGBEC Report, 2013, Tab. 9.2 Annex 2). Successivamente, in ambito UNEP-MAP, è emersa la necessità di definire nuovi valori soglia, specifici per le condizioni del Mar Mediterraneo. Tuttavia, in ambito Regionale, è stato possibile definire nuove soglie solo per i biomarker analizzati nei mitili (*M. galloprovincialis*) e non ancora per i pesci (*M. barbatus*). Nel documento relativo ad un recente meeting dell'*Ecosystem Approach Corresponding Group on Pollution Monitoring* dell'UNEP, avvenuto ad Atene a Marzo 2023, si riporta che, nonostante sia stata fatta una raccolta bibliografica degli studi recenti sull'argomento, non è ancora possibile effettuare una comparazione degli studi in quanto "si usano differenti analisi di biomarker, eseguite su specie differenti, utilizzando tessuti e metodologie differenti" (UNEP/MAP, 2023 WG556/3 pag. 125). Inoltre, non è ancora stato definito e concordato tra gli Stati Membri un metodo di valutazione integrata dei biomarker analizzati ai fini della definizione dello STATUS. Nel corso degli ultimi anni, presso l'ISPRA di Roma, è stata organizzata una riunione in ambito ICES "*Regional Workshop on the Assessment Criteria for the Effects of contaminants in fish and mussels*", tenutasi il 27-28 Marzo 2023, tra esperti appartenenti ad Istituti tecnici del settore dei Paesi quali Italia (ISPRA), Francia (IFREMER) e Spagna (IEO, CSIC), finalizzato alla definizione di soglie aggiornate e armonizzate a livello di Regione Mediterraneo (ICES, 2024). Dall'incontro si è concluso che, per *M. barbatus*, non è ancora possibile definire tali soglie a livello Regionale. Per il momento, quindi, l'Italia si è orientata verso la definizione di soglie valide a livello Nazionale.

## 1.5 Dati utilizzati

I dati utilizzati per il seguente Report sono relativi ai monitoraggi eseguiti negli anni dal 2016 al 2021. Fino al 2019 incluso, i dati provenienti dal monitoraggio delle ARPA e da ISPRA sono stati raccolti tramite i moduli 5I, 5T, 1S, 1, 1E e caricati nel SIC, mentre successivamente sono stati eliminati i precedenti moduli e adoperati i moduli *Modulo\_D8\_sedimenti*, *Modulo\_D8\_biota* e *Modulo\_D8\_effetti\_biota*. Nell'elaborazione, sono stati inoltre aggiunti i dati provenienti dalla convenzione con il CNR per il monitoraggio del biota negli anni 2016-2017 e i dati relativi ai molluschi e al pescato (2017-2021) forniti dalla convenzione con l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Umbria e delle Marche (IZSUM).

Successivamente, è stata valutata la bontà del dato attraverso la valutazione dei parametri di qualità, secondo le specifiche della Direttiva 2009/90/CE e del D.lgs. 219/2010. I dati non conformi sono stati scartati.

Ai fini del criterio 3 sono stati utilizzati i dati del report italiano sugli episodi di inquinamento, redatto ai sensi della circolare IMO MEPC/Circ.318 del 26 giugno 1996 e in riferimento all'articolo 11 del Protocollo I e all'articolo 12 della Convenzione MARPOL 73/78.

### 1.5.1 Attività di campionamento

#### 1.5.1.1 Campionamento matrice ACQUE

Per gli anni 2016-2020 è stato condotto il campionamento della matrice Acqua. Il campionamento e le analisi sono stati condotti dalle Arpa.

I parametri investigati sono stati raggruppati in specifiche categorie di contaminanti: Metalli, IPA (PAHs), composti organostannici, composti organoclorurati (HOCs), pesticidi, BTEX, fenoli, PFOS e Ftalati. Per la restituzione dei risultati, i dati georeferenziati sono stati rappresentati utilizzando un grigliato, che, in analogia alla matrice sedimenti, è realizzato con maglie quadrate di lato 30 km per la sottoregione MAD, e 60 km per le sottoregioni MIC e MWE.

Tabella 5. Copertura spaziale per la matrice Acqua.

	MAD	MIC	MWE
Copertura spaziale	35%	20%	32%

Dalla tabella 5 si evince che la copertura spaziale nelle tre sottoregioni va da un minimo di 20% per la sottoregione MIC, fino a valori del 32 e 35% rispettivamente per le sottoregioni MWE e MAD. La copertura, sebbene non altissima, risulta comunque superiore a quella riscontrata nel primo ciclo di valutazione (2012-2015).

La figura 1 riporta la distribuzione spaziale complessiva delle stazioni per la matrice acqua per ciascuna sottoregione (MSFD-ARPA, MSFD-CNR).



Figura 1. Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento dell'acqua nelle tre MRU.

### 1.5.1.2 Campionamento matrice *SEDIMENTI*

Fino al 2019 il campionamento dei sedimenti veniva effettuato intorno ai porti o nei pressi di impianti off-shore per cercare di valutare l'impatto del traffico marittimo e degli impianti industriali. La copertura era piuttosto limitata. Nel triennio 2019-2021 è stato approvato il nuovo piano di monitoraggio finalizzato ad incrementare le informazioni sulla contaminazione dei sedimenti ottimizzando la distribuzione delle stazioni ed implementando la copertura spaziale rispetto al I ciclo di Strategia Marina. Considerando le peculiarità di una matrice conservativa come il sedimento, il monitoraggio è stato distribuito su un arco temporale di tre anni, in modo che i punti di indagine complessivi fossero triplicati ma lo sforzo di campionamento annuale rimanesse il medesimo. Alla fine dei sei anni ogni singola stazione risulta campionata due volte, così da poter individuare un trend di miglioramento.

In ogni stazione è stato prelevato il livello superficiale (0-2 cm). I parametri investigati sono stati raggruppati in specifiche categorie di contaminanti (Metalli, IPA, composti organoclorurati (HOCs) e composti organostannici).

In tabella 6 si riporta la copertura spaziale nelle tre sottoregioni. Per la restituzione dei risultati, i dati georeferenziati sono stati rappresentati utilizzando un grigliato che tiene conto della distribuzione granulometrica, della batimetria e dell'estensione delle tre sottoregioni. Nella MRU Mare Adriatico sono stati realizzati grid quadrati da 30 km di lato, mentre per le MRU Mar Ionio e Mediterraneo Centrale e Mar Mediterraneo Occidentale sono stati utilizzati grid da 60 km.

Tabella 6. Copertura spaziale per la matrice Sedimento.

	MAD	MIC	MWE
Copertura spaziale	86%	47%	65%

Ad eccezione della MRU Mar Ionio e Mediterraneo Centrale, dove non è stato possibile completare il campionamento in acque internazionali, nelle altre MRU si raggiunge una buona copertura spaziale, decisamente più ampia di quella riscontrata nel primo ciclo di valutazione.

Nella Figura 2 sono riportate le stazioni di monitoraggio della matrice sedimento nelle tre MRU.



Figura 2. Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento del sedimento nelle tre MRU.

#### 1.5.1.3 Campionamento matrice BIOTA (bioaccumulo e biomarker)

I dati utilizzati in questo Secondo Ciclo di Valutazione provengono sia da monitoraggi specifici eseguiti ai sensi della Direttiva Strategia Marina (MSFD), sia dal monitoraggio dei corpi marino-costieri effettuato ai sensi della Direttiva quadro sulle acque (WFD); nello specifico dal monitoraggio MSFD delle ARPA e di ISPRA, dal monitoraggio MSFD del CNR e dal monitoraggio per la WFD delle ARPA.

I dati relativi al periodo 2016-2019 riguardano specie molto diverse tra di loro e raccolte quasi sempre entro le 12 miglia nautiche.

I dati, invece, relativi al periodo 2019-2021 provengono dal monitoraggio ISPRA ed ARPA. Sono stati condotti campionamenti più strutturati identificando specifici organismi target da monitorare quali specie bioaccumulatrici, in stazioni posizionate in parte entro e in parte oltre le 12 miglia nautiche e fino alla linea di ZEE, in numero tale da migliorare, per quasi tutte le specie investigate, la copertura spaziale ai fini della valutazione del GES. A questi dati si aggiungono quelli raccolti da IZSUM nel periodo 2017-2021 nell'ambito delle proprie funzioni istituzionali, riguardanti la contaminazione chimica di molluschi.

#### D8C1

Dal 2016 al 2019 sono state campionate diverse specie appartenenti a diversi habitat e livelli trofici, mentre con l'introduzione dei nuovi programmi di monitoraggio le specie target da monitorare sono state il *Mullus barbatus*, il *Merluccius merluccius* e una terza specie a scelta tra molluschi e crostacei (es. *Squilla mantis*) per

la specifica determinazione di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e Diossine. Il grigliato per l'elaborazione dei dati è stato definito in modo funzionale, coerentemente con le specie target individuate: sono state utilizzate maglie quadrate di lato 30 km per i molluschi, per le loro caratteristiche stanziali e fisiologiche, e maglie quadrate di lato 90 km per i pesci e i crostacei.

I parametri investigati sono stati raggruppati in specifiche categorie di contaminanti (Metalli, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), PBDE, PFOS, Diossine e furani e composti organoclorurati). In Tabella 7 si riporta la copertura spaziale nelle tre MRU per le specie appartenenti ai gruppi funzionali dei molluschi bivalvi e dei pesci demersali e crostacei. Per i pesci demersali e i crostacei, nonostante diversi dati siano stati eliminati perché non rispettavano i parametri di qualità richiesti dal D.lgs. 219/2010, la copertura mostra un notevole aumento rispetto al primo ciclo di valutazione, in particolare per la sottoregione MAD, dove raggiunge il 72%. Per i molluschi, la copertura spaziale è stata calcolata considerando che tali organismi, per le loro caratteristiche fisiologiche e stanziali, generalmente non si trovano oltre la profondità di 100 m. La copertura spaziale risultante raggiunge il 50% solo in Adriatico, mentre per le altre sottoregioni risulta al di sotto.

Tabella 7. Copertura spaziale per il biota nelle tre MRU.

(%) COPERTURA		
	Molluschi	Demersali+Crostacei
MAD	54%	77,8%
MIC	7%	32%
MWE	26%	49%

Nelle Figure 3, 4 e 5 sono rappresentate le stazioni di monitoraggio per la matrice Biota per le tre MRU. Le mappe sono suddivise in Pesci demersali e crostacei, Molluschi.

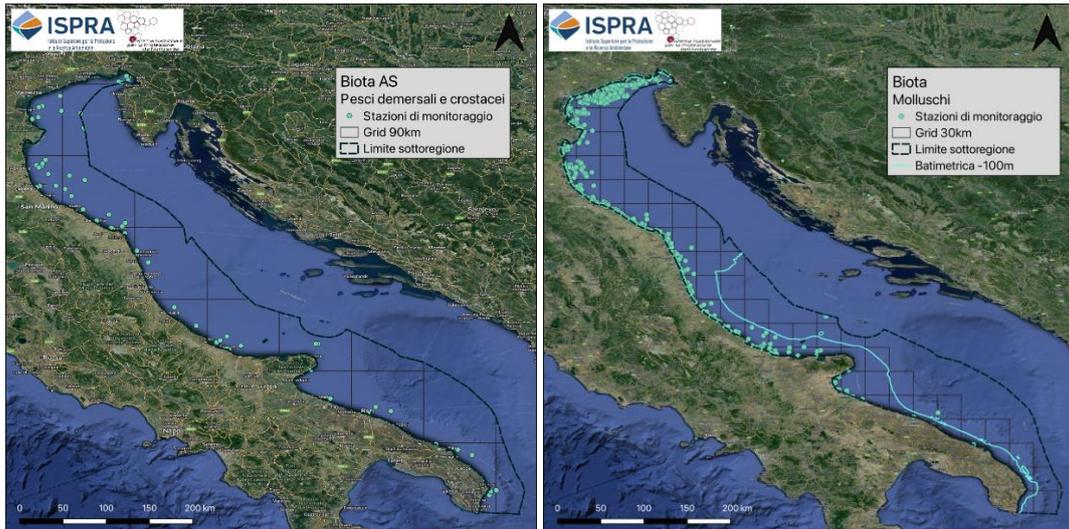


Figura 3. Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento del biota nella MRU Mar Adriatico



Figura 4. Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento del biota nella MRU Mar Mediterraneo Occidentale.



Figura 5. Distribuzione spaziale delle stazioni di campionamento del biota nella MRU Mar Ionio e Mediterraneo Centrale.

## D8C2

Per la valutazione degli effetti dei contaminanti D8C2, il posizionamento delle stazioni è stato definito sulla base della distribuzione spaziale della specie target individuata per la valutazione dei biomarker, *M. barbatus* (triglia di fango). Il prelievo di organismi marini è stato effettuato in stazioni posizionate in parte entro e in parte oltre le 12 miglia nautiche, fino alla linea di ZEE ed è corrispondente ad alcune delle stazioni in cui è stato effettuato il prelievo del biota per il D8C1. Il campionamento degli organismi per le analisi dei biomarker è stato effettuato da ISPRA nel periodo compreso tra il 2019 e il 2021, una sottoregione per anno, in linea con quanto prevedeva il PdM per MSFD (2020). Sui campioni prelevati sono state eseguite le analisi indicate come “principali” nel Programma di Monitoraggio (PdM All. D8-03 – Scheda metodologica MADIT-MWEIT-MICIT): stabilità delle membrane lisosomiali mediante analisi dell’esosamminidasi (LMS-ESO), attività dell’acetilcolinesterasi (AChE), frequenza dei micronuclei (MN). Inoltre, quando possibile, sono state eseguite anche le analisi indicate come “facoltative” nel PdM: attività dell’etossiresorufina-O-deetilasi (ERODed i livelli di metallotioneine (MT). Sebbene AChE sia stata analizzata sia nel cervello che nel muscolo, l’EROD sia nella frazione S9 che in quella microsomiale e siano state analizzate anche le MT, in questo documento si riportano solo i dati relativi alle analisi utilizzate ai fini della valutazione dello stato ambientale: LMS-ESO, MN, AChE nel cervello (AChE-br), EROD microsomiale (EROD-m). Quando si avevano i dati a disposizione, sono stati calcolati alcuni indici biometrici: il fattore di condizione (CF), l’indice epatosomatico (HSI) e l’indice gonadosomatico (GSI). Le analisi e gli indici sono stati eseguiti/calcolati secondo i protocolli metodologici indicati nelle Schede Metodologiche MADIT-MWEIT-MICIT (Allegato D8C3 - PdM per la Direttiva SM, 2020) e sono in linea con quanto definito in ambito internazionale per il Monitoraggio Integrato (IMAP) nei Paesi del

Mar Mediterraneo firmatari della Convenzione di Barcellona (1976) (UNEP/MED, 2021 - WG509/43, Annex III, App. 22-23-24, UNEP/Ramoge, 1999; Stagg et al., 2016).

Si specifica inoltre che, al fine di definire le condizioni fisiologiche dei pesci analizzati per il monitoraggio MSFD e poter valutare gli effetti di eventuali *confounding factors*, nel monitoraggio dal 2019 al 2021, sono stati presi in considerazione solo i dati relativi a pesci adulti e “non in riproduzione”, in linea con quanto definito nell’ambito dell’incontro tra Italia, Francia e Spagna, aventi le seguenti caratteristiche: range di taglia 12-18 cm, GSI  $\leq$  1,3 per entrambi i sessi. Inoltre, al fine di definire le condizioni ambientali, considerate come ulteriori *confounding factors*, ai dati di campionamento dei pesci sono stati associati i dati di temperatura, salinità e, quando possibile, di ossigeno disciolto dell’acqua nei siti campionati. In questo modo è stato possibile definire le condizioni ambientali delle aree di cattura dei pesci analizzati per il monitoraggio MSFD.

Di seguito si rappresentano le mappe con i siti di campionamento in ciascuna sottoregione (Fig. 6). Nella sottoregione Mare Adriatico (MAD) il campionamento è stato svolto da ISPRA in n. 5 stazioni ad Ottobre-Novembre 2019-20; nella sottoregione Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale (MIC) in n. 5 stazioni a Ottobre 2020, nella sottoregione del Mar Mediterraneo Occidentale (MWE) in n.7 stazioni tra Settembre e Novembre 2021.

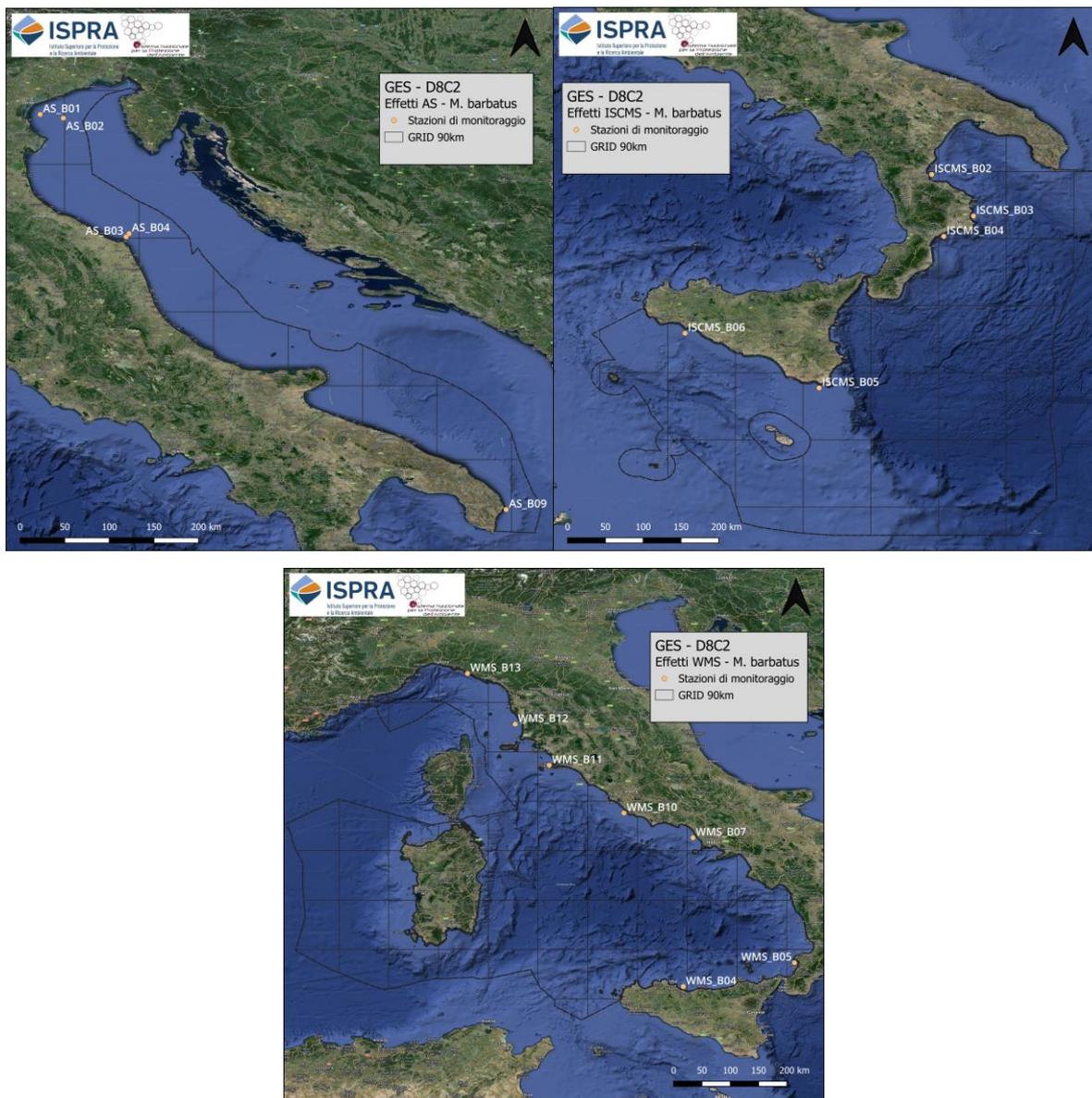


Figura 6. Monitoraggio D8C2 ISPRA 2019-21. Mappe delle stazioni campionate in MAD (AS), MIC (ISCMS) e MWE (WMS).

## 2. Articolo 8 del d.lgs. 190/2010 – Valutazione ambientale

### 2.1 Risultati matrice ACQUE

Sebbene la copertura spaziale dei dati, per tutte le MRU, sia piuttosto esigua e si riferisca essenzialmente alla fascia costiera monitorata ai sensi della Direttiva WFD, è stato comunque fornito, in base all'indice integrato, un giudizio per categoria di contaminante e per stazione.

I parametri investigati sono stati raggruppati in specifiche categorie di contaminanti (metalli, IPA, composti organostannici, composti organoclorurati, pesticidi, BTEX, PFOS, fenoli, ftalati). Di seguito, per ogni MRU, si riportano i dati aggregati con i giudizi integrati per categoria di contaminanti.

#### 2.1.1 MRU Mar Adriatico

Nella seguente tabella 8 viene riportata la percentuale dei giudizi integrati a livello di categoria per le stazioni campionate nella MRU Mare Adriatico nel periodo 2016-2020.

Tabella 8. Distribuzione percentuale dell'Indice per categoria di contaminanti nei punti monitorati della MRU MAD.

ACQUE MAD									
	METALS	PAH <sub>5</sub>	ORGANOTIN	HOC <sub>5</sub>	PESTICIDES	BTEX	PFOS	PHENOLS	PHTHALATES
GOOD	58,1%	92,5%	28,2%	97,1%	67,2%	0%	0%	93,2%	67,4%
MODERATE	4,2%	0%	3,1%	0%	0%	0%	0%	0%	1,9%
POOR	1,2%	0%	3,9%	0%	0%	0%	0%	0%	1,7%
BAD	0%	0%	1,9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ND	8,7%	2,9%	62,9%	2,9%	2,3%	2,9%	100%	6,8%	29,0%
NG	27,8%	4,6%	0,0%	0,0%	30,5%	97,1%	0%	0%	0%
TOTALE PUNTI MONITORATI	473	503	192	503	506	503	0	483	368
Copertura spaziale della MRU: 35%. Totale punti monitorati: 518									

Dalla distribuzione dei giudizi per categorie, si evince che la percentuale maggiore di stazioni monitorate sia in GOOD, indicando una situazione di buona qualità delle acque in riferimento ai dati raccolti.

### 2.1.2 MRU Mar Mediterraneo Occidentale

Di seguito si riporta in tabella 9 la suddivisione dei giudizi integrati a livello di categoria per la MRU MWE.

Tabella 9. Distribuzione percentuale dell'Indice per categoria di contaminanti nei punti monitorati della MRU MWE.

ACQUE MWE									
	METALS	PAH <sub>s</sub>	ORGANOTIN	HOC <sub>s</sub>	PESTICIDES	BTEX	PFOS	PHENOLS	PHTHALATES
GOOD	73,8%	92,8%	4,4%	95,4%	64,8%	0,4%	1,5%	89,1%	43,2%
MODERATE	0,9%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,6%
POOR	1,1%	0,4%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%
BAD	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%
ND	8,6%	1,8%	95,6%	0,9%	1,6%	4,0%	98,5%	8,8%	56,2%
NG	15,3%	4,7%	0,0%	3,6%	33,6%	95,6%	0,0%	0,0%	0,0%
TOTALE PUNTI MONITORATI	751	807	36	815	809	789	12	750	360
Copertura spaziale della MRU: 32%. Totale punti monitorati: 822									

Anche per questa MRU, nonostante la copertura esigua e limitata essenzialmente alla fascia costiera monitorata *sensu* WFD, dalla distribuzione dei giudizi per categorie, si evince una valutazione dello stato qualitativamente buona con sporadici superamenti riferiti esclusivamente alle categorie dei metalli, idrocarburi policiclici aromatici e fenoli.

### 2.1.3 MRU Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale

Di seguito si riporta in tabella 10 la suddivisione dei giudizi integrati a livello di categoria per la MRU MIC.

La tabella dei giudizi per categorie mostra anche per questa sottoregione una valutazione dello stato qualitativamente buona con un'elevata percentuale di giudizi GOOD. Per poche stazioni si hanno superamenti dell'SQA per metalli (pari a circa un 10% complessivo delle stazioni monitorate), idrocarburi policiclici aromatici e fenoli.

Tabella 10. Distribuzione percentuale dell'Indice per categoria di contaminanti nei punti monitorati della MRU MIC

ACQUE MIC									
	METALS	PAH <sub>5</sub>	ORGANOTIN	HOC <sub>5</sub>	PESTICIDES	BTEX	PFOS	PHENOLS	PHTHALATES
GOOD	81,6%	93,1%	3,2%	83,2%	64,6%	2,9%	6,4%	80,3%	12,8%
MODERATE	2,4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2,7%	0%
POOR	5,3%	0,5%	0,5%	0%	0%	0%	0%	1,6%	0%
BAD	1,1%	0%	0,5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ND	0,5%	5,3%	95,7%	1,6%	6,4%	16,8%	93,6%	15,4%	87,2%
NG	9,0%	1,1%	0%	15,2%	29,0%	80,3%	0%	0%	0%
TOTALE PUNTI MONITORATI	374	356	16	370	352	313	24	318	48
Copertura spaziale della MRU: 20%. Totale punti monitorati: 376									

## 2.2 Risultati matrice SEDIMENTI

Per la matrice Sedimenti, i parametri investigati sono stati raggruppati in specifiche categorie di contaminanti (metalli, IPA, composti organostannici, composti organoclorurati). I dati sono stati integrati al fine di ottenere un giudizio riferito alla categoria per ogni stazione monitorata. La copertura spaziale, superiore al 50% delle celle della MRU da monitorare, permette la valutazione del GES per le MRU Mare Adriatico e Mar Mediterraneo Occidentale.

### 2.2.1 MRU Mar Adriatico

Di seguito si riporta in tabella 11 la suddivisione dei giudizi integrati a livello di categoria per le stazioni campionate nella MRU MAD nel periodo 2016-2021.

Tabella 10. Distribuzione percentuale dell'Indice per categoria di contaminanti nei punti monitorati della MRU MAD.

SEDIMENTI MAD				
	METALS	PAH <sub>5</sub>	ORGANOTIN	HOC <sub>5</sub>
GOOD	72,8%	90,2%	65,6%	62,7%
MODERATE	16,1%	2,4%	2,8%	0,7%
POOR	7,6%	4,6%	1,1%	3,3%
BAD	3,5%	0,2%	1,5%	1,3%
ND	0%	2,0%	29,0%	6,5%
NG	0%	0,7%	0%	25,5%
TOTALE PUNTI MONITORATI	459	450	326	429
Copertura spaziale della MRU: 86%. Totale punti monitorati: 459				

Per questa MRU, i dati forniti mostrano uno stato qualitativamente buono poiché le percentuali di superamento dei valori soglia per tutte le categorie di contaminanti sono inferiori al 30%.

I superamenti riscontrati sono stati registrati per diverse categorie di contaminanti. Nello specifico i metalli e gli IPA sono le categorie che presentano le percentuali di superamenti maggiori.

### 2.2.2 MRU Mar Mediterraneo Occidentale

Di seguito si riporta in tabella 12 la suddivisione dei giudizi integrati a livello di categoria per la MRU MWE.

Tabella 11. Distribuzione percentuale dell'Indice per categoria di contaminanti nei punti monitorati della MRU MWE.

SEDIMENTI MWE				
	METALS	PAHs	ORGANOTIN	HOCs
GOOD	66,0%	80,7%	70,4%	88,0%
MODERATE	10,9%	2,3%	2,3%	1,1%
POOR	20,6%	13,2%	3,6%	4,8%
BAD	1,7%	2,9%	0,2%	2,1%
ND	0,8%	0,6%	23,5%	0,2%
NG	0%	0,2%	0%	3,8%
TOTALE PUNTI MONITORATI	472	473	364	475
Copertura spaziale della MRU: 65%. Totale punti monitorati: 476				

Anche in questa sottoregione i dati forniti mostrano uno stato qualitativamente buono poiché le percentuali di superamento dei valori soglia raggiungono al massimo il 33% (categoria Metalli). I superamenti riscontrati sono stati registrati per diverse categorie di contaminanti, in percentuale maggiore nelle categorie dei metalli e dei PAHs. La categoria Organostannici invece mostra una percentuale di 23,5% di punti senza dati per questa categoria.

### 2.2.3 MRU Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale

In tabella 13 si riporta la suddivisione dei giudizi integrati a livello di categoria per la MRU MIC.

Tabella 12. Distribuzione percentuale dell'Indice per categoria di contaminanti nei punti monitorati della MRU MIC.

SEDIMENTI MIC				
	METALS	PAH <sub>s</sub>	ORGANOTIN	HOC <sub>s</sub>
GOOD	74,3%	85,5%	65,0%	75,2%
MODERATE	13,6%	0,5%	2,8%	0,0%
POOR	7,5%	6,1%	1,9%	0,5%
BAD	4,2%	2,3%	0,5%	4,2%
ND	0,5%	5,1%	29,9%	7,9%
NG	0,0%	0,5%	0,0%	12,1%
TOTALE PUNTI MONITORATI	213	203	150	197
Copertura spaziale della MRU: 47%. Totale punti monitorati: 214				

Per questa sottoregione, sebbene la copertura sia inferiore al 50% e quindi non permetta di esprimere un giudizio sull'intera MRU, i dati forniti mostrano uno stato qualitativamente buono poiché le percentuali di superamento dei valori soglia raggiungono al massimo il 25% (categoria Metalli).

Anche in questa MRU, i superamenti riscontrati sono principalmente a carico delle categorie dei metalli e degli IPA.

### 2.3 Risultati matrice BIOTA

I parametri investigati sono stati raggruppati in specifiche categorie di contaminanti. Seguendo la normativa (D.lgs. 172/2015), alcune categorie sono state monitorate sui pesci demersali (mercurio, PBDE, PFOS, composti organoclorurati tra cui anche diossine, furani e PCB-DL), mentre la categoria degli IPA deve essere investigata nei campioni di molluschi e crostacei. L'SQA per le Diossine, i furani e i PCB-DL si applica anche a molluschi e crostacei per cui anche questa categoria è stata monitorata in tali organismi. I dati sono stati integrati al fine di ottenere un giudizio riferito alla categoria per ogni stazione monitorata. La copertura delle MRU Mare Tirreno e Mar Ionio e Mediterraneo Centrale non è sufficientemente ampia da consentire un giudizio sullo stato di qualità, secondo quanto definito in G 8.1 (Decreto MATTM 15 Febbraio 2019).

#### 2.3.1 MRU Mar Adriatico

Di seguito si riporta in tabella 14 la suddivisione dei giudizi integrati a livello di categoria per le stazioni campionate per la MRU MAD nel periodo 2016-2021.

Tabella 13. Distribuzione percentuale dell'Indice per categoria di contaminanti nei punti monitorati della MRU MAD.

	BIOTA MAD					
	DEMERSAL FISH				MOLLUSKS AND CRUSTACEANS	
	METALS	PFOS	PBDE	HOC <sub>s</sub>	PAH <sub>s</sub>	DIOXINS AND FURANS
GOOD	16,9%	34,5%	0,7%	58,8%	20,3%	12,2%
MODERATE	19,6%	0%	0,7%	2,7%	0%	0%
POOR	43,9%	0%	2,7%	0%	0%	0%
BAD	14,9%	0%	8,1%	2,0%	0%	0%
ND	4,7%	65,5%	87,8%	0,7%	79,7%	87,8%
NG	0%	0%	0%	35,8%	0%	0%
TOTALE PUNTI MONITORATI	141	51	18	147	499	300
Copertura spaziale della MRU: Demersali e Crostacei 77.8%, Molluschi 54%. Totale punti monitorati: Demersali 148, Molluschi e Crostacei 2459.						

In questa sottoregione la copertura spaziale per pesci demersali e crostacei è sufficiente ad esprimere un giudizio sullo stato ambientale, così come per i molluschi dove la copertura raggiunge il 54%.

Per i pesci demersali, i dati a disposizione, integrati e indicizzati, mostrano per la categoria degli HOCs e del PFOS una situazione qualitativamente buona, mentre per la categoria dei metalli si hanno molti superamenti del valore soglia del mercurio, che rappresenta l'unico parametro normato per tale categoria. La categoria dei PBDE, seppur poco rappresentata, presenta diversi superamenti.

Per i molluschi e i crostacei, le due categorie investigate secondo la normativa, ossia quella degli IPA e quella di Diossine, Furani e PCB diossina-simili, non mostrano superamenti degli standard di qualità ambientale.

### 2.3.2 MRU Mar Mediterraneo Occidentale

Di seguito si riporta in tabella 15 la suddivisione dei giudizi integrati a livello di categoria per la MRU MWE.

Tabella 14. Distribuzione percentuale dell'Indice per categoria di contaminanti nei punti monitorati della MRU MWE.

	BIOTA MWE					
	DEMERSAL FISH				MOLLUSKS AND CRUSTACEANS	
	METALS	PFOS	PBDE	HOC <sub>5</sub>	PAH <sub>5</sub>	DIOXIN AND FURANS
GOOD	2,0%	62,5%	3,3%	72,4%	13,6%	7,2%
MODERATE	2,6%	0%	0%	0%	0,2%	0,0%
POOR	59,9%	0%	2,0%	0%	0,6%	0,0%
BAD	17,1%	0%	4,6%	0,7%	0%	0,0%
ND	18,4%	37,5%	90,1%	0,7%	85,6%	92,8%
NG	0%	0%	0%	26,3%	0%	0%
TOTALE PUNTI MONITORATI	124	95	15	151	178	89
Copertura spaziale della MRU: Demersali e Crostacei: 49,1%; Molluschi 26%. Totale punti monitorati: Demersali 152, Molluschi e Crostacei 1235.						

Anche per questa sottoregione si evidenzia che, ad eccezione dei metalli, le altre categorie mostrano una situazione qualitativamente buona, sebbene su pochi dati. La categoria dei metalli risente dei superamenti importanti a carico del mercurio, unico analita normato.

### 2.3.3 MRU Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale

Di seguito si riporta in tabella 16 la suddivisione dei giudizi integrati a livello di categoria per la MRU MIC.

Tabella 15. Distribuzione percentuale dell'Indice per categoria di contaminanti nei punti monitorati della MRU MIC.

	BIOTA MIC (%)					
	DEMERSAL FISH				MOLLUSKS AND CRUSTACEANS	
	METALS	PFOS	PBDE	HOC <sub>5</sub>	PAH <sub>5</sub>	DIOXIN AND FURANS
GOOD	8,3%	61,1%	8,3%	65,3%	25,0%	12,8%
MODERATE	1,4%	0%	1,4%	0%	0%	0%
POOR	66,7%	0%	1,4%	0%	0%	0%
BAD	20,8%	0%	1,4%	0%	0%	0%
ND	2,8%	38,9%	87,5%	1,4%	75,0%	87,2%
NG	0%	0%	0%	33,3%	0%	0%
TOTALE PUNTI MONITORATI	70	44	9	71	39	20
Copertura spaziale della MRU: Demersali e Crostacei: 32,4%; Molluschi 7%. Totale punti monitorati: Demersali 72, Molluschi e Crostacei 156.						

L'integrazione a livello di categoria per la sottoregione MIC mostra per le categorie PFOS, HOCs e PAHs una prevalenza di giudizi Good, mentre la categoria Metalli, come in altre sottoregioni, risulta essere in una situazione non buona in quanto le concentrazioni di mercurio riscontrate nei campioni mostrano sempre elevati superamenti dell'SQA.

## 2.4 Risultati analisi degli EFFETTI dei contaminanti nel BIOTA

Di seguito vengono riportate le **SOGLIE** individuate a livello Nazionale (tabella 17) ed i **risultati** relativi alle analisi di biomarker eseguite da ISPRA nel 2019, 2020 e 2021 su *M. barbatus* (par. 2.4.1).

Il data set per il calcolo delle soglie corrisponde a circa 800 dati, provenienti da pesci adulti "non in riproduzione" (taglia 12-18 cm; GSI<1,3), campionati a Sett-Nov. 2019-23, in Siti di Riferimento ricadenti in acque italiane, distribuiti nelle 3 sottoregioni: Mare Adriatico (MAD), Mar Ionio e Mar Mediterraneo centrale (MIC), Mar Mediterraneo Occidentale (MWE). Le caratteristiche ambientali di questi siti sono: T=14-21°C; salinità=38-39 psu; OD=73-124 µmol O2/l.

Tabella 16. Valori soglia individuati da ISPRA per i biomarker in *Mullus barbatus*, in acque italiane. IT-BAC = Italian Background Assessment Criteria; TBR = Threshold of Biological Relevance.

Biomarker	u.m.	IT-BAC	TBR
LMS-ESO	min	22,31	16,73
MN	‰	0,79	1,77
AChE-brain	nmoli/min/mg prot	67,40	50,55
EROD-microsomal	pmoli/min/mg prot	81,11	243,32

I risultati riportati di seguito ed utilizzati ai fini della valutazione derivano unicamente dalle attività eseguite da ISPRA.

Il data set per la valutazione si compone di circa 500 dati (2019-21), provenienti dalle analisi eseguite su pesci campionati a Sett-Nov. 2019-21, in N=17 siti distribuiti nelle 3 sottoregioni del Mar Mediterraneo MAD, MIC e MWE.

Sebbene siano state effettuate le analisi su più biomarker, in questa sede, vengono riportati solo i risultati relativi ai biomarker che sono stati utilizzati per la valutazione integrata mediante l'indice CBEI sviluppato da ISPRA. Nei grafici relativi ai dati ottenuti in ciascuna subregione vengono riportati i valori medi e la deviazione standard/errore standard calcolati per ciascun biomarker in ciascuna stazione campionata, confrontati con i valori soglia (IT-BAC e TBR).

#### 2.4.1 Risultati degli EFFETTI in Adriatico (MAD)

I risultati degli indici di condizione e dei biomarker per la sottoregione MAD sono riportati nella tabella 18 e nella figura 7.

L'IC e l'HSI sono stati registrati solo in una delle stazioni campionate (AS\_B09), pertanto non è possibile fare un confronto con le altre stazioni campionate. Per quanto riguarda l'analisi della stabilità delle membrane lisosomiali (**LMS-ESO**), solo nella stazione AS\_B02 sono stati riscontrati valori medi di LMS-ESO leggermente più bassi rispetto alla soglia IT\_BAC (22,31 min) evidenziando, per gli organismi di questa stazione, una leggera alterazione a carico delle membrane cellulari. Nelle altre stazioni campionate, nelle quali i valori medi risultano sopra soglia e paragonabili a quelli riscontrati in letteratura scientifica per organismi di *M. barbatus* campionati in aree di riferimento (Viarengo et al., 2007; Zorita et al., 2008), non si evidenziano particolari alterazioni per questo parametro. Per quanto riguarda l'analisi della frequenza dei micronuclei (**MN**), in tutte le stazioni dell'Adriatico centro-settentrionale i valori medi superano la soglia IT\_BAC (0,79 ‰), evidenziando un effetto genotossico a carico degli organismi di queste stazioni. Particolarmente elevata risulta la frequenza di micronuclei misurata nella stazione AS\_B01, con valori molto vicini alla soglia TBR e confrontabili con quelli misurati in organismi di questa specie provenienti da aree impattate (Viarengo et al., 2007). In un organismo di questa stazione è stato anche riscontrato il valore più elevato di tutti gli individui analizzati delle tre sottoregioni, con una frequenza di micronuclei pari a 7 ‰. Nella stazione campionata in Adriatico meridionale (AS\_B09) invece, non si evidenziano particolari alterazioni per questo parametro, con valori paragonabili a quelli riscontrati in *M. barbatus* proveniente da aree di riferimento (Bolognesi et al., 2006; Viarengo et al., 2007). Per quanto riguarda l'attività dell'acetilcolinesterasi (**AChE**) misurata nel cervello di *M. barbatus*, i valori medi riscontrati in tutte le stazioni risultano al di sopra della soglia IT\_BAC (67,40 nmoli/min/mg prot) e sono paragonabili a quelli riscontrati in letteratura scientifica per organismi di *M. barbatus* campionati in aree di riferimento del Mar Adriatico (Corsi et al., 2002). Pertanto, si ritiene che non ci siano particolari effetti neurotossici a carico degli organismi prelevati nella sottoregione MAD. Per quanto riguarda l'attività del citocromo P450, misurata tramite analisi **EROD** sulla frazione microsomiale di fegato, in tutte le stazioni i valori medi riscontrati appaiono al di sotto della soglia IT\_BAC (81,11 pmoli/min/mg prot), tranne che nella stazione AS\_B03, per la quale si evidenzia l'attivazione del principale sistema di biotrasformazione di contaminanti organici (citocromo P450), indotto presumibilmente dalla presenza di xenobiotici organici nell'area di indagine.

Tabella 17. Sottoregione MAD. Valori medi e deviazione standard/errore standard (solo per MN) dei biomarker (N=6-10) e degli indici IC, HSI, GSI (N=30) analizzati in *M. barbatus* nelle diverse stazioni.

	IC	HSI	GSI	LSM-ESO	MN	AChE-br	EROD-m
Stazione				min	‰	nmoli/min/mg prot	pmoli/min/mg prot
AS_B01	n.d.	n.d.	n.d.	24,24±5,00	1,72±0,61	99,32±18,11	76,14±32,54
AS_B02	n.d.	n.d.	n.d.	21,88±5,46	0,90±0,11	80,64±10,84	78,97±37,66
AS_B03	n.d.	n.d.	n.d.	27,57±2,33	1,26±0,18	94,06±17,25	123,00±31,41
AS_B04	n.d.	n.d.	n.d.	33,25±6,22	1,06±0,15	97,79±29,67	75,71±61,75
AS_B09	1,00±0,06	1,70±0,46	n.d.	28,46±10,97	0,38±0,13	71,17±14,28	43,07±12,05

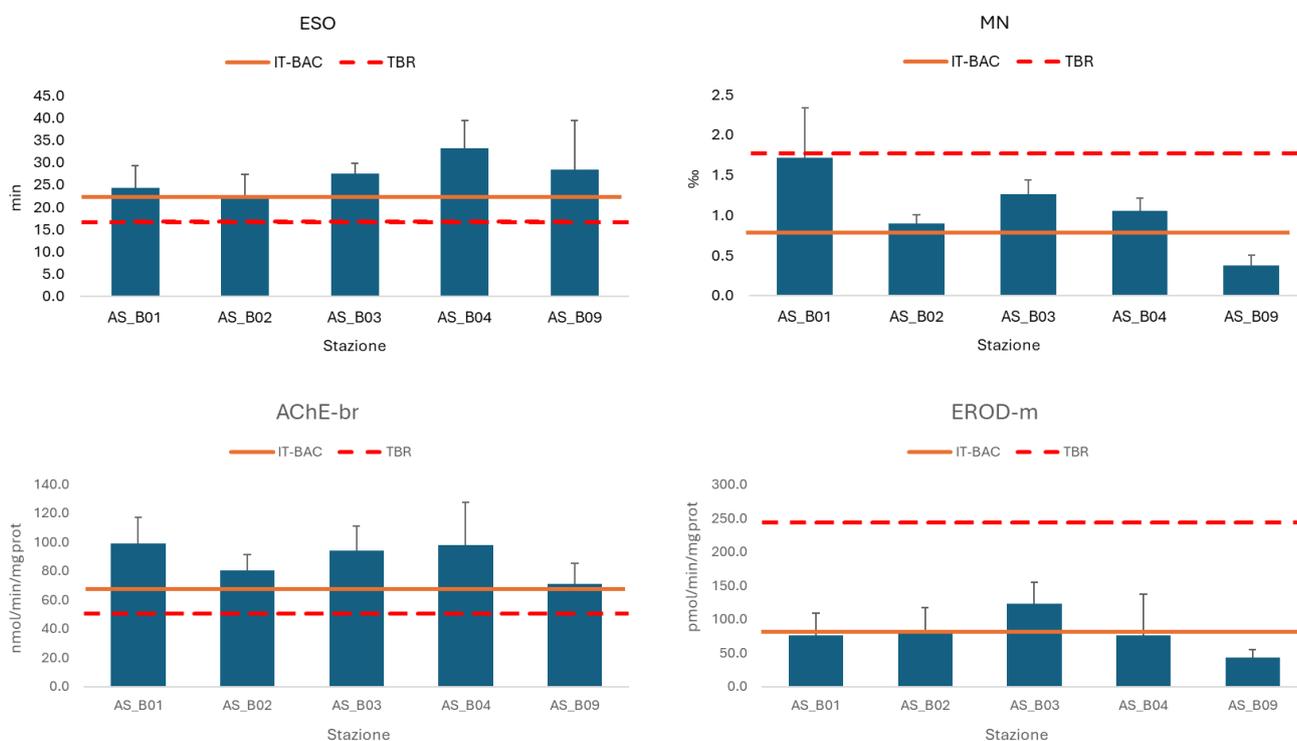


Figura 7. Sottoregione MAD. Media e deviazione standard/errore standard (solo per MN) biomarker analizzati in *M. barbatus* (N=6-10) nelle diverse stazioni confrontati con le soglie. IT-BAC = Italian Background Assessment Criteria; TBR = Threshold of Biological Relevance.

Parametri ambientali delle acque in cui sono stati campionati i pesci (MAD):

Range di Temperatura = 16,6-20,11 C°

Range di salinità = 37,5-39,13 psu

Ossigeno disciolto = 279,6 µmol O<sub>2</sub>/l (disponibile solo per un sito)

#### 2.4.2 Risultati degli EFFETTI in M. Ionio (MIC)

I risultati degli indici di condizione e dei biomarker per la sottoregione MIC sono riportati nella tabella 19 e nella figura 8.

Nelle varie stazioni, gli organismi campionati presentano nel complesso valori piuttosto omogenei relativamente all'IC, all'HSI e al GSI, anche se, in quest'ultimo caso, il dato è stato registrato in solo due delle cinque stazioni campionate. L'analisi della stabilità delle membrane lisosomiali nelle cellule epatiche (**LMS-ESO**), ha mostrato valori medi del tempo di labilizzazione sopra la soglia IT\_BAC (22,31 min), in quasi tutte le stazioni con l'eccezione della stazione ISCMS\_B02. Solo in quest'ultima stazione, quindi, si evidenzia una leggera alterazione dello stato fisiologico. La frequenza dei micronuclei (**MN**) si attesta generalmente su valori medi piuttosto contenuti e, nella maggior parte dei casi, ben al di sotto della soglia IT-BAC (0,79 ‰). In linea di massima, i valori risultano paragonabili a quelli riportati in letteratura (Bolognesi et al., 2006; Viarengo et al., 2007) per *M. barbatus* campionato in aree di riferimento del Mar Tirreno, evidenziando assenza di effetti di genotossicità. I valori medi di acetilcolinesterasi misurati nel cervello di *M. barbatus* (**AChE-brain**) sono leggermente diversi tra loro, in funzione dell'areale geografico investigato. Nel settore calabro del Mar Ionio (ISCMS\_B02-B03-B04) i valori medi di AChE-br risultano prossimi alla soglia IT-BAC (67,40 nmoli/min/mg prot) e in linea con i valori trovati in siti considerati di riferimento (Morrone et al., 2020). Tuttavia, l'unica stazione che presenta valori inferiori a tale soglia risulta essere la ISCMS\_B02, delineando quindi una lieve neurotossicità a carico degli individui campionati. In entrambe le stazioni campionate al largo delle coste siciliane (ISCMS\_B05 e B06), invece, i valori medi di AChE risultano essere superiori alla soglia IT\_BAC. Anche relativamente al saggio dell'etossiresorufina O-deetilasi (**EROD**), misura indiretta dell'attività del citocromo P450, si osserva una alterazione nella stazione ISCMS\_B02. In questa stazione, infatti, vengono registrati i valori medi più elevati, al di sopra della soglia IT-BAC (81,11 pmoli/min/mg prot). Nelle altre stazioni si registrano valori più bassi, sempre inferiori alla soglia. Nella stazione ISCMS\_B06 non è stato possibile condurre questa analisi, a causa dell'esiguo numero di esemplari campionati.

Tabella 18. Sottoregione MIC. Valori medi e deviazione standard/errore standard (solo per MN) dei biomarker (N=6-10) e degli indici IC, HSI, GSI (N=30) analizzati in *M. barbatus* nelle diverse stazioni.

	IC	HSI	GSI	LSM-ESO	MN	AChE-br	EROD-m
Stazione				min	%	nmoli/min/mg prot	pmoli/min/mg prot
ISCMS_B02	0,93±0,07	1,22±0,32	n.d.	20,88±7,37	0,43±0,14	65,52±11,54	94,35±25,85
ISCMS_B03	1,00±0,06	1,11±0,23	n.d.	29,31±7,50	0,15±0,04	68,06±18,01	54,31±19,49
ISCMS_B04	0,99±0,18	1,88±2,53	n.d.	26,46±7,88	0,33±0,11	68,86±18,34	57,19±26,70
ISCMS_B05	0,99±0,10	1,56±0,45	0,75±0,16	22,92±9,28	0,38±0,10	82,96±23,10	37,36±18,92
ISCMS_B06	0,97±0,09	1,27±0,13	0,16	23,75±5,99	0,78±0,22	83,33±30,27	n.d.

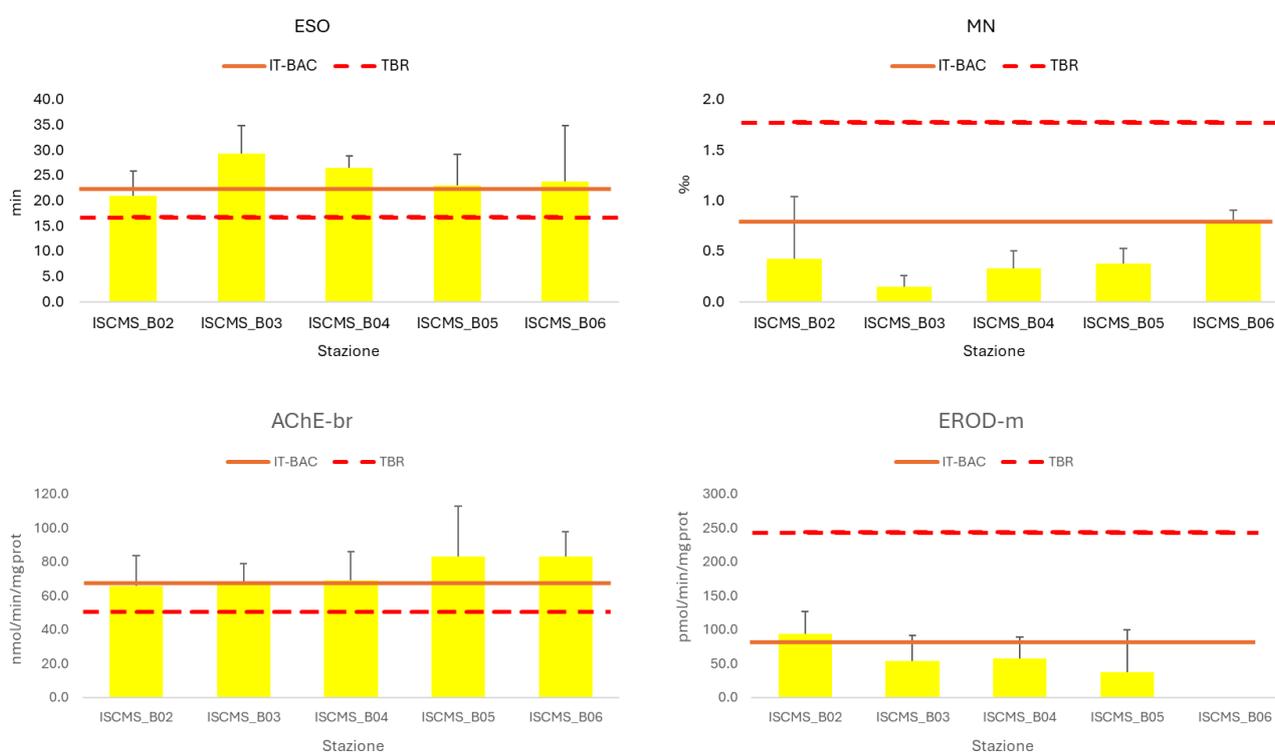


Figura 8. Sottoregione MIC. Media e deviazione standard/errore standard (solo per MN) biomarker analizzati in *M. barbatus* (N=6-10) nelle diverse stazioni confrontati con le soglie. IT-BAC = Italian Background Assessment Criteria; TBR = Threshold of Biological Relevance.

Parametri ambientali delle acque in cui sono stati campionati i pesci (MIC):

Range di Temperatura = 15,04-16,63 C°

Range di salinità = 38,18-39,13 psu

Ossigeno disciolto = 214,37-259,75 µmol O2/l

### 2.4.3 Risultati degli EFFETTI in M. Tirreno (MWE)

I risultati degli indici di condizione e dei biomarker per la sottoregione **MWE** sono riportati nella tabella 20 e nella figura 9.

Gli organismi campionati restituiscono valori medi, nel complesso, omogenei tra le varie stazioni per quanto riguarda l'IC, l'HSI ed il GSI. Per quanto riguarda l'analisi della **LMS-ESO** i valori medi riscontrati risultano al di sopra della soglia IT\_BAC (22,31 min) e paragonabili a quelli riscontrati in letteratura scientifica per organismi di *M. barbatus* campionati in aree di riferimento del Mar Mediterraneo occidentale (Viarengo et al., 2007; Zorita et al., 2008), evidenziando quindi un buon stato fisiologico degli organismi. I valori medi riscontrati per l'analisi della frequenza dei micronuclei (**MN**) risultano ben al di sotto della soglia IT\_BAC (0,79 ‰) e paragonabili ai valori riscontrati in *M. barbatus* campionato in aree di riferimento del Mar Tirreno (Bolognesi et al., 2006; Viarengo et al., 2007), evidenziando quindi l'assenza di effetti di genotossicità. Per quanto riguarda l'attività dell'acetilcolinesterasi (**AChE-br**), in tutte le stazioni analizzate i valori medi riscontrati appaiono al di sopra della soglia IT\_BAC (67,40 nmoli/min/mg prot), ad eccezione della stazione WMS\_B10, in cui si evidenzia un leggero effetto di neurotossicità (inibizione attività enzimatica). L'attività **EROD** ha evidenziato valori medi ben al di sotto della soglia IT\_BAC, paragonabili a quelli riscontrati in letteratura scientifica per organismi di *M. barbatus* campionati in aree di riferimento del Mar Mediterraneo occidentale (Porte et al., 2002), evidenziando quindi assenza di alterazioni a livello del sistema di metabolizzazione dei composti organici p-450.

Tabella 19. Sottoregione MWE. Valori medi e deviazione standard/errore standard (solo per MN) dei biomarker (N=6-10) e degli indici IC, HSI, GSI (N=30) analizzati in *M. barbatus* nelle diverse stazioni.

Stazione	IC	HSI	GSI	LSM-ESO min	MN ‰	AchE-br nmoli/min/mg prot	EROD-m pmoli/min/mg prot
WMS_B13	0,92±0,10	1,32±0,29	0,52±0,26	27,29±9,43	0,14±0,05	85,51±9,35	31,95±20,10
WMS_B12	1,00±0,08	1,69±0,44	0,63±0,22	29,17±11,25	0,32±0,09	73,48±21,63	30,37±4,32
WMS_B11	0,99±0,10	1,51±0,32	0,68±0,27	29,75±10,46	0,22±0,06	97,55±42,80	12,08±5,35
WMS_B04	0,96±0,06	1,68±0,5	0,73±0,32	29,13±12,38	0,27±0,06	88,86±35,08	19,14±9,76
WMS_B05	1,00±0,10	1,57±0,37	0,66±0,29	30,90±7,23	0,34±0,12	106,53±48,38	42,99±12,89
WMS_B07	1,15±0,07	1,56±0,33	0,38±0,17	28,79±11,85	0,14±0,05	79,22±14,88	26,58±15,47
WMS_B10	1,09±0,08	1,88±0,29	0,79±0,18	32,90±7,07	0,16±0,04	65,86±11,68	28,85±11,40

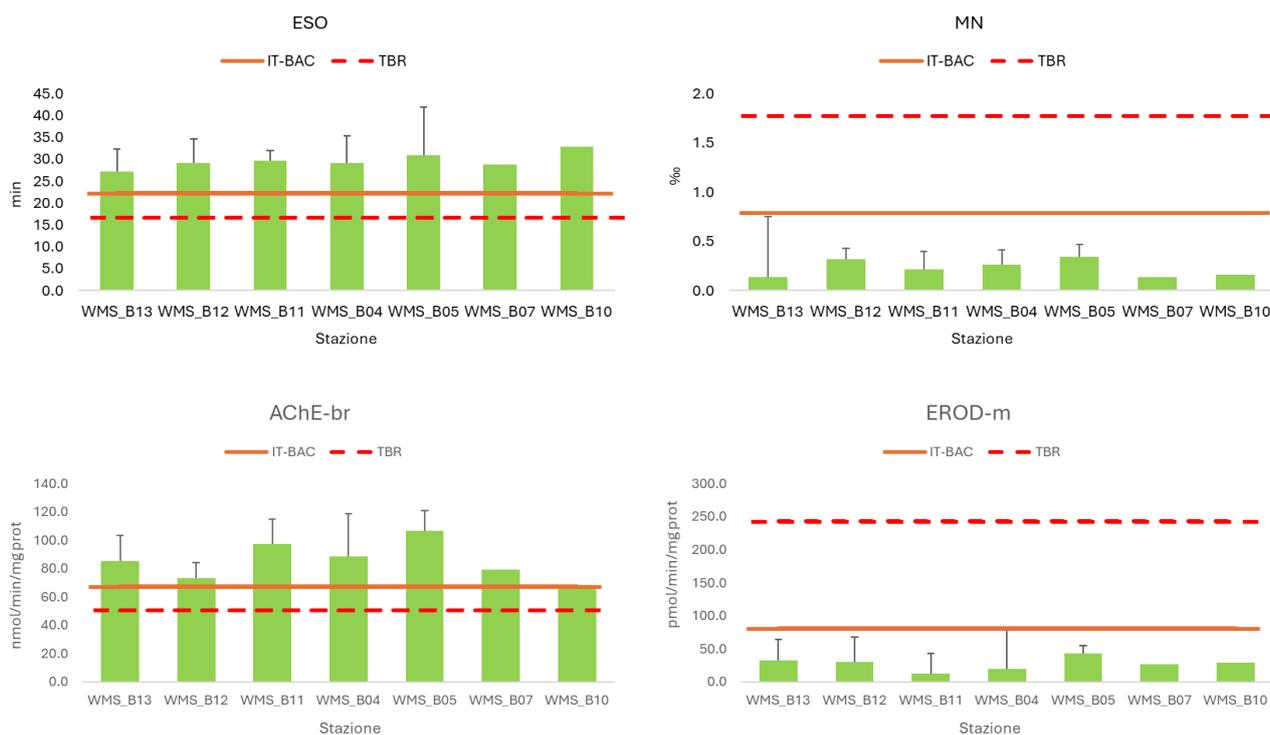


Figura 9. Sottoregione MWE. Media e deviazione standard/errore standard (solo per MN) biomarker analizzati in *M. barbatus* (N=6-10) nelle diverse stazioni confrontati con le soglie. IT-BAC = Italian Background Assessment Criteria; TBR = Threshold of Biological Relevance.

Parametri ambientali delle acque in cui sono stati campionati i pesci (MWE):

Range di Temperatura = 14,12-16,92 C°

Range di salinità = 38,09-38,43 psu

Ossigeno disciolto = 214,78-309,62 µmol O<sub>2</sub>/l

## 2.5 Eventi di inquinamento gravi e significativi

In base al report sugli sversamenti accidentali presentato dall'Italia ai sensi della circolare IMO MEPC/Circ.318 del 26 giugno 1996 e in riferimento all'articolo 11 del Protocollo I e all'articolo 12 della Convenzione MARPOL 73/78, nel periodo 2016-2021 non si sono verificati eventi di inquinamento significativi, ovvero con sversamenti oltre le 50 tonnellate, in nessuna delle tre MRU. Di conseguenza, non è stato attivato il criterio 4 del Descrittore 8, che prevede la valutazione degli effetti degli episodi significativi di inquinamento.

## 2.6 Valutazione dello stato ambientale secondo il criterio primario D8C1 della Decisione della Commissione 848/2017.

Il giudizio integrato per ciascuna matrice (acqua, sedimento e biota), in ciascun punto campionato, deriva dall'integrazione degli indici di categoria relativi a tutte le categorie di contaminanti previste per la matrice. Tenendo conto del grigliato in cui le MRU sono state suddivise, il giudizio così ottenuto per ciascun punto è stato elaborato e integrato spazialmente con i giudizi di tutti gli altri punti ricadenti nella stessa cella, per ottenere un unico giudizio per cella. La condizione di GES, valutata separatamente per ciascuna matrice, risulta raggiunta quando almeno il 60% delle celle popolate da dati ha un giudizio integrato corrispondente a "GOOD" e non più del 25% di celle sono "NO GOOD" (giudizi POOR + BAD).

### 2.6.1 Sottoregione MAD

Nella tabella sottostante (tab.21) si riporta un'elaborazione aggregata dei risultati ottenuti e una sintesi per tipologia di matrice.

Tabella 20. Sottoregione MAD. Sintesi risultati D8C1.

MRU MAD	Copertura %	% GOOD	% MODERATE	% POOR	% BAD	% NG
Sedimenti	86,2	61	37	0	1	0
Biota: Pesci + Crostei	77,8	0	64,3	7,1	21,4	7,1
Biota: Molluschi	54	100	0	0	0	0
Acque	35,1	88	12	0	0	0

#### 2.6.1.1 Giudizio integrato per matrice ACQUA

Dalla Tabella 21 e dalla Fig. 10 si evince che la copertura spaziale nella MRU Adriatica non è sufficientemente ampia (35,1 %) da consentire di formulare un giudizio sullo stato ambientale secondo quanto definito in G 8.1 (Decreto 15 Febbraio 2019).

Nonostante ciò, i dati forniti permettono una valutazione dello stato qualitativamente buona, poiché la quasi totalità delle celle investigate risulta avere giudizio "GOOD" (88 %).

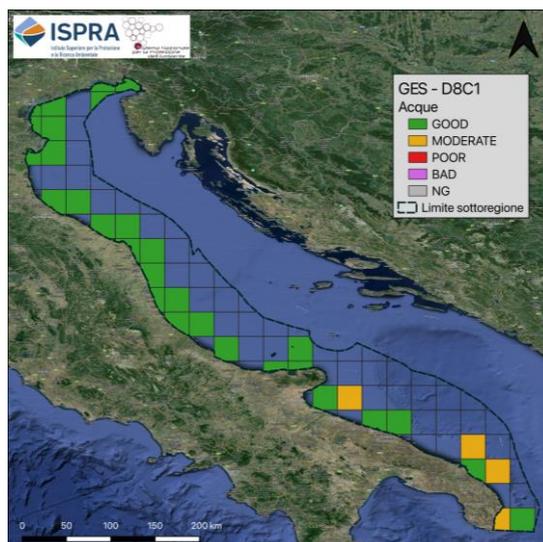


Figura 10. Rappresentazione Giudizio integrato per la matrice Acqua nella MRU MAD.

Come più volte riportato nei paragrafi precedenti, l'indice CQI permette l'integrazione a diversi livelli di complessità senza perdere l'informazione di dettaglio dei livelli precedenti. Nel caso specifico della matrice acqua, è possibile risalire alle categorie di contaminanti che maggiormente hanno causato la presenza di qualche cella non in "Good". Nelle elaborazioni aggregate riportate in tabella 8 al par. 2.1.1, si può vedere come i superamenti a livello di categoria si siano registrati in particolare per metalli e composti organostannici. Rappresentando su mappa i risultati indicizzati per le categorie Metalli e Organostannici (Figura 11), si osservano diverse celle con giudizio "moderate" o "poor" o anche "bad", dovute a concentrazioni di TBT che superano i valori di SQA di almeno il doppio (poor) o di un ordine di grandezza (bad). In ogni caso, tra le celle coperte, si ha una prevalenza di giudizi "Good" rispetto ad altri giudizi.

Nell'integrazione a livello di matrice (Fig.10), gli indici negativi, quindi buoni, delle altre categorie migliorano il giudizio complessivo della matrice.

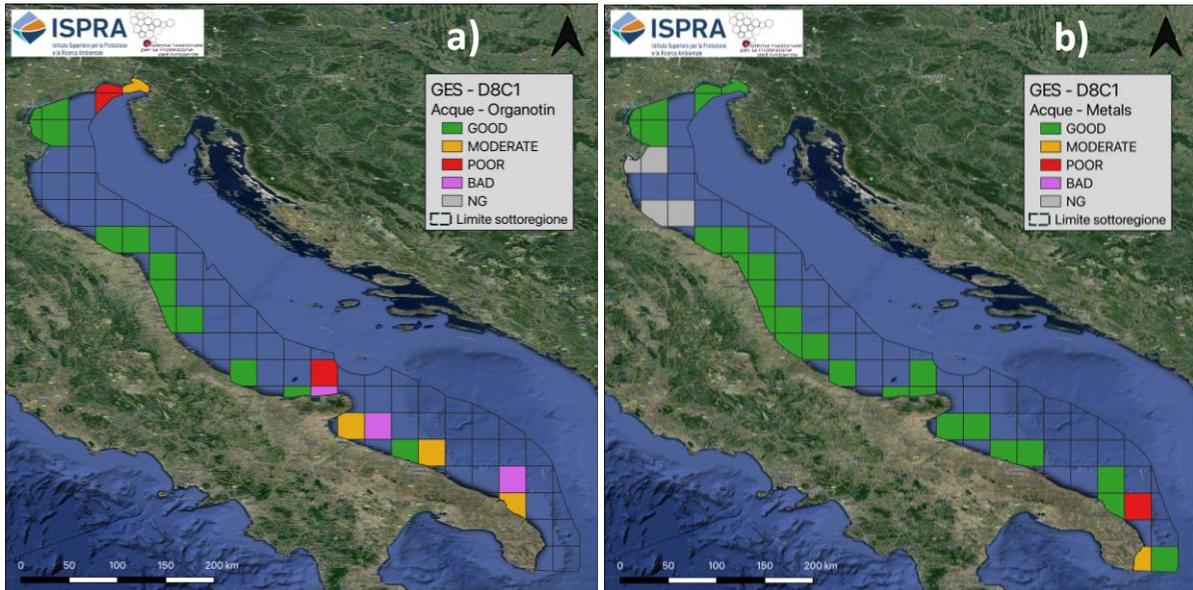


Figura 11. Per la matrice Acqua: a) elaborazione Indice a livello di categoria (Organostannici); b) elaborazione Indice a livello di categoria (Metalli).

#### 2.6.1.2 Giudizio integrato per matrice SEDIMENTI

Anche grazie all'introduzione dei nuovi POA, la copertura spaziale ottenuta nell'area della MRU Adriatica è sufficientemente ampia (86,2%) da consentire un giudizio sullo stato ambientale secondo quanto definito in G8.1 (Decreto 15 Febbraio 2019). La percentuale di celle in GOOD raggiunge il 61%, mentre la percentuale di celle NO GOOD si ferma all'1%, di conseguenza la situazione risulta complessivamente buona, e la sottoregione risulta in GES (fig. 12).

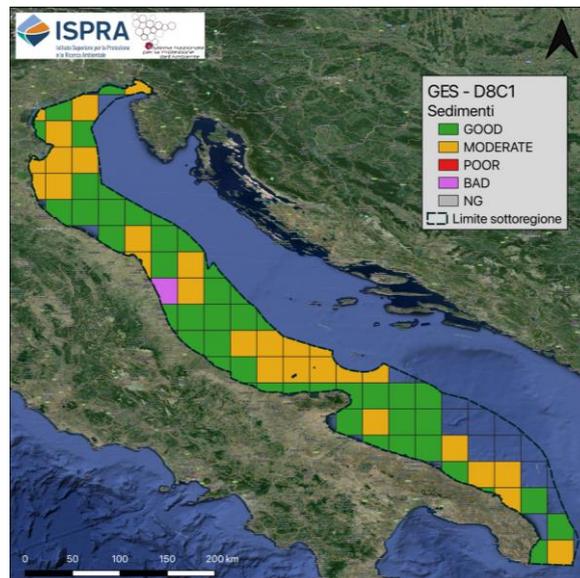


Figura 12. Rappresentazione Giudizio integrato per la matrice sedimenti nella MRU MAD.

Anche in questo caso è possibile risalire alle categorie di contaminanti che maggiormente hanno influenzato la presenza di celle non in stato buono (come metalli e IPA) piuttosto che contaminanti che a livello di singolo parametro e di categoria erano in stato buono. Come esempio di questo ultimo caso, si consideri la categoria dei composti organoclorurati (HOCs), dove la maggior parte dei punti, pari al 67%, ha giudizio buono (Tabella 11 del par. 2.2.1). Riportando su mappa gli indici della categoria HOCs (Figura 13) si può osservare che la quasi totalità di celle è in colore verde (GOOD). Nell'integrazione a livello di matrice (Figura 12), la percentuale di celle in buono stato diminuisce in quanto gli indici delle altre categorie di contaminanti (ad es. metalli e IPA) modificano lo stato complessivo a livello di matrice.

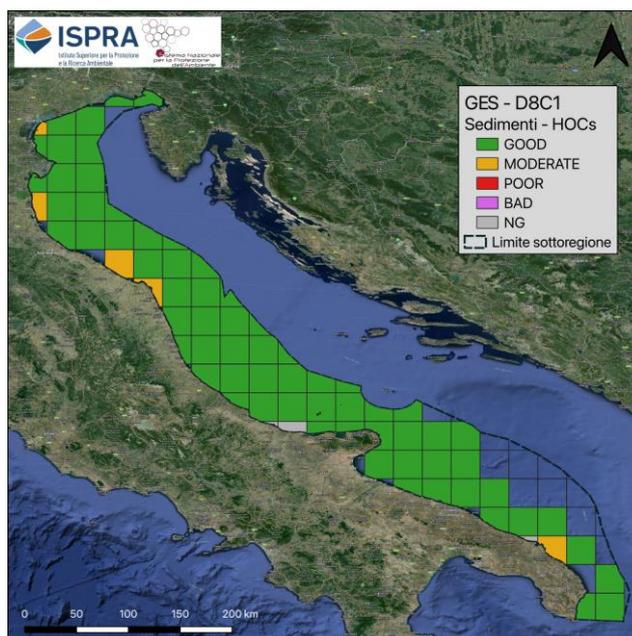


Figura 13. Per la matrice sedimento: elaborazione Indice a livello di categoria (HOCs).

### 2.5.1.3 Giudizio integrato per matrice BIOTA

Sulla base del differente grigliato impiegato per i diversi organismi, il giudizio sulla matrice biota è suddiviso tra Molluschi (maglie 30x30km) e Pesci e Crostacei (maglie 90x90km).

#### **Molluschi**

La copertura spaziale della MRU Mar Adriatico per i molluschi raggiunge il 54% delle celle con una profondità massima di 100 m. Si può osservare che tutte le celle campionate, nelle quali, secondo la normativa, vengono monitorate le categorie degli IPA e di Diossine, Furani e PCB diossina-simili, risultano essere in stato GOOD (Figura 14), per cui la sottoregione è in GES.

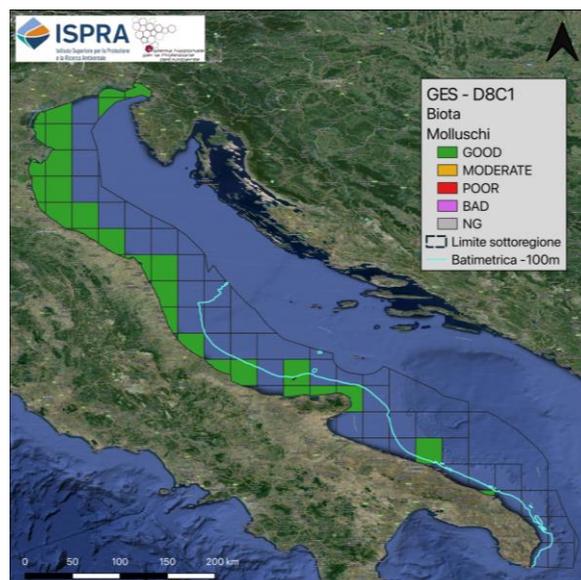


Figura 14. Rappresentazione del giudizio integrato per la matrice Molluschi nella MRU MAD.

### Pesci e crostacei:

Per pesci e crostacei, la copertura spaziale della MRU Adriatica (Tab. 21) risulta pienamente sufficiente (77.8%) a consentire l'espressione di un giudizio sullo stato ambientale secondo quanto definito in G 8.1 (Decreto 15 febbraio 2019).

La rappresentazione su mappa dei risultati (Fig. 15) evidenzia diverse criticità.

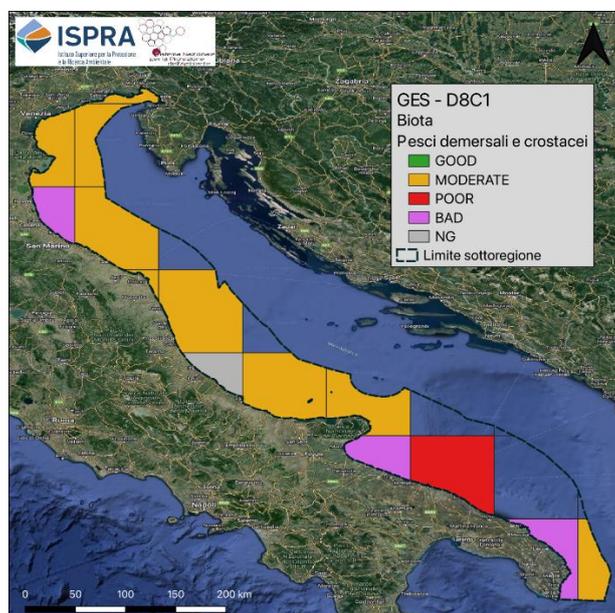


Figura 15. Rappresentazione del Giudizio integrato per la matrice Pesci demersali e crostacei nella MRU MAD.

Cercando di ricostruire, mediante i diversi livelli di integrazione dell'indice CQI, quale o quali categorie di contaminanti abbiano causato questa situazione di NO GES, risulta evidente, considerando anche i dati aggregati riportati in Tabella 14 (paragrafo 2.3.1), che la pressione maggiore deriva dall'indice positivo (quindi non buono) della categoria dei metalli (fig. 16), rappresentata dal parametro Mercurio.

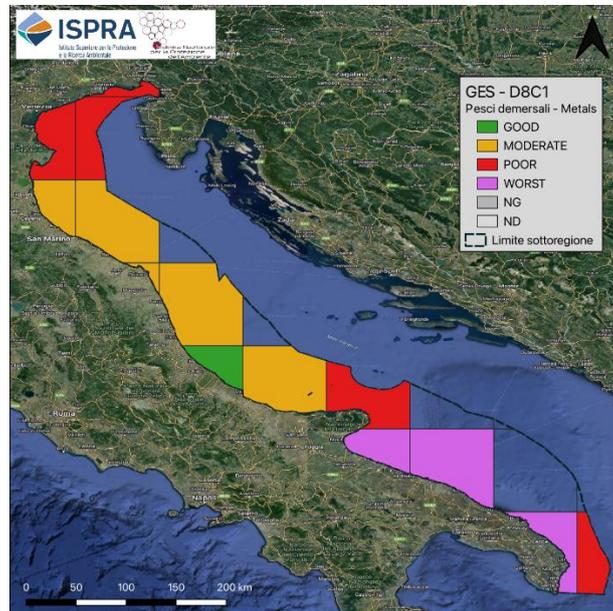


Figura 16. Per la matrice Biota: elaborazione Indice a livello di categoria (Metalli: Hg).

Anche in questo caso, nell'integrazione a livello di matrice (Fig.15), gli indici negativi (quindi buoni) delle altre categorie di contaminanti migliorano leggermente il giudizio complessivo della matrice, ad eccezione di un'area in Adriatico settentrionale che peggiora per il contributo prevalente dei PBDE. Il giudizio complessivo rimane comunque di NO GES.

## 2.6.2 Sottoregione MWE

Nella tabella sottostante (tab.22) si riporta la sintesi dei risultati ottenuti.

Tabella 21. Sottoregione MWE. Sintesi risultati D8C1.

MRU MWE	Copertura %	% GOOD	% MODERATE	% POOR	% BAD	% NG
Sedimenti	64,5	73	21	6	0	0
Biota DF + Crostei	49,1	11	44	4	22	19
Biota Molluschi	26	100	0	0	0	0
Acque	31,8	97	3	0	0	0

Nei paragrafi di seguito si discutono i risultati.

### 2.6.2.1 Giudizio integrato per matrice ACQUA

Dalla tabella 22 e dalla Fig. 17 si evince che la copertura spaziale nell'area della MRU MWE non è sufficientemente ampia (31,8%) da consentire un giudizio sullo stato ambientale secondo quanto definito in G 8.1 (Decreto 15 Febbraio 2019).

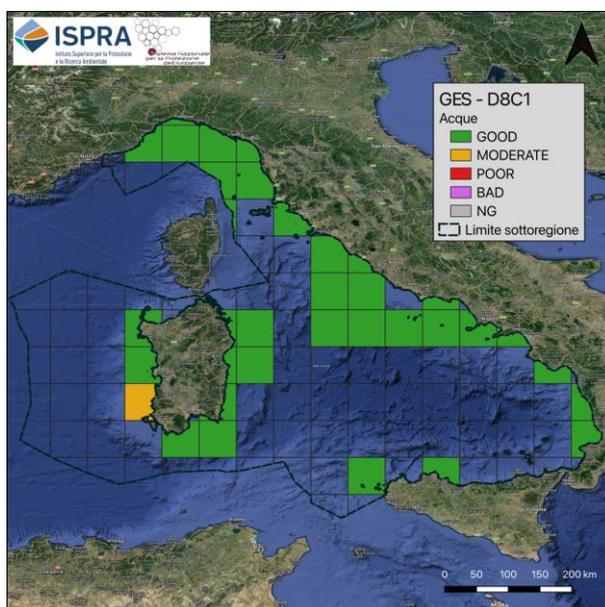


Figura 17. Rappresentazione del Giudizio integrato per la matrice Acqua nella sottoregione MWE.

Nonostante ciò, i dati forniti permettono una valutazione dello stato qualitativamente buona, poiché tutte le celle monitorate risultano in GOOD, con l'eccezione di una sola cella monitorata in Sardegna.

Volendo risalire alla categoria che può aver determinato l'unica cella in "Moderate", dalle statistiche riportate in Tab. 9 del paragrafo 2.1.2, si evince che metalli e fenoli sono le categorie che mostrano alcuni superamenti, ma la categoria responsabile del giudizio "Moderate" in Sardegna è quella dei Fenoli (Fig.18).

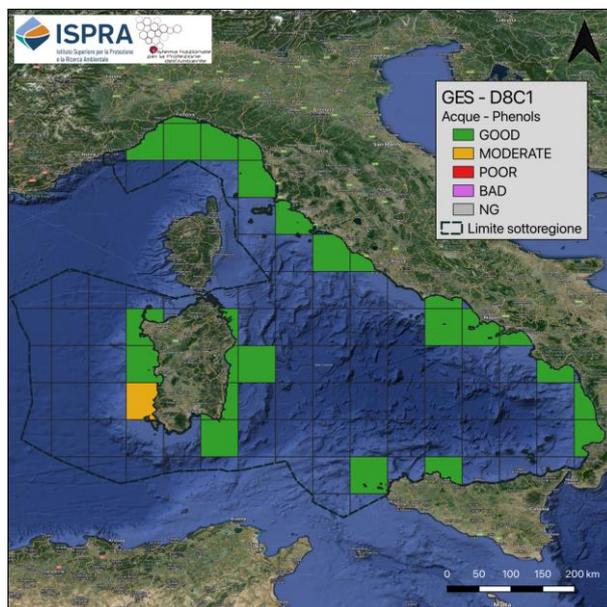


Figura 18. Per la matrice Acqua: Elaborazione Indice a livello di categoria (Fenoli).

#### 2.6.2.2 *Giudizio integrato per matrice SEDIMENTI*

Anche per la sottoregione tirrenica risulta evidente che la strategia di monitoraggio adottata nel nuovo POA ha migliorato di gran lunga la copertura spaziale, che risulta pari al 64,5% della MRU (Tab.22). Tale percentuale permette di esprimere un giudizio sullo stato ambientale secondo quanto definito in G 8.1 (Decreto 15 febbraio 2019).

Riportando su mappa la distribuzione dell'indice (Fig.19), risulta evidente che la maggior parte delle celle si trova in buono stato, con alcune criticità riscontrate soprattutto nelle zone più prossime alla costa. Considerando quanto richiesto per la determinazione del giudizio ambientale, essendo la percentuale di celle in stato GOOD superiore al 70% e la percentuale di celle NO GOOD ben al di sotto del 25%, la MRU si trova complessivamente in GES per la matrice sedimenti.

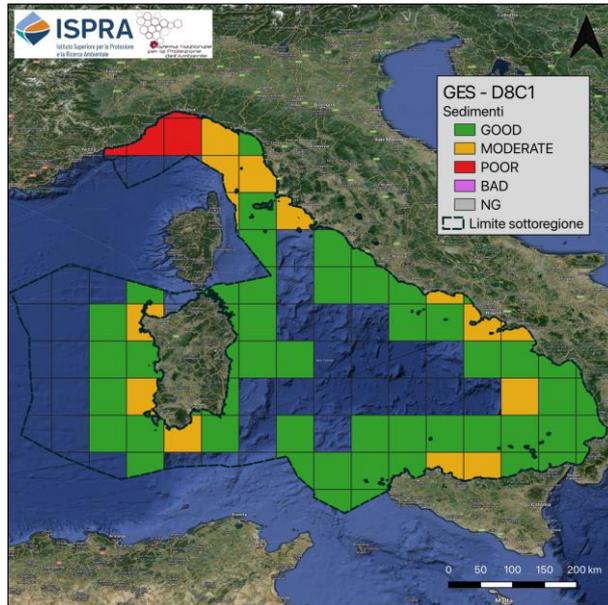


Figura 19. Rappresentazione Giudizio integrato per la matrice sedimenti nella MRU MWE.

Volendo comprendere quale o quali categorie di contaminanti abbiano determinato il giudizio delle celle costiere, considerando anche i dati aggregati riportati in Tabella 12 (paragrafo 2.2.2), è evidente che la pressione maggiore deriva dall'indice positivo (quindi non buono) delle categorie dei Metalli e degli IPA. Quest'ultima categoria, come è visibile in Figura 20, determina lo stato non buono in alcune aree costiere per la matrice in esame.

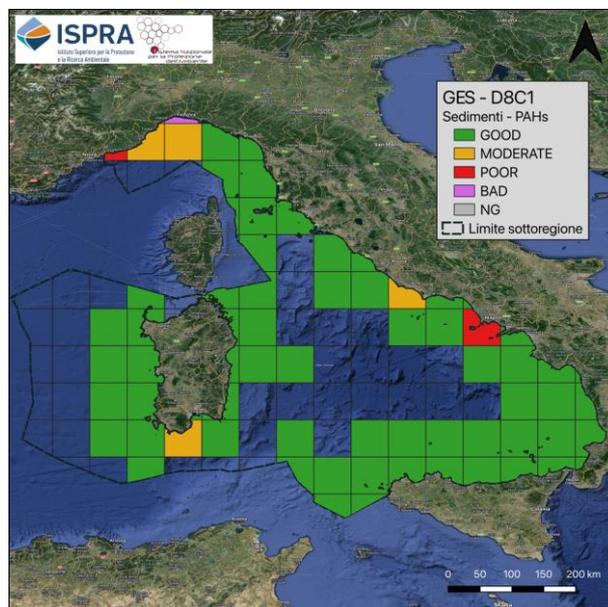


Figura 20. Per la matrice Sedimenti: Elaborazione Indice a livello di categoria (PAHs).

### 2.6.2.3 Giudizio integrato per matrice BIOTA

#### Molluschi

Per questi organismi, l'esiguità dei dati non permette di esprimere un giudizio, tuttavia, le poche celle popolate mostrano una generale situazione di buono stato.

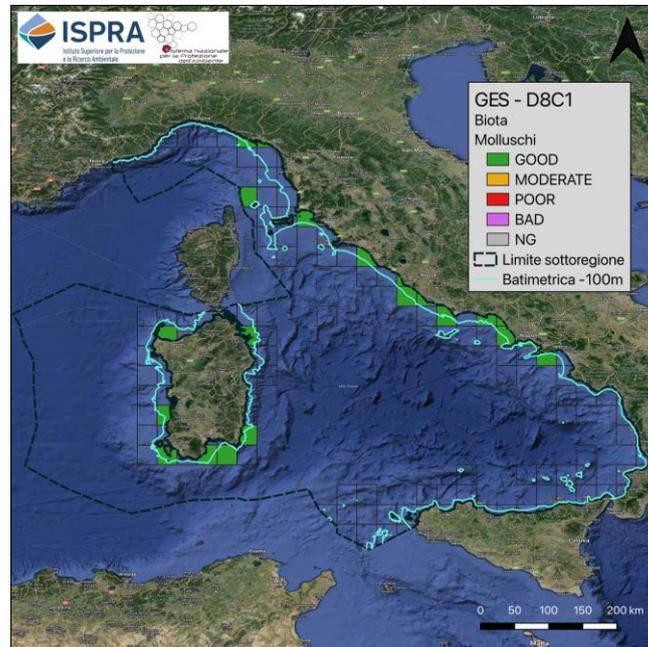


Figura 21. Rappresentazione Giudizio integrato per la matrice Molluschi nella sottoregione MWE.

#### Pesci demersali e crostacei

La copertura spaziale nell'area della MRU Mediterraneo Occidentale per questa matrice, seppur prossima al 50%, non consente di esprimere un giudizio sullo stato ambientale secondo quanto definito in G 8.1 (Decreto 15 febbraio 2019).

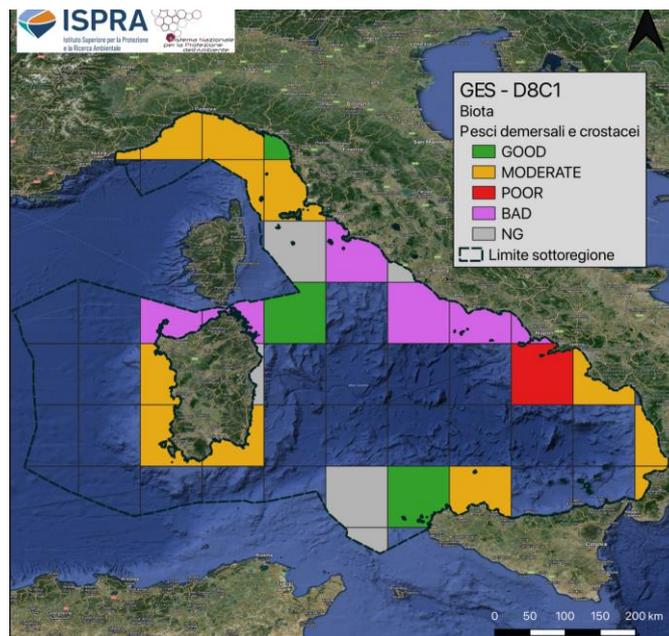


Figura 22. Rappresentazione Giudizio integrato per la matrice Pesci e crostacei nella MRU MWE.

Dalla Figura 22 sono evidenti diverse criticità. Andando ad analizzare il CQI a livello di categoria di contaminanti, è possibile riscontrare che la maggior parte delle criticità è legata ai superamenti della categoria dei metalli. Dalla tabella 15 al paragrafo 2.3.2 si nota infatti che questa categoria presenta la maggioranza di stazioni con giudizio “Poor” o “Bad”, dovute al superamento dell’SQA per l’unico contaminante normato all’interno della medesima categoria, il mercurio. Questo si traduce in celle di colore rosso o viola per questa categoria (Fig.23).

L’integrazione a livello di matrice porta ad una leggera attenuazione del giudizio nelle celle in cui non si hanno superamenti dei livelli normati per gli altri contaminanti, mentre si ha un peggioramento nelle celle in cui sono presenti altre categorie con giudizi negativi (es. superamenti per i PBDE). Si osservano anche diverse celle in “NG”, dove la sigla “NG” sta ad indicare che la maggior parte dei parametri all’interno di alcune categorie non sono stati analizzati, per cui il numero di determinazioni non viene considerato sufficiente ad esprimersi sulla categoria.

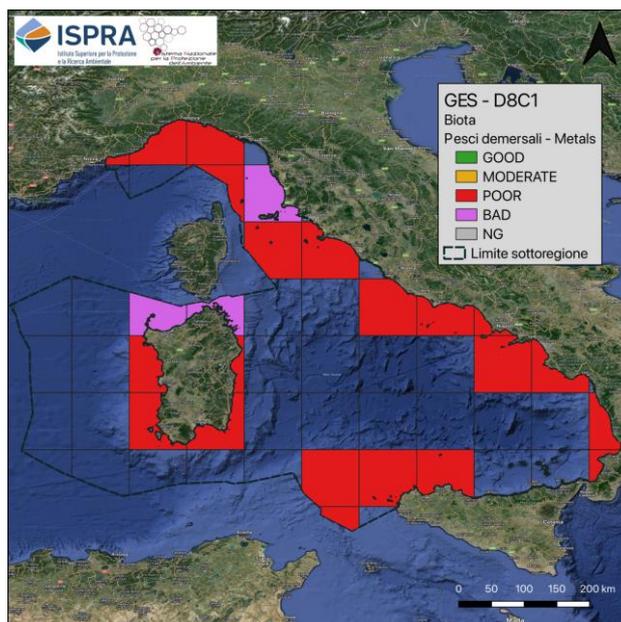


Figura 23. Per la matrice Biota (Pesci demersali): Elaborazione Indice a livello di categoria (Metalli: Hg).

### 2.6.3 Sottoregione MIC

Nella tabella sottostante (tab.23) si riporta la sintesi dei risultati ottenuti.

Tabella 22. Sottoregione MIC. Sintesi risultati D8C1.

MRU MIC	Copertura %	% GOOD	% MODERATE	% POOR	% BAD	% NG
Sedimenti	46,9	80	17	0	3	0
Biota DF + Crostacei	32,4	0	83	0	17	0
Biota Molluschi	7	100	0	0	0	0
Acque	20,3	92	8	0	0	0

Nei paragrafi seguenti si discutono i risultati.

#### 2.6.3.1 Giudizio integrato per matrice ACQUA

Dalla tabella 22 e dalla figura 24 si evince che la copertura spaziale nell'area della MRU MIC non è sufficientemente ampia (20,3%) da consentire un giudizio sullo stato ambientale secondo quanto definito in G 8.1 (Decreto 15 febbraio 2019).

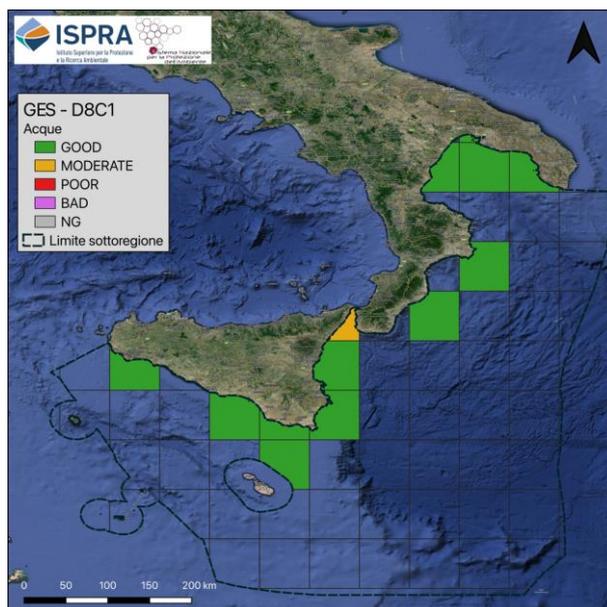


Figura 24. Rappresentazione Giudizio integrato per la matrice Acque nella sottoregione MIC.

Tuttavia, i dati forniti evidenziano uno stato qualitativamente buono, poiché la quasi totalità delle celle monitorate si trova in stato GOOD.

Volendo risalire alla categoria che può aver determinato l'unica cella in stato MODERATE, dalle statistiche riportate in Tab. 10 al paragrafo 2.1.3, si evince che il contributo è dato principalmente dalla categoria dei Metalli, rappresentata in Figura 25. Il giudizio complessivo di questa cella a livello di matrice risulta mitigato in MODERATE poiché non si evidenziano altre categorie con giudizi negativi.

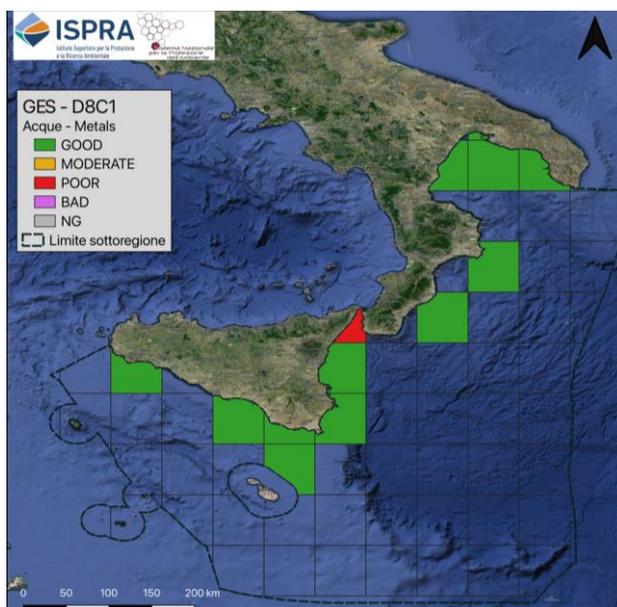


Figura 25. Per la matrice Acque: Elaborazione Indice a livello di categoria (Metalli).

### 2.6.3.2 Giudizio integrato per matrice SEDIMENTI

La copertura spaziale nell'area della MRU MIC, seppur prossima al 50%, non è sufficientemente ampia da consentire un giudizio sullo stato ambientale secondo quanto definito in G 8.1 (Decreto 15 febbraio 2019).

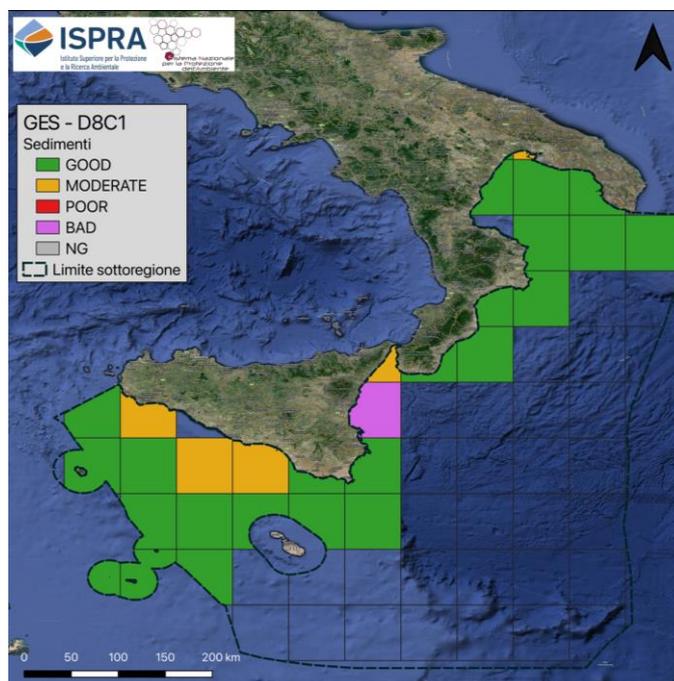


Figura 26. Rappresentazione Giudizio integrato per la matrice Sedimenti nella MRU MIC.

Tuttavia, i dati disponibili evidenziano uno stato qualitativamente buono (Fig. 26), con alcune aree costiere con qualche criticità. Dall'elaborazione dell'indice a livello di categoria si evince che tali criticità sono legate principalmente ai superamenti dell'SQA da parte di metalli e composti organoclorurati. Questo è visibile in tab.13 al par. 2.2.3, che mostra le percentuali dei superamenti verificatisi nei punti monitorati in questa MRU e suddivisi per categoria. Considerando inoltre l'elaborazione in mappa del giudizio a livello della categoria dei metalli (Fig.27), si nota una sostanziale corrispondenza delle celle non in good con quelle della mappa del giudizio integrato per matrice. Ciò indica che la categoria dei metalli è la principale responsabile dei giudizi complessivi non good per questa matrice, a cui si somma la pressione degli organoclorurati nella Sicilia orientale.

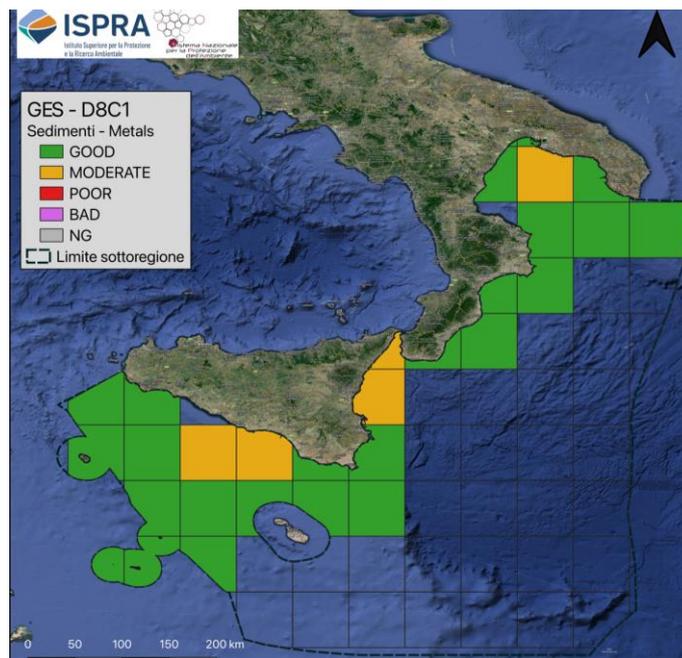


Figura 27. Per la matrice Sedimenti: Elaborazione Indice a livello di categoria (Metalli).

### 2.6.3.3 Giudizio integrato per matrice BIOTA

#### Molluschi

Per questi organismi, l'esiguità dei dati non permette di esprimere un giudizio, tuttavia le poche celle investigate mostrano una generale situazione di buono stato (Fig.28).

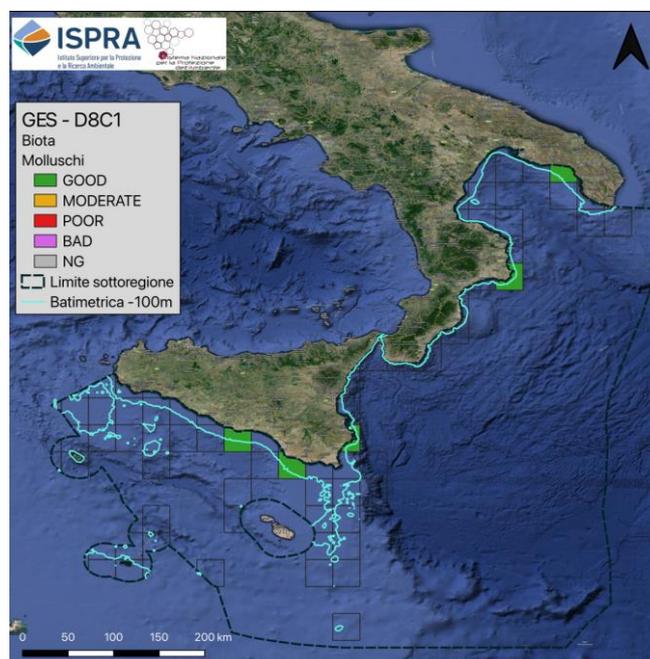


Figura 28. Rappresentazione Giudizio integrato per la matrice Molluschi nella MRU MIC.

## Pesci demersali e crostacei

La copertura spaziale nell'area della MRU Ionio e Mediterraneo Centrale per questa matrice (32,4%) non consente di esprimere un giudizio sullo stato ambientale secondo quanto definito in G 8.1 (Decreto 15 febbraio 2019).

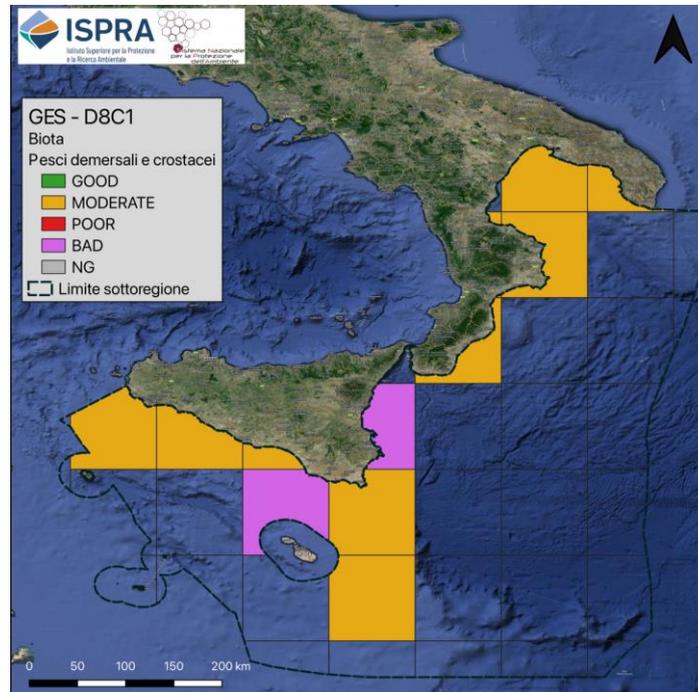


Figura 29. Rappresentazione Giudizio integrato per la matrice Pesci e Crostacei nella sottoregione MIC.

Anche in questa MRU sono evidenti diverse criticità (Fig.29). Dall'analisi dell'indice CQI a livello di categoria si desume che le criticità sono legate principalmente alla categoria dei metalli, come visibile nell'elaborazione di figura 30. Si nota una sostanziale corrispondenza delle celle non in good con la mappa del giudizio integrato per matrice. Ciò indica, come nelle altre sottoregioni, che la categoria dei metalli è la principale responsabile dei giudizi complessivi non good per questa matrice, a cui si somma in questo caso la pressione dei composti PBDE registrata nell'area tra la Sicilia meridionale e Malta.

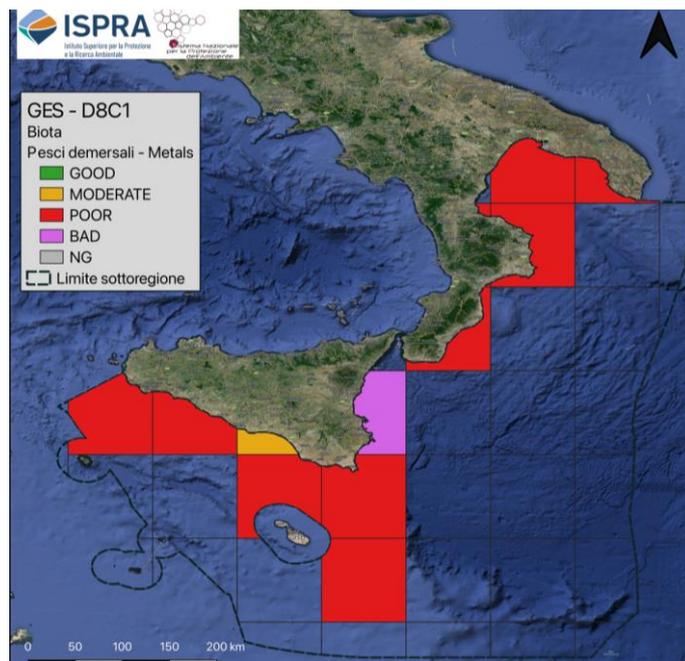


Figura 30. Per la matrice Biota (Pesci demersali): Elaborazione Indice a livello di categoria (Metalli).

## 2.7 Valutazione dello stato ambientale secondo il criterio secondario D8C2 della Decisione della Commissione 848/2017.

Di seguito vengono riportati i risultati della valutazione degli effetti dei contaminanti utilizzando l'indice categorizzato degli effetti biologici CBEI per ciascun sito campionato ed il giudizio per ciascuna cella 90x90km in cui ricadevano gli stessi, appartenenti a ciascuna sottoregione.

### 2.7.1 Sottoregione MAD

L'indice CBEI ed il giudizio assegnato ai siti e alle celle del grid 90x90km per i biomarker analizzati in *M. barbatus* pescato in Mare Adriatico (MAD) vengono riportati in Tab. 24 e Fig. 31.

Dall'analisi del CBEI emerge la presenza di alcune alterazioni biologiche nei pesci della MRU MAD (celle "MODERATE"). Dal confronto dei valori medi dei singoli biomarker rispetto ai valori soglia BAC (e TBR) mostrati in Figura 7, si evidenzia che le alterazioni biologiche si manifestano, principalmente, mediante effetti di genotossicità (MN), di alterazione dello stato fisiologico (LMS-ESO) e di attivazione del sistema di detossificazione dei composti organici (EROD).

Tabella 23. Sottoregione MAD - Regione Mediterraneo (2019-21). Indice CBEI per ciascun SITO. I colori rappresentano il giudizio: verde=GOOD, arancione=MODERATE.

Subregione	Sito campionato	Località/porto vicino	CBEI
MAD	AS_B01_19	Chioggia (VE)	2
	AS_B02_19	Chioggia (VE)	4
	AS_B03_19	Ancona (AN)	3
	AS_B04_19	Ancona (AN)	2
	AS_B09_20	Otranto (LE)	0

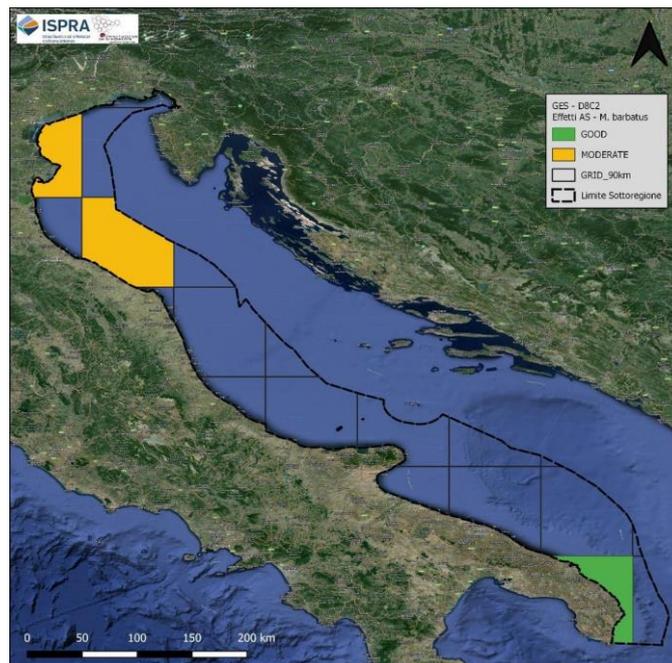


Figura 31. Sottoregione MAD - Monitoraggio Italia 2019-21. Mappa con le valutazioni dello status di *M. barbatus* (D8C2) mediante CBEI integrato per CELLA. I colori rappresentano il giudizio: verde=GOOD, arancione=MODERATE.

### 2.7.2 Sottoregione MIC

L'indice CBEI e il giudizio assegnato ai siti e alle celle del grid 90x90km per i biomarker analizzati in *M. barbatus* pescato in Mare Ionio e Mediterraneo centrale (MIC) vengono riportati in Tab. 25 e Fig. 32.

Dall'analisi del CBEI emerge la presenza di alcune criticità nei pesci della MRU MIC (cella "POOR"). Dal confronto dei valori medi dei singoli biomarker rispetto ai valori soglia BAC (e TBR) mostrati in Figura 8, si evidenzia che le criticità si manifestano, principalmente, mediante effetti di neurotossicità (AChE), di alterazione dello stato fisiologico (LMS-ESO) e di attivazione del sistema di detossificazione dei composti organici (EROD).

Tabella 24. Sottoregione MIC - Regione Mediterraneo (2019-21). Indice CBEI per ciascun SITO. I colori rappresentano il giudizio: verde=GOOD, rosso=POOR.

Subregione	Sito campionato	Località/porto vicino	CBEI
MIC	ISCMS_B02_20	Corigliano Calabro (CS)	5
	ISCMS_B03_20	Crotone (KR)	0
	ISCMS_B04_20	Catanzaro Lido (CZ)	0
	ISCMS_B05_20	Portopalo di Capo Passero (SR)	0
	ISCMS_B06_20	Sciacca (AG)	2

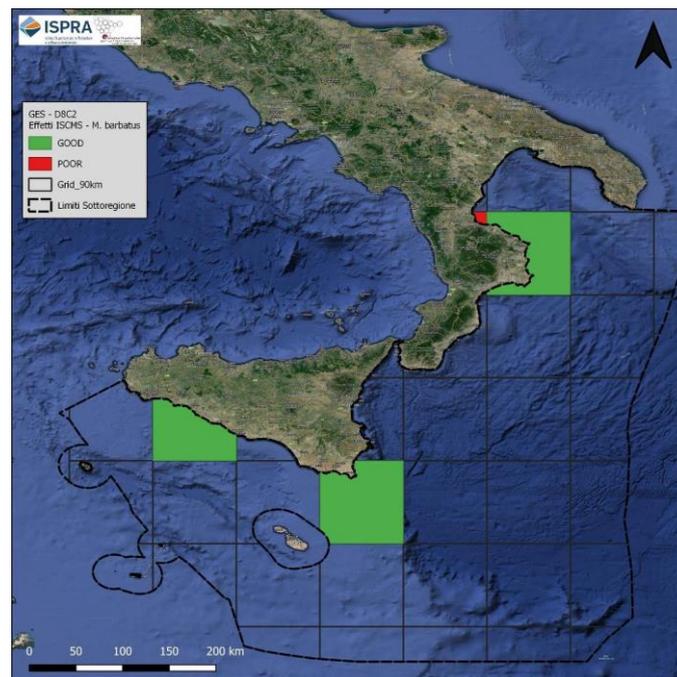


Figura 32. Sottoregione MIC - Monitoraggio Italia 2019-21. Mappa con le valutazioni dello status di *M. barbatus* (D8C2) mediante CBEI integrato per CELLA. I colori rappresentano il giudizio: verde=GOOD, rosso=POOR.

### 2.7.3 Sottoregione MWE

L'indice CBEI e il giudizio assegnato ai siti e alle celle del grid 90x90km per i biomarker analizzati in *M. barbatus* pescato in Mare Tirreno (MWE) vengono riportati in Tabella 26 e Figura 33.

Dall'analisi del CBEI non emergono criticità nei pesci della MRU MWE (tutte celle "GOOD").

Tabella 25. Sottoregione MWE - Regione Mediterraneo (2019-21). Indice CBEI per ciascun SITO. I colori rappresentano il giudizio: verde=GOOD.

Subregione	Sito campionato	Località/porto vicino	CBEI
MWE	WMS_B04_21	Porticello (PA)	0
	WMS_B05_21	Gioia Tauro (RC)	0
	WMS_B07_21	Pozzuoli (NA)	0
	WMS_B10_21	Anzio (RM)	2
	WMS_B11_21	Porto S. Stefano (GR)	0
	WMS_B12_21	Livorno (LI)	0
	WMS_B13_21	S. Margherita Ligure (GE)	0

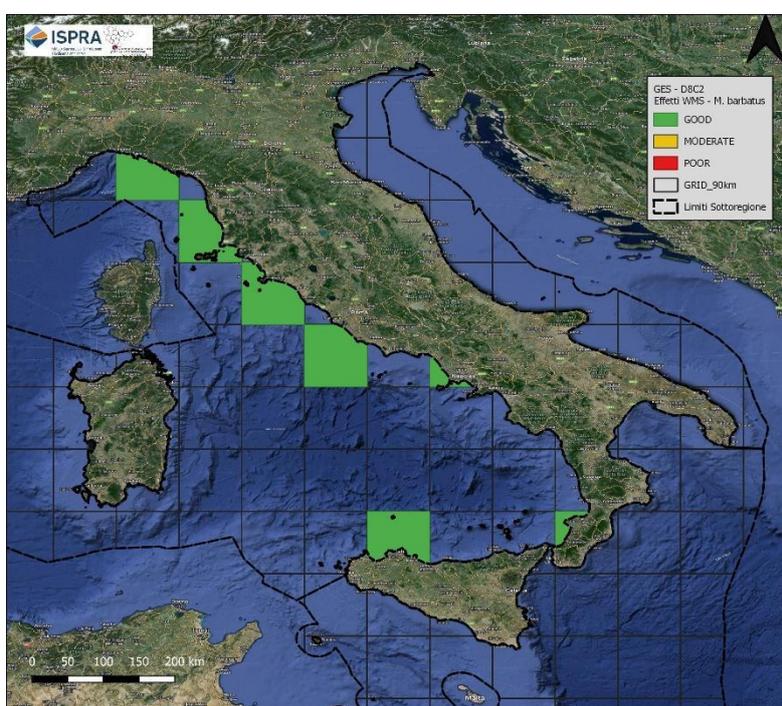


Figura 33. Sottoregione MWE - Monitoraggio Italia 2019-21. Mappa con le valutazioni dello status di *M. barbatus* (D8C2) mediante CBEI integrato per CELLA. I colori rappresentano il giudizio: verde=GOOD.

*Copertura spaziale.* Per il D8C2, analogamente al D8C1, la copertura spaziale dovrebbe corrispondere alla percentuale di celle campionate sulle celle totali.

Poiché da letteratura scientifica è noto che potenzialmente è possibile trovare *M. barbatus* fino ai 500 m di profondità (Tserpes et al., 2002), si è ritenuto più appropriato, in base alla biologia della specie, calcolare la copertura spaziale come percentuale di celle campionate rispetto a quelle “campionabili” (entro la batimetrica dei 500 m di profondità) (figura 34). Di seguito si riporta la copertura spaziale per il D8C2 nelle 3 MRU (Tab. 27).

Tabella 27. Copertura spaziale (rispetto all'area campionabile) per *M. barbatus* (D8C2) nelle tre MRU.

MRU	<i>M. barbatus</i> (D8C2)
MAD	17%
MIC	25%
MWE	25%

Sebbene per gli effetti su *M. barbatus* siano state campionate un buon numero di celle del grigliato, in nessuna delle 3 sottoregioni la copertura spaziale del campionamento ha raggiunto il 50% delle celle "campionabili". Quindi non è possibile esprimere un giudizio sul raggiungimento del GES. Tuttavia, la percentuale di celle di colore verde "GOOD" rispetto al totale di celle campionate risulterebbe per MAD pari al 33%, per MIC pari al 75% e per MWE pari a 100% (figura 35), che indicherebbe uno stato qualitativamente buono per le sottoregioni MWE e MIC ( $GOOD \geq 60\%$  e  $POOR+BAD \leq 25\%$ ) e non buono per la MAD ( $GOOD < 60\%$ ).

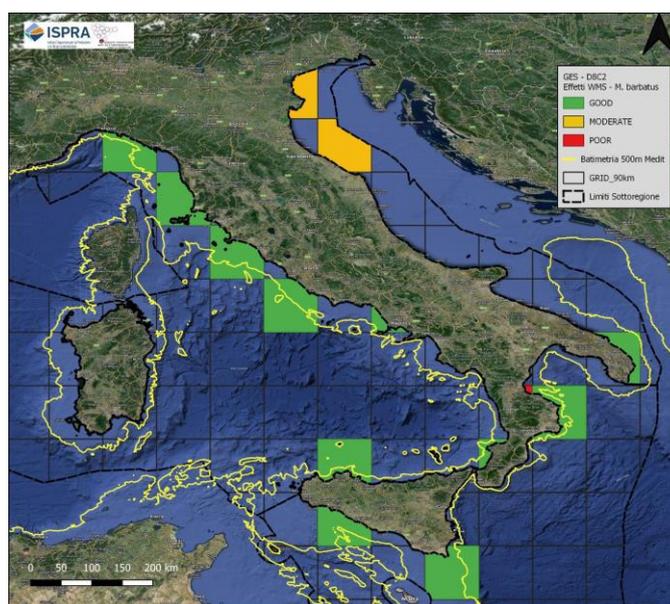


Figura 34. Monitoraggio Italia 2019-21. Giudizio per D8C2 e superficie "campionabile" in relazione alla batimetria dei 500m di profondità (linea gialla) nelle 3 MRU della Regione Mediterraneo.

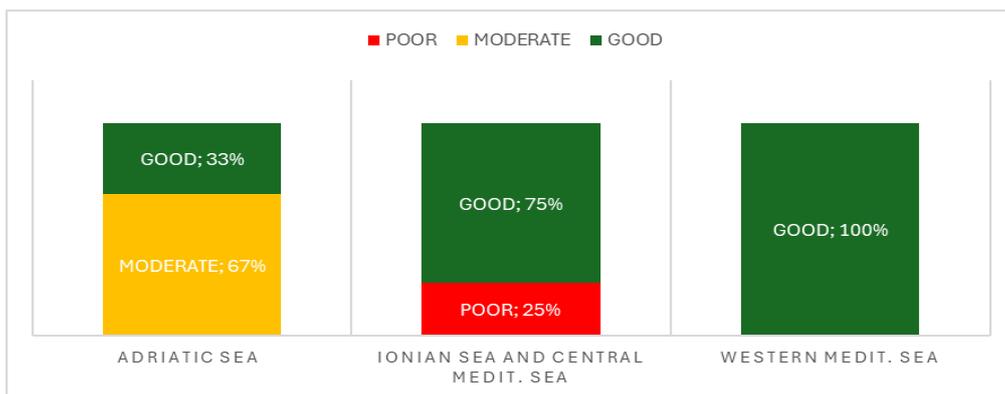


Figura 35. Monitoraggio Italia 2019-21. Confronto del giudizio per D8C2 tra le 3 MRU della Regione Mediterraneo. Valori espressi in percentuale rispetto all'area campionata.

## 2.8 Valutazione dello stato ambientale secondo il criterio primario D8C3 della Decisione della Commissione 848/2017.

Non essendo stati rilevati episodi di inquinamento gravi e significativi in nessuna delle tre MRU nel periodo 2016-2021 sulla base del report redatto ai sensi della circolare IMO MEPC/Circ.318, il GES secondo il criterio 3 del Descrittore 8 risulta raggiunto.

Di seguito viene mostrata la mappa degli eventi di sversamento accidentale registrati, che risultano tutti al di sotto del valore soglia.



Figura 36. Mappa degli eventi di sversamento accidentale in mare.

## 2.9 Raggiungimento dei traguardi ambientali secondo la definizione e gli indicatori riportati nel D.M. 15 febbraio 2019

### 2.9.1 Raggiungimento traguardo per Contaminanti in acqua, sedimenti, biota (D8C1)

Il confronto con le valutazioni precedenti (Valutazione Iniziale e Primo Ciclo) non è di facile elaborazione, poiché in questo sessennio sono state implementate non solo le stazioni di campionamento e la copertura spaziale ma anche il numero di parametri all'interno delle categorie di contaminanti monitorate. Per tale ragione si è scelto di considerare il raggiungimento del target all'interno del sessennio investigato.

#### Sedimenti

Come già più volte riportato, nei sei anni di monitoraggio 2016-2021, la copertura spaziale è stata migliorata in modo da raggiungere il 50% di superficie delle MRU, ad eccezione della sottoregione MIC. A fronte di ciò, considerando le elaborazioni dei dati raccolti, si osserva in generale una diminuzione delle percentuali di superamenti registrati nel corso dei sei anni per tutte le categorie di contaminanti. Questo andamento è più evidente per la MRU MIC, rispetto alle altre due MRU per le quali si ha una sostanziale corrispondenza con i risultati passati.

#### Biota

I dati disponibili della matrice pesci demersali per la categoria degli HOCs indicano, nei sei anni, una diminuzione della percentuale di superamenti, più evidente nella MRU MWE rispetto alle MRU MAD e MIC. Sono state introdotte in questo sessennio analisi per i parametri PBDE e PFOS per i quali ad oggi disponiamo ancora di pochi dati per valutare il trend. Per quanto concerne i metalli, si conferma ciò che è stato riscontrato nelle valutazioni precedenti, ossia il superamento del valore normato del mercurio. Tali superamenti, tuttavia, risultano essere percentualmente inferiori a quelli riscontrati nelle valutazioni passate.

Per quanto concerne le categorie Diossine e Furani e PAHs, valutate nei molluschi e nei crostacei, dal 2017, anche a fronte di un monitoraggio più ampio in tutte le MRU, si osserva una generale diminuzione della percentuale di superamenti.

Rispetto alle valutazioni precedenti (Valutazione Iniziale e Primo Ciclo) sono state colmate alcune lacune conoscitive grazie al monitoraggio più ampio sia dal punto di vista del numero di stazioni che di parametri.

#### Acqua

I dati per la valutazione del trend si riferiscono esclusivamente agli anni 2016-2020. Per le categorie HOCs, Metalli, PAHs, Pesticidi e Fenoli in tutte le MRU si osserva un trend costante con pochi superamenti a fronte

di una copertura spaziale pur sempre esigua. Per la categoria BTEX e PFOS non si hanno dati utili alla valutazione del trend, in quanto poco monitorati. Per la categoria Organostannici si ha un trend costante. La categoria Ftalati mostra un andamento altalenante nelle MRU dovuto ad un monitoraggio non costante in tutti gli anni.

Rispetto alle valutazioni precedenti (Valutazione Iniziale e Primo Ciclo) sono stati monitorati molti più parametri, il che rende difficile il confronto.

### 2.9.2 Raggiungimento traguardo per Effetti dei contaminanti nel biota (D8C2)

Il monitoraggio nazionale eseguito in questo triennio ha permesso di ridurre le lacune conoscitive relative agli effetti biologici dei contaminanti. In particolare, si hanno maggiori conoscenze relative all'utilizzo di *M. barbatus* come specie bioindicatrice e alle risposte biologiche in grado di fornire indicazioni sullo stato di salute di questo organismo. Infatti, nonostante l'utilizzo di questa specie venga raccomandato in ambito internazionale nei Programmi di Monitoraggio previsti dall'IMAP dell'UNEP nella regione mediterranea, non erano a disposizione ancora sufficienti dati confrontabili a livello metodologico per poter definire dei valori soglia idonei per i mari italiani. L'utilizzo di protocolli metodologici applicati uniformemente in tutte e tre le sottoregioni, ha permesso di ottenere dati confrontabili e di poter quindi definire valori soglia preliminari, validi a livello nazionale. Il monitoraggio degli anni successivi permetterà di aggiornare e definire sempre meglio tali valori soglia. Inoltre, nonostante non sia stato ancora definito e concordato tra gli Stati Membri un metodo di valutazione integrata dei biomarker, nel monitoraggio nazionale eseguito è stato applicato un indice che ha permesso di esprimere un giudizio sugli effetti biologici dei contaminanti e che potrà essere proposto e considerato tra i possibili metodi a livello Comunitario.

### 2.9.3 Raggiungimento traguardo per Eventi di inquinamento gravi e significativi (D8C3)

Il traguardo ambientale per il criterio D8C3 è stato raggiunto in quanto non sono stati rilevati eventi di inquinamento gravi e significativi nel periodo considerato ai fini della valutazione (2016-2021).

### 3. Sintesi

Al fine di rispondere alle richieste della Direttiva MSFD, sono stati istituiti programmi di monitoraggio per determinare i livelli dei contaminanti nelle matrici acqua, sedimento e biota e valutarne gli effetti.

L'obiettivo dei programmi è stato quello di verificare il raggiungimento dei Target 8.1 e 8.2 e del GES 8.1 e 8.2 acquisendo i dati necessari a valutare gli elementi associati al criterio primario D8C1 e secondario D8C2 della Decisione UE 2017/848. I programmi hanno previsto anche l'acquisizione di dati su parametri per i quali non è stato ancora stabilito un valore di SQA (standard di qualità ambientale) a livello unionale; tali dati saranno utili per l'individuazione di valori soglia specifici come richiesto dalla Nuova Decisione n. 2017/848 della CE del 17 maggio 2017.

La concentrazione di inquinanti nell'ambiente marino e i loro effetti vengono valutati tenendo in considerazione le disposizioni della Direttiva 2008/56/CE, così come richiesto dalla Decisione 2010/477/UE del settembre 2010 e dalla nuova Decisione 2017/848 del maggio 2017, ed anche le disposizioni pertinenti alla Direttiva 2000/60/CE per le acque territoriali e/o costiere così da garantire un adeguato coordinamento dell'attuazione dei due quadri giuridici.

Nel sessennio 2016-2021 sono stati condotti campionamenti per il prelievo di acqua, sedimenti e biota, in stazioni posizionate in parte entro e in parte oltre le 12 miglia nautiche e fino alla linea di ZEE. Il posizionamento delle stazioni è stato coerente con il grigliato stabilito per l'elaborazione dei dati (con maglie quadrate comprese tra 30 km e 90 km per lato a seconda della MRU e della matrice investigata).

Relativamente al criterio D8C1, l'aggiornamento periodico dei programmi di monitoraggio e delle strategie di tutela per l'ambiente marino, previsto dall'art. 7 del D.Lgs. 190/2010 di recepimento della MSFD, ha portato nel corso di questo sessennio a modificare il piano di monitoraggio, alla luce delle esperienze acquisite durante il primo ciclo e facendo propri i principi, i criteri e le norme metodologiche stabilite dalla nuova Decisione della Commissione UE per la definizione del buono stato ambientale (GES) delle acque marine (Decisione 2017/848 del 17 maggio 2017). A partire dal 2020, a seguito dell'approvazione del nuovo POA, sono state quindi monitorate solo le matrici sedimenti e biota.

Per soddisfare il criterio secondario D8C2, che dà informazioni relative agli effetti, su alcuni campioni di biota sono state condotte analisi di biomarker, utili a ridurre le lacune conoscitive sulla valutazione degli effetti biologici dovuti alla contaminazione, a valutare lo stato di salute degli organismi e ad individuare possibili valori soglia.

La valutazione del verificarsi di eventi di inquinamento gravi e significativi, secondo il criterio D8C3, è stata condotta sulla base del report italiano redatto ai sensi della circolare IMO MEPC/Circ.318 del 26 giugno 1996.

Tutte le valutazioni per il Descrittore 8 sono state eseguite aggregando i risultati per “criterio” per ogni matrice investigata.

In questo Secondo Ciclo di Valutazione le tre MRU monitorate sono le stesse sottoregioni della Valutazione Iniziale e del Primo Ciclo: Mare Adriatico (MAD), Mar Ionio e Mediterraneo Centrale (MIC), Mar Mediterraneo Occidentale (MWE) e si estendono fino alla Zona Economica Esclusiva (ZEE). I dati utilizzati per questa nuova valutazione dello stato di qualità provengono da monitoraggi specifici effettuati ai sensi della Direttiva Strategia Marina e della Direttiva quadro sulle acque, nonché da specifiche convenzioni.

La percentuale di copertura dei dati, sebbene differente per le varie matrici e sottoregioni, ha mostrato un generale miglioramento grazie all’entrata in vigore dei nuovi programmi di monitoraggio, permettendo il raggiungimento della valutazione del GES per la matrice sedimento in due MRU e per la matrice biota nella MRU Mar Adriatico per il criterio D8C1 (v. tabella 28).

Tabella 268. Risultati della valutazione a livello di criterio, nelle tre sottoregioni (GES “conseguito” in verde; GES “non conseguito” in rosso; GES “sconosciuto” in giallo; GES “non valutato” in grigio).

<b>Criterio</b>	<b>Acqua</b>	<b>Sedimenti</b>	<b>Biota Demersal fish, crustaceans</b>	<b>Biota Mollusks</b>
<b>Mar Mediterraneo occidentale (MWE)</b>				
Criterio D8C1	Copertura 32% Good 97% No Good 0%	Copertura 65% Good 73% No Good 6%	Copertura 49% Good 11% No Good 26%	Copertura 26% Good 100% No Good 0%
Criterio D8C2			Copertura 25% Good 100% No Good 0%	
<b>Mar Ionio e Mar Mediterraneo Centrale (MIC)</b>				
Criterio D8C1	Copertura 20% Good 92% No Good 0%	Copertura 47% Good 80% No Good 3%	Copertura 32% Good 0% No Good 17%	Copertura 7% Good 100% No Good 0%
Criterio D8C2			Copertura 25% Good 75% No Good 25%	
<b>Mar Adriatico (MAD)</b>				
Criterio D8C1	Copertura 35% Good 88% No Good 0%	Copertura 86% Good 61% No Good 1%	Copertura 78% Good 0% No Good 31%	Copertura 54% Good 100% No Good 0%
Criterio D8C2			Copertura 17% Good 33% No Good 0%	

Per il criterio D8C3, in base ai dati contenuti nel report redatto ai sensi della circolare IMO MEPC/Circ.318 del 26 giugno 1996, nel periodo 2016-2021 non si sono verificati eventi significativi di inquinamento, ovvero con sversamenti oltre le 50 tonnellate, in nessuna delle tre MRU.

Confrontando i dati raccolti in questo sessennio e le elaborazioni effettuate, si osserva quanto segue.

### **Sedimenti**

Per la matrice sedimento, in entrambe le MRU per le quali si è ottenuta la copertura sufficiente per formulare un giudizio (MAD e MWE), si riscontra un'alta percentuale di celle in stato GOOD (> 60%) e una percentuale di celle NO GOOD trascurabile, il che conferisce lo stato di GES. Anche per la MRU MIC, nonostante si abbia una copertura di poco inferiore al 50% della superficie della sottoregione, i dati disponibili descrivono uno stato qualitativamente buono, con la maggior parte delle celle in stato GOOD (80%).

Nei sei anni di monitoraggio 2016-2021 si osserva in generale una diminuzione delle percentuali di superamenti registrati nel corso dei sei anni per tutte le categorie di contaminanti. Questo andamento è più evidente per la MRU MIC, rispetto alle altre due MRU per le quali si ha una sostanziale corrispondenza con i risultati passati.

### **Biota**

Per la matrice biota relativamente a pesci e crostacei, per la MRU MAD si ottiene una valutazione NO GES a causa dell'elevata presenza di celle in stato qualitativamente non buono. Tale stato, riscontrato anche nelle valutazioni precedenti, è legato al superamento del valore normato del Mercurio. Al contrario, per quanto riguarda i molluschi, la sottoregione adriatica risulta in GES con il 100% di celle in GOOD per IPA e Diossine. Per le MRU MIC ed MWE non si è raggiunta una copertura spaziale sufficiente ad esprimere un giudizio.

I dati disponibili della matrice pesci demersali per la categoria degli HOCs indicano, nei sei anni, una diminuzione della percentuale di superamenti, più evidente nella MRU MWE rispetto alle MRU MAD e MIC. Per quanto concerne le categorie Diossine e Furani e PAHs, valutate nei molluschi e nei crostacei, dal 2017, anche a fronte di un monitoraggio più ampio in tutte le MRU, si osserva una generale diminuzione della percentuale di superamenti.

Rispetto alle valutazioni precedenti (Valutazione Iniziale e Primo Ciclo) sono state colmate alcune lacune conoscitive grazie al monitoraggio più ampio sia dal punto di vista del numero di stazioni che del numero parametri.

### **Acqua**

Nel periodo in questione, sono stati monitorati molti più parametri, il che rende difficile il confronto con le valutazioni precedenti (Valutazione Iniziale e Primo Ciclo). Le categorie di contaminanti presenti in tutti i cicli di valutazione (es. Metalli, Organostannici) mostrano, comunque, un trend costante, con pochi superamenti (limitati generalmente a zone costiere) a fronte di una copertura spaziale pur sempre esigua in tutte le MRU.

## Effetti

La quantità di dati di biomarker provenienti dal monitoraggio eseguito nel 2019-21 ha permesso di incrementare le conoscenze in merito agli effetti biologici dei contaminanti sulla specie bioindicatrice *M. barbatus* e di definire delle soglie valide per questa specie in acque italiane. Tuttavia, si specifica che i valori soglia calcolati potranno essere soggetti ad aggiornamento mediante l'utilizzo dei dati ottenuti dalle attività di monitoraggio che verranno eseguite negli anni successivi. Per quanto riguarda la valutazione, nonostante la copertura di campionamento (inferiore al 50%) non permetta di esprimere un giudizio, relativamente alle celle campionate i dati disponibili descrivono uno stato qualitativamente buono per le sottoregioni MWE e MIC e non buono per la MAD.

Per quanto sopra, si propongono alcune modifiche alle definizioni di GES e Target attualmente in vigore nel Decreto del 15 Febbraio 2019, legate agli sviluppi e ai risultati raggiunti nel corso di questi anni, tenendo anche conto delle raccomandazioni contenute nel documento della CE *Article 12 technical assessment of the 2018 updates of Articles 8, 9 and 10 Italy June 2021 Final version*.

## 4. Bibliografia

- Bolognesi C., Perrone E., Roggieri P., Pampanin D. M., Sciutto A., 2006. Assessment of micronuclei induction in peripheral erythrocytes of fish exposed to xenobiotics under controlled conditions. *Aquatic Toxicology* 78S: S93–S98.
- Corsi I., Mariottini M., Menchi V., Sensini C., Balocchi C., Focardi S., 2002. Monitoring a Marine Coastal Area: Use of *Mytilus galloprovincialis* and *Mullus barbatus* as Bioindicators. *Marine Ecology*, 23 (Suppl I): 138-153.
- Davies I.M. and Vethaak D., 2012. Integrated marine environmental monitoring of chemicals and their effects. ICES Cooperative Research Report, 315. ICES: Copenhagen. Pp. 277.
- Decisione (EU) 2017/848 della Commissione del 17 maggio 2017.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", GU n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96.
- Decreto Legislativo 10 Dicembre 2010, n. 219 "Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque", GU n. 296 del 20/12/2010.
- Decreto Legislativo 13 ottobre 2015, n. 172 "Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque", GU Serie Generale n.250 del 27-10-2015.
- Decreto Ministeriale 11 febbraio 2015 "Determinazione degli indicatori associati ai traguardi ambientali e dei programmi di monitoraggio, predisposto ai sensi degli articoli 10, comma 1 e 11, comma 1, del decreto legislativo n. 190/2010".
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 10 ottobre 2017 "Approvazione del Programma di misure, ai sensi dell'articolo 12, comma 3, del decreto legislativo 13 ottobre 2010, n. 190, relative alla definizione di strategie per l'ambiente marino", GU Serie Generale n.274 del 23-11-2017.
- Decreto Ministeriale 15 febbraio 2019 "Aggiornamento della determinazione del buono stato ambientale delle acque marine e definizione dei traguardi ambientali", GU Serie Generale n.69 del 22-03-2019.
- Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.
- Direttiva quadro 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino (MSFD).
- Direttiva 2009/90/CE della Commissione del 31 luglio 2009 che stabilisce, conformemente alla Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque.
- Direttiva 2013/39/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 12 agosto 2013.
- European Commission, 2022. MSFD CIS Guidance Document No. 19, Article 8 MSFD, May 2022.
- ICES, 2013. Report of the Working Group on the Biological Effects of Contaminants (WGBEC). 10-15 March 2013. San Pedro del Pinatar, Spain. ICES CM 2013/SSGHIE:04. Pp. 37.

- ICES, 2024. Working Group on Biological Effects of Contaminants (WGBEC). ICES Scientific Reports. 6:65. 114 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.26936176>
- Lionetto M.G., Caricato R., Giordano M.E., Pascariello M.F., Marinosci L., Schettino T., 2003. Integrated use of biomarkers (acetylcholinesterase and antioxidant enzymatic activities) in *Mytilus galloprovincialis* and *Mullus barbatus* in an Italian coastal marine area. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 324-330.
- Maggi C., Berducci M.T., Di Lorenzo B., Lomiri S., Venti F., 2022. Integrated chemical status of the Italian marine waters sensu Descriptor 8 of the Marine Strategy Framework Directive. *Front. Mar. Sci.*, <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1006595>.
- Mathieu A., Lemaire P., Carriere S., Draï P., Giudicelli J., Lafaurie M., 1991. Seasonal and sexlinked variations in hepatic and extrahepatic biotransformation activities in striped mullet (*Mullus barbatus*). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 22: 45-57.
- Martínez-Gómez C., Fernández B., Benedicto J., Valdés J., Campillo J.A., León V.M., Vethaak A.D., 2012 Health status of red mullets from polluted areas of the Spanish Mediterranean coast, with special reference to Portmán (SE Spain). *Mar. Env. Res.* 77: 50-59.
- Martinez-Gomez C., Fernandez B., Robinson C.D., Campillo J.A., Leon V.M., Benedicto J., Hylland K., Vethaak A.D., 2017. Assessing environmental quality status by integrating chemical and biological effect data: The Cartagena coastal zone as a case. *Mar. Env. Res.* 124: 106-117.
- MEPC/Circ.318 del 26 July 1996. Formats for a Mandatory Reporting System under MARPOL
- Morrone L., d'Errico G., Sacchi M., Molisso F., Armiento G., Chiavarini S., Rimauro J., Guida M., Siciliano, A., Ceparano M., Aliberti F., Tosti E., Gallo A., Libralato G., Patti F.P., Gorbi S., Fattorini D., Nardi A., Di Carlo M., Mezzelani M., Benedetti M., Pellegrini D., Musco L., Danovaro R., Dell'Anno A. and Regoli F., 2020. Integrated characterization and risk management of marine sediments: The case study of the industrialized Bagnoli area (Naples, Italy). *Marine Environmental Research* 160, 104984.
- Piva F., Ciaprini F., Onorati F., Benedetti M., Fattorini D., Ausili A., Regoli F. 2011. Assessing sediment hazard through a weight of evidence approach with bioindicator organisms: A practical model to elaborate data from sediment chemistry, bioavailability, biomarkers and ecotoxicological bioassays. *Chemosphere* 83:475-485.
- Porte C., Escartín E., de la Parra L.M.G., Biosca X., & Albaigés J., 2002. Assessment of coastal pollution by combined determination of chemical and biochemical markers in *Mullus barbatus*. *Marine ecology progress series* 235: 205–216.
- Regoli F., Pellegrini D., Winston G.W., Gorbi S., Giuliani S., Virno-Lamberti C., Bompadre S., 2002. Application of biomarkers for assessing the biological impact of dredged materials in the Mediterranean: the relationship between antioxidant responses and susceptibility to oxidative stress in the red mullet (*Mullus barbatus*). *Mar. Pollut. Bull.* 44: 912-922.
- Report 2018 Aggiornamento Art. 8,9,10 MSFD - Descrittore 8. Stagg R., McIntosh A., Gubbins M. J., 2016. Determination of CYP1A-dependent mono-oxygenase activity in dab by fluorimetric measurement of EROD activity in S9 or microsomal liver fractions. *ICES TIMES* 57.
- Tserpes G., Fiorentino F., Levi D., Cau A., Murenu M., Zamboni A. and Costas P., 2002. Distribution of *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: implications for management. *Scientia Marina*, 66.S2: 39-54.
- UNEP/RAMOGÉ, 1999. Manual on the Biomarkers Recommended for the MED POL Biomonitoring Programme. UNEP, Athens.

- UNEP/MAP, 2017. Mediterranean Quality Status Report.
- UNEP/MAP, 2019. UNEP/MED WG467/5. IMAP Guidance Factsheets: Update for Common Indicators 13,14, 17, 18, 20 and 21: New proposal for candidate indicators 26 and 27.
- UNEP/MAP, 2021. UNEP/MED WG509/43. Report of the Meeting of the MED POL Focal Points, 27-28 May and 6-7 October 2021. Annex III, App. 22-23-24: Monitoring Guidelines/Protocols for Sampling and Sample Preservation of Marine Molluscs (such as *Mytilus* sp.) and Fish (such as *Mullus barbatus*) for IMAP CI18; Monitoring Guidelines/Protocols for Biomarker Analysis of Marine Molluscs (such as *Mytilus* sp.) and Fish (such as *Mullus barbatus*) for IMAP Common Indicator 18 – Analysis of Lysosomal membrane stability (LMS); Monitoring Guideline/Protocols for Biomarker Analysis of Marine Molluscs (such as *Mytilus* sp.) and Fish (such as *Mullus barbatus*) for IMAP Common Indicator 18 – Analysis of and micronuclei (MNi) frequency, Acetylcholinesterase (AChE) activity and Stress on Stress (SoS). Pp. 2514.
- UNEP/MAP, 2023. UNEP/MED WG556/3. Meeting of the Ecosystem Approach Correspondence Group on Pollution Monitoring (Athens, Greece, 1-2 March 2023. Agenda item 3:2023 Mediterranean Quality Status Report 8QSR) – Pollution Ecological Objectives (EO5, EO9): The Proposal of the IMAP Pollution Cluster Chepters of the 2023 MED QSR.
- UNEP/MED, 2016. Decision IG.22/7. COP19.
- UNEP/MED, 2017. Decision IG.23/6. COP20.
- Viarengo A., Dondero F., Pampanin D. M., Fabbri R., Poggi E., Malizia M., Bolognesi C., Perrone E., Gollo E., Cossa G. P., 2007. A Biomonitoring Study Assessing the Residual Biological Effects of Pollution Caused by the HAVEN Wreck on Marine Organisms in the Ligurian Sea (Italy). Arch Environ Contam Toxicol 53: 607–616.
- Zorita I., Ortiz-Zarragoitia M., Apraiz I., Cancio I., Orbea A., Soto M., Marigómez I., Cajaraville M.P., 2008. Assessment of biological effects of environmental pollution along the NW Mediterranean Sea using red mullets as sentinel organisms. Environmental Pollution 153: 157-168.