



ARPAT
Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

REGIONE
TOSCANA



Monitoraggio delle acque marino costiere della Toscana

Attività di
monitoraggio 2019
Proposta di
classificazione

Report
ARPAT



Monitoraggio delle acque marino costiere della Toscana

Attività di
monitoraggio 2019
Proposta di
classificazione



Monitoraggio delle acque marino costiere della Toscana

Attività di monitoraggio 2019. Proposta di classificazione.

A cura di *Gioia Benedettini* - ARPAT, Area Vasta Costa, Settore Mare

Autore: *Daniela Verniani* - ARPAT, Area Vasta Costa, Settore Mare

Sopralluoghi e parametri chimico fisici acqua e sedimenti: *Enrico Cecchi, Fabiola Fani, Cecilia Mancusi, Giacomo Marino, Michela Ria* - ARPAT, Settore Mare, *Giorgio Boncoraglio* - ARPAT, Dipartimento di Pisa

Sopralluoghi e campionamento biota: *Riccardo Biancalana, Francesco Lavista, Enrico Cecchi, Michela Ria, Alessandro Voliani* - ARPAT, Settore Mare

Analisi fitoplancton: *Daniela Verniani* - ARPAT, Settore Mare

Sorting macrozoobenthos: *Riccardo Biancalana* - ARPAT, Settore Mare

Analisi macrozoobenthos :ARPAT, Laboratorio Area Vasta Costa, Biologia

Analisi Posidonia oceanica: *Cecilia Mancusi* - ARPAT, Settore Mare

Analisi macroalghe: *Enrico Cecchi, Michela Ria* - ARPAT, Settore Mare

Analisi nutrienti, granulometria, analisi chimiche: ARPAT, Laboratori Area Vasta Costa e Area Vasta Centro

Editing e copertina: ARPAT, Settore Comunicazione, informazione e documentazione

Immagine di copertina: wirestok - Freepik

ARPAT 2020

Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana

Via Nicola Porpora, 22 - 50144 Firenze - tel. 055 32061

www.arpat.toscana.it

Indice

1. Sintesi della relazione.....	5
2. Introduzione.....	8
3. Stato Ecologico e stato chimico delle acque marino costiere.....	10
3.1 Stato ecologico: elementi di qualità biologica.....	10
3.2 Stato chimico.....	14
4. Struttura della rete di Monitoraggio.....	16
5. Risultati e Classificazione.....	18
5.1 Stato ecologico.....	18
5.1.1 Biomassa fitoplanctonica: popolamenti fitoplanctonici e clorofilla a.....	18
5.1.2 Macroinvertebrati bentonici.....	27
5.1.3 Macroalghe.....	28
5.1.4 Angiosperme: praterie a <i>Posidonia oceanica</i>	30
5.1.5 Elementi di qualità fisico–chimica a sostegno e idromorfologici.....	35
5.2 Stato chimico.....	41
5.2.1 Sostanze chimiche appartenenti all’elenco di priorità: acqua.....	41
5.2.2 Biota.....	43
5.2.2.1 Molluschi.....	45
5.2.2.2 Pesci.....	46
6. Sedimenti.....	50
7. Conclusioni.....	54
7.1 Stato ecologico: dati preliminari del I° anno del triennio 2019-2021.....	54
7.2 Stato chimico: dati preliminari del I° anno del triennio 2019-2021.....	56
Normativa di riferimento.....	59
Bibliografia.....	61

Parole chiave.

Corpo idrico, acque marino costiere, stato chimico, stato ecologico, sedimenti, biota.

1. Sintesi della relazione

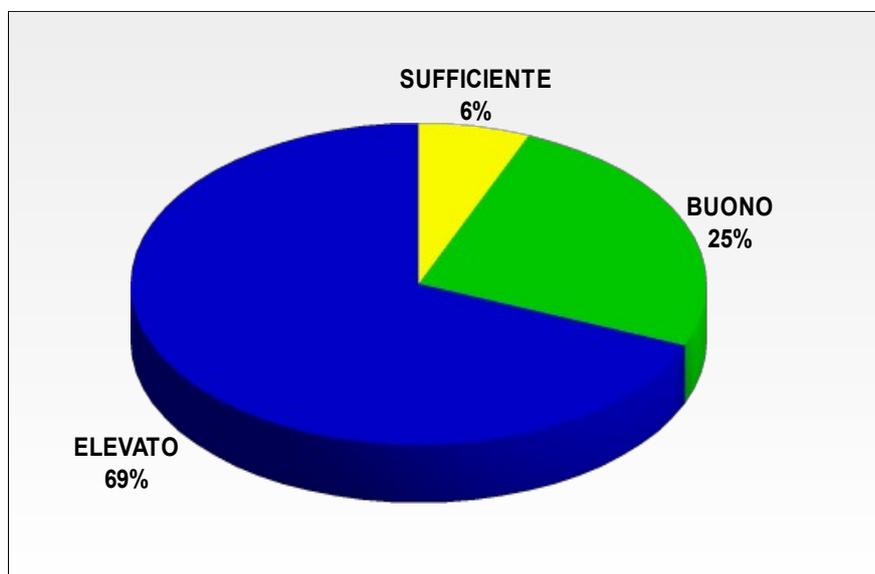
La classificazione dei corpi idrici costieri viene determinata in base allo stato ecologico, secondo le indicazioni del D.M. 260/2010 e le successive modifiche apportate dalla Decisione della Commissione Europea 2018/229/UE, e allo stato chimico, in base a quanto stabilito dal D.Lgs 172/2015 e alla DGRT 264/2018. La rete di monitoraggio è stata pianificata in accordo con la Regione Toscana (DGRT 608/15) e comprende, per ciascun corpo idrico, uno o più siti di campionamento, per un totale di 19 stazioni e 16 corpi idrici.

I campionamenti sono effettuati tramite il battello Poseidon, utilizzato per raccogliere campioni di acqua e sedimento per le successive analisi, oltre che come imbarcazione di appoggio per rilievi subacquei su popolamenti a macroalghe e praterie di *Posidonia oceanica*.

In ciascuna stazione viene monitorato, secondo i parametri definiti dalla norma e descritti nei paragrafi successivi, lo stato di qualità ambientale.

Lo **Stato ecologico** descrive la qualità delle acque combinando i diversi elementi biologici, quali fitoplancton, macroalghe, *Posidonia oceanica*, macrozoobenthos, il livello trofico delle acque (indice TRIX*) e la presenza di sostanze chimiche non prioritarie nelle acque (tabella 1/B “Stato delle acque superficiali” del D.Lgs 172/2015). L’elaborazione definitiva dello stato ecologico si avrà alla fine del 2021 con la media dei risultati del triennio (2019-2021) per l’EQB biomassa fitoplanctonica e TRIX, e la completa effettuazione degli altri EQB (macrozoobenthos, macrofite e *Posidonia oceanica*) che hanno cadenza triennale. I possibili livelli di classificazione sono 5, in ordine decrescente di qualità ambientale: “Elevato”, “Buono”, “Sufficiente”, “Scarso”, “Cattivo”.

Il giudizio sulla qualità ecologica da ritenersi pertanto provvisorio e relativo al solo 2019 risulta **ELEVATO/BUONO** per tutti i corpi idrici indagati, fatta eccezione per Costa pisana che risulta in Classe **SUFFICIENTE**, per l’elevata presenza di di biomassa fitoplanctonica.



Lo **Stato chimico** descrive la qualità dei corpi idrici in base alla presenza di sostanze chimiche prioritarie nelle acque e nel biota (tabelle 1/A del D.Lgs. 172/2014). I possibili livelli di classificazione sono 2: “Buono” o “Non buono”.

I dati indicano una riduzione dei livelli di TBT nella matrice **acqua** rispetto al triennio precedente: non vengono mai rilevati superamenti del SQA – CMA, e il superamento dello standard di qualità ambientale concentrazione media annuale si ha solo per i corpi idrici di Costa del Serchio e Costa pisana. Per quanto riguarda il **mercurio**, due corpi idrici non rispondono ai requisiti richiesti dal D.Lgs. 172/2015 e dal DGRT 264/2018: pertanto Costa pisana e Costa del Cecina non sono conformi per il mercurio. Il **benzo[a]pirene**, supera l'SQA-MA in Costa Versilia. Tutte le altre sostanze dell'elenco di priorità risultano inferiori allo standard ambientale e per lo più le loro concentrazioni sono al di sotto del limite di quantificazione.

Classificando in base alla sola matrice acqua, il 75% dei corpi idrici della Toscana risulta essere in uno stato chimico BUONO.

Le analisi condotte sugli organismi di *Mytilus galloprovincialis* indicano che le concentrazioni rilevate per il fluorantene e il benzo[a]pirene sono, in tutte le stazioni monitorate, minori del limite di quantificazione. Risultano inoltre inferiori allo standard di qualità ambientale anche le concentrazioni di Diossina e composti diossina simili.

Le analisi per determinare la presenza del **mercurio** nei pesci hanno indicato una situazione di bioaccumulo di questo metallo lungo tutta la costa, con superamenti dello standard ambientale in tutte le stazioni campionate. In base alle linee guida il valore ottenuto è stato normalizzato in base al peso secco e confrontato con SQA normalizzato sulla base anche del livello trofico del pesce campionato. Anche per l'acido perfluorottansolfonico (**PFOS**) lo standard ambientale normalizzato delle linee guida è espresso come µg/kg peso secco, pertanto i dati sono stati normalizzati e confrontati con i relativi SQA_{biota} normalizzati in relazione al livello trofico del pesce analizzato. In base alla normalizzazione in peso secco e al livello trofico del pesce analizzato nel 2019, risultano non conformi 8 corpi idrici su 16 (Costa Pisana, Costa livornese, costa del Cecina, Costa Punt'Ala, Costa dell'Ombrone, Costa Uccellina, Costa Albegna e Costa Argentario). Le concentrazioni di dicofol, esaclorobutadiene e esaclorobenzene devono essere normalizzate sulla base del contenuto lipidico del 5%, poiché questo valore standard è stato utilizzato nella derivazione degli SQA_{biota} riferito ai pesci. Il **dicofol** e l'**esaclorobutadiene** risultano conformi in tutti i corpi idrici indagati, l'**esaclorobenzene**, invece, presenta superamenti dello standard ambientale nei corpi idrici di Costa livornese e Costa dell'Uccellina. Il DDT e la somma di diossine, furani e policlorobifenili diossina simili (PCDF+PCDD+PCB-DL) non necessitano di una standardizzazione. Per il **DDT** non sono stati riscontrati superamenti dello

standard di qualità ambientale, mentre per **PCDF+PCDD+PCB-DL** solo un corpo idrico, Costa Livornese, presenta una concentrazione maggiore del SQA_{biota} .

Classificando in base alla matrice biota il 100% dei corpi idrici monitorati della Toscana risulta essere in uno stato chimico NON BUONO.

2. Introduzione

La Direttiva Europea 2000/60/CE (Water Framework Directive, WFD), recepita a livello nazionale dal D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. e dal D.Lgs. 30/2009, ha istituito un quadro di riferimento per l'azione comunitaria in materia di tutela quali-quantitativa delle acque al fine di realizzare una politica sostenibile a lungo termine per l'uso e la protezione di tutte le acque interne (superficiali e sotterranee), di transizione e marino costiere. In sintesi la Direttiva si propone di:

- mantenere il buono stato delle acque;
- prevenire il loro ulteriore deterioramento;
- proteggere e migliorare le condizioni degli ecosistemi acquatici, delle zone umide che dipendono direttamente da questi e dagli ecosistemi terrestri, in considerazione della loro necessità di acqua;
- mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici e sostenere la biodiversità delle comunità animali e vegetali.

Per stabilire lo stato di qualità ambientale dei corpi idrici e valutare il raggiungimento o meno del buono stato ambientale, le autorità competenti devono pertanto attuare programmi di monitoraggio in modo tale da poter mettere in atto le contromisure necessarie al raggiungimento dell'obiettivo dato dalla Direttiva. Il D.Lgs. 152/2006 dà mandato alle Regioni di attuare il monitoraggio dei corpi idrici, attività che rappresenta uno strumento utile e necessario per conoscere lo stato della risorsa idrica e fornire un supporto alla pianificazione a livello territoriale di azioni di risanamento. Il monitoraggio inoltre consente di verificare nel tempo se le misure adottate sono state efficaci o meno. Ad ARPAT, in quanto ente tecnico di supporto alla Regione Toscana, è stato affidato il compito di svolgere le attività di monitoraggio dello stato della qualità ambientale dei corpi idrici.

Con il D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. vengono definite le modalità con cui effettuare la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici: in particolare, per le acque marino costiere, sono previsti vari elementi per la definizione dello Stato Ecologico e contaminanti inorganici/organici nella matrice acqua per la definizione dello Stato Chimico. Il successivo D.M. 56/2009 definisce i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento e, in All.1, le modalità per il monitoraggio dei corpi idrici individuando gli elementi qualitativi per la classificazione dello Stato Ecologico e dello Stato Chimico. Infine, nel successivo DM 260/2010, recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, sono definite le modalità per la classificazione dei corpi idrici da effettuare al

termine del ciclo di monitoraggio. Il DM 260/2010, a seguito dell'emanazione della Decisione della Commissione europea 2018/229/UE del 12/02/2018, ha successivamente subito modifiche riguardanti i valori di delimitazioni tra classi di qualità.

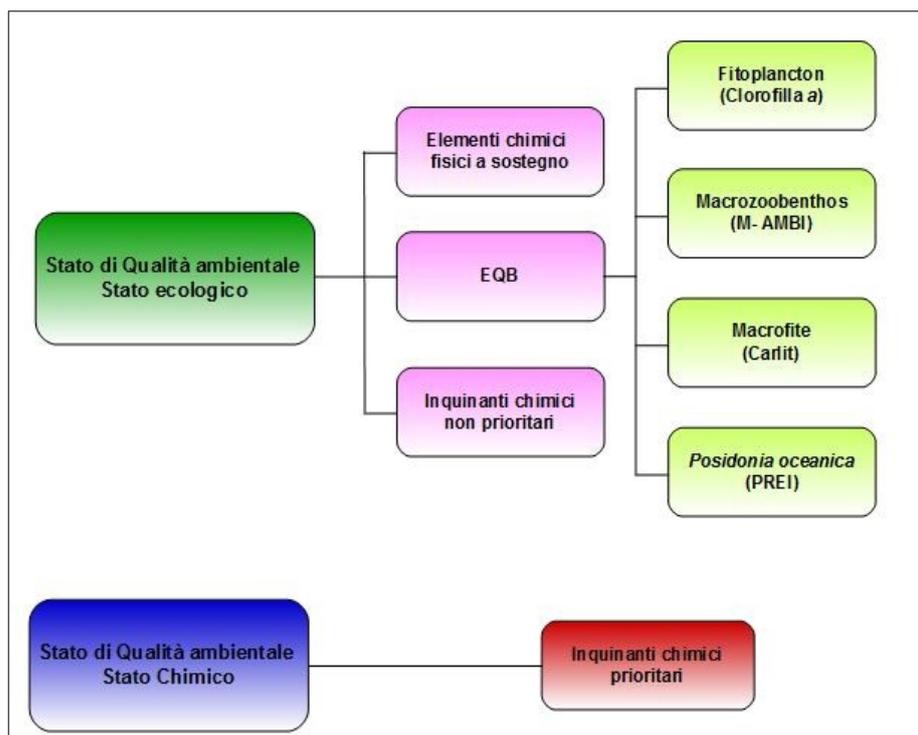
Per quanto riguarda invece lo stato chimico, lo Stato italiano ha emanato il D.Lgs. 172/15 in attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie. Il provvedimento aggiunge 12 nuovi inquinanti alle 33 sostanze prioritarie già individuate per la loro pericolosità. Le sostanze aggiunte derivano da prodotti fitosanitari, biocidi, sostanze chimiche industriali e sottoprodotti di combustione. Il D.Lgs 172/15 modifica il Codice dell'Ambiente (D.Lgs 152/06) intervenendo sugli articoli 74 (definizioni) e 78 (Standard di qualità ambientale) e sull'allegato I alla Terza parte. L'obiettivo è quello di raggiungere il buono stato chimico delle acque entro il 2021 per le le sostanze chimiche individuate in passato e entro il 2027 per le nuove 12 sostanze.

Inoltre, in accordo con il punto 7 del capoverso A.2.8 Allegato 1 alla parte III del D.Lgs. 152/06, la Regione Toscana ha dato mandato ad ARPAT di verificare e stabilire quali fossero i valori di fondo naturali in acqua e sedimenti: la presenza di metalli in concentrazioni superiori agli standard ambientali, rilevata nel periodo di monitoraggio 2010-2013, faceva presupporre infatti un'ipotetica origine naturale. I risultati dello studio pubblicato da ARPAT "Studio per la definizione dei Valori di Fondo naturale nei sedimenti e nelle acque marino costiere" sono stati recepiti con DGRT 1273/2016 ed utilizzati per modificare gli standard di qualità ambientale stabiliti dalle tabelle 1/A e 1/B. Tale delibera è stata successivamente modificata, con sostituzione dell'allegato A con allegato B nella successiva delibera regionale n. 264 del 20/3/2018.

3. Stato Ecologico e stato chimico delle acque marine costiere

La classificazione dei corpi idrici costieri viene determinata in base allo stato ecologico, secondo le indicazioni del D.M. 260/2010 e le successive modifiche apportate dalla Decisione della Commissione Europea 2018/229/UE, e allo stato chimico, in base a quanto stabilito dal D.Lgs 172/2015 e alla DGRT 264/2018.

Figura 3.1 - Classificazione dei corpi idrici



3.1 Stato ecologico: elementi di qualità biologica

La classificazione dello stato ecologico viene determinata **al termine di un ciclo triennale** di campionamenti per il **monitoraggio operativo** e definita tramite la valutazione di:

- elementi di natura biologica:
 - a) *biomassa fitoplanctonica*;
 - b) *macrozoobenthos*;
 - c) *macrofite*;
 - d) *angiosperme (Posidonia oceanica)*.
- elementi chimico fisici e idromorfologici a supporto
- inquinanti chimici non prioritari.

Biomassa fitoplanctonica – Viene stimata in funzione della quantità di clorofilla *a* misurata in superficie. In questo caso occorre fare riferimento ai rapporti di qualità ecologica (RQE) ma anche ai valori assoluti, espressi in mg/m³ di concentrazione di clorofilla *a*. Secondo questo EQB la classificazione dello stato ecologico di un corpo idrico deve tener conto, per il confronto con i valori della tabella, della variazione, in un periodo di almeno un anno, della clorofilla *a*. Ogni corpo idrico viene monitorato con frequenza bimestrale. Alla fine del ciclo del monitoraggio operativo si ottengono per ciascun corpo idrico 3 valori di clorofilla *a*, uno per ogni anno di monitoraggio: il valore da attribuire al sito è dato dalla media di questi 3 valori.

Macrozoobenthos – Per i macroinvertebrati bentonici si applica l'Indice M-AMBI: questo è un indice multivariato che deriva da una evoluzione dell'AMBI integrato con l'Indice di diversità di Shannon-Wiener e il numero di specie (S). La modalità di calcolo dell'M-AMBI prevede l'elaborazione delle suddette 3 componenti con tecniche di analisi statistica multivariata. Il valore dell'M-AMBI varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Ogni corpo idrico viene esaminato con cadenza triennale.

Macrofite – Il metodo da applicare per la classificazione del EQB macroalghe è il CARLIT (CARtografia LITorale). Il metodo prende in considerazione le comunità superficiali di macroalghe del substrato roccioso che, rispondendo in tempi relativamente brevi a cambiamenti delle condizioni ambientali, sono adatte al monitoraggio dello stato ecologico delle acque marine. Ogni corpo idrico viene monitorato con frequenza triennale.

Angiosperme – Il giudizio di qualità ecologica per la prateria a *Posidonia oceanica* è calcolato mediante l'indice ecologico PREI (Posidonia Rapid Easy Index), che integra a livello informativo gli effetti di differenti cause riconducibili agli impatti delle attività antropiche quali le alterazioni fisiche, chimiche e biologiche, indotte da agenti inquinanti nelle acque e nei sedimenti, o da significative alterazioni fisico-morfologiche del tratto costiero (Gobert *et al.*, 2009). L'indice viene calcolato elaborando i dati relativi ai seguenti parametri: densità foliare per fascio, biomassa degli epifiti, biomassa foliare, profondità e tipologia del limite inferiore. Il valore del PREI varia da 0 a 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Il risultato finale dell'applicazione dell'Indice PREI non fornisce un valore assoluto, ma direttamente il rapporto di qualità ecologica (RQE). Lo stato cattivo corrisponde ad una recente non sopravvivenza di *P. oceanica*, ovvero alla sua scomparsa da meno cinque anni. Anche in questo caso ogni corpo idrico viene monitorato con frequenza triennale.

Una volta analizzati questi elementi biologici e calcolati i loro indici, si procede ad assegnare una prima classificazione che dovrà essere confermata o modificata, tramite l'utilizzo degli elementi di qualità fisico-chimica e degli inquinanti chimici non prioritari.

Elementi chimico fisici a sostegno – Nell’ambito delle acque marino costiere gli elementi di qualità fisico-chimica, quali ossigeno disciolto, nutrienti, concorrono alla definizione dello stato ecologico stesso, mentre gli elementi idromorfologici (regime correntometrico, esposizione moto ondoso, profondità e composizione del substrato) devono essere utilizzati per migliorare l’interpretazione dei risultati.

La temperatura e la salinità contribuiscono alla definizione della densità dell’acqua di mare e, quindi, della stabilità, parametro su cui è basata la tipizzazione su base idrologica. Dalla stabilità della colonna d’acqua discende la tipo-specificità delle metriche e degli indici utilizzati per la classificazione degli EQB.

La trasparenza, misurata tramite Disco Secchi, è impiegata come elemento ausiliario per integrare e migliorare l’interpretazione del monitoraggio degli EQB, in modo da pervenire all’assegnazione di uno stato ecologico certo.

Al fine di misurare il livello trofico degli ambienti marino costieri e per segnalare eventuali scostamenti significativi di trofia in aree naturalmente a basso livello trofico, viene utilizzato **l’indice trofico TRIX** (Figura 3.2), una combinazione di ossigeno in saturazione, clorofilla *a* e nutrienti. Il giudizio espresso per ciascun EQB deve essere coerente con il limite di classe di TRIX: in caso di stato ecologico “buono” il corrispondente valore di TRIX deve essere minore della soglia macrotipo-specifica; nel caso delle coste toscane questo valore è uguale a 4,0. Considerando che il monitoraggio degli elementi chimico fisici è annuale, verrà attribuito al corpo idrico, allo scadere dei 3 anni, un valore pari al valore medio dei 3 TRIX ottenuti durante il ciclo di monitoraggio.

Figura 3.2 - Indice trofico TRIX

$$\text{Indice Trofico TRIX} = (\text{Log}(\text{Chl } a \cdot |\text{OD\%}| \cdot N \cdot P) - (-1,5))/1,2$$

dove:

Chl *a* = Clorofilla “a” in µg/L

OD% = percentuale di ossigeno disciolto espresso come valore assoluto della saturazione

N = azoto solubile (N-NO₃, N-NO₂, N-NH₃) in µg/L

P = fosforo totale.

Inquinanti chimici non prioritari – Il D.Lgs 172/2015 sostituisce la tabella 1/B del DM 260/2010 con una tabella analoga che aggiorna le sostanze da ricercare. In base alle

conoscenze del territorio e alle pressioni ambientali su di esso esercitate, ARPAT ha condotto indagini sulla matrice acqua per la ricerca degli analiti riportati nella tabella 3.1.

Tabella 3.1 - Inquinanti chimici non prioritari

Metalli	Aniline e derivati	Idrocarburi Aromatici clorurati
Arsenico	2-Cloroanilina	Clorobenzene
Cromo totale	3- Cloroanilina	1,2 Diclorobenzene
	4- Cloroanilina	1,3 Diclorobenzene
Alofenoli	3, 4 Dicloroanilina	1,4 Diclorobenzene
2-Clorofenolo	Idrocarburi aromatici	2-Clorotoluene
3-Clorofenolo	Toluene	3-Clorotoluene
4-Clorofenolo	Xilene	4-Clorotoluene
2,4,5 Triclorofenolo	Idrocarburi alifatici clorurati	
2,4,6 Triclorofenolo	1,1,1 Tricloroetano	

La valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici viene effettuata sulla base della *tabella 4.5/a "Definizione dello stato ecologico elevato, buono, e sufficiente per gli elementi chimici a sostegno"* del DM 260/2010, modificata con il D.Lgs. 172/2015 che definisce Elevato lo stato di qualità per gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB quando la *"media delle concentrazioni delle sostanze di sintesi, misurate nell'arco di un anno, sono minori o uguali ai limiti di quantificazione delle migliori tecniche a costi sostenibili. Le concentrazioni delle sostanze di origine naturale ricadono entro i livelli di fondo naturale."*

3.2 Stato chimico

Il D.Lgs 172/2015 prevede che, “ai fini della classificazione delle acque superficiali, il monitoraggio chimico” venga eseguito “nella colonna d'acqua e nel biota”, introducendo (art. 78) “standard di qualità ambientale” (SQA) obbligatori anche per questa seconda matrice (biota), distinguendo quali parametri ricercare nei pesci e nei molluschi/gasteropodi. Nella tabella 3.2 sono riportate le sostanze prioritarie che vengono ricercate da ARPAT nella matrice acqua, secondo quanto riportato nella tabella 1/A del D.Lgs. 172/2015.

Tabella 3.2 - Inquinanti chimici monitorati nella matrice acqua

Metalli	IPA	Prodotti fitosanitari e biocidi	
Cadmio e composti	Benzene	Aldrin	Atrazina
Mercurio e composti	Benzo(a)pirene	Dieldrin	Simazina
Nichel e composti	Benzo(b)fluoranthene	Endrin	Diuron
Piombo e composti	Benzo (k)fluoranthene	Isodrin	Isoproturon
	Benzo(g,h,i)-perilene	DDT totale	Clorfenvinfos
Composti organici semivolatili	Indeno(1,2,3-cd)-pirene)	p.p'-DDT	Clorpirifos
Tetracloruro di carbonio	Antracene	Endosulfan	Alaclor
Pentaclorobenzene	Fluorantene	Esaclorocicloesano	Trifluralin
Di(2-etilesiltalato)	Naftalene	Esaclorobenzene	Pentaclorofenolo
4- Nonilfenolo	Idrocarburi alifatici clorurati		
Ottilfenolo	1,2-Dicloroetano	Organo metalli	
Difenileteri bromurati	Diclorometano	Tributilstagno composti	
	Esaclorobutadiene	Idrocarburi aromaticiclorurati	
	Triclorometano	Triclorobenzeni	
	Tetracloroetilene		
	Tricloroetilene		

La matrice biota viene monitorata da ARPAT dal 2017 prima come programma sperimentale e poi come routinario: il monitoraggio ha cadenza annuale e le analisi eseguite su campioni di pesci/mitili sono quelle indicate dalla tabella 1/A del D.Lgs. e riportate nella successiva tabella 3.3. Per questo particolare tipo di monitoraggio si fa riferimento alle linee guida emanate da ISPRA in ottemperanza al D.Lgs 172/15 (Art. 78-undecies comma g), “Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs 172/15)”.

Tabella 3.3 - Inquinanti chimici monitorati nella matrice biota

Pesci	Molluschi
Esaclorobenzene	Fluorantene
Esaclorobutadiene	Benzo[a]pirene
Mercurio	Diossine e composti diossina simili
DDT totale (somma isomeri)	
Diossine e composti diossina simili	
PFOS	
Dicofol	

Il D.Lgs 172/15 specifica chiaramente che la classificazione delle acque superficiali debba essere eseguita nella colonna d'acqua e nel biota: le Regioni e le Province autonome possono utilizzare, limitatamente alle sostanze riportate nella tabella 2/A, la matrice sedimento al fine della classificazione dei corpi idrici marino costieri e di transizione.

ARPAT ha eseguito campionamenti dei sedimenti marini integrando tutti i parametri contenuti nella tabelle 2/A, 3/A e 3/B del D.Lgs.172/15 (Tabella 3.4) con l'obiettivo di avere una continuità di informazioni sui sedimenti per una migliore interpretazione dei dati ambientali. Il campionamento è previsto con frequenza annuale.

Tabella 3.4 - Inquinanti chimici monitorati nella matrice sedimenti

Parametri comuni alla tabella 2/A e 3/B		Parametri Tabella 3/A	Parametri tabella 3/B
Cadmio	α -esaclorocicloesano	Benzo [a] Pirene	Arsenico
Mercurio	β -esaclorocicloesano	Benzo[B]Fluorantene	Cromo totale
Piombo	γ -esaclorocicloesano	Benzo[ghi]Perilene	Cromo VI
Antracene	DDT	Benzo[K]Fluorantene	PCB totali
Naftalene	DDD	Indenopirene	
Aldrin	DDE	Fluorantene	
Dieldrin	TBT	Esaclorobenzene	
		Σ T.E. PCDD, PCDF (diossine e furani e PCB diossina simili)	

4. Struttura della rete di Monitoraggio

Il DM 131/2008, recepito dalla Regione Toscana con il DGRT 416/2009, recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici, definisce le metodologie per effettuare la tipizzazione delle acque superficiali, l'individuazione dei corpi idrici superficiali e l'analisi delle pressioni e degli impatti. I criteri per la tipizzazione dei corpi idrici consentono la caratterizzazione delle acque costiere con valori medi annuali di stabilità verticale (N) della colonna d'acqua secondo le tre tipologie:

alta stabilità	$N \geq 0,3$
media stabilità	$0,15 < N < 0,3$
bassa stabilità	$N \leq 0,15$

Tutta la fascia marino costiera continentale e insulare della Toscana ricade, dal punto di vista idrologico, nella tipologia Bassa Stabilità macrotipo 3, ovvero tutta la zona è caratterizzata da siti costieri non influenzati da apporti d'acqua dolce continentale. Integrando la classe di stabilità con le classi di tipologia costiera basate su descrittori geomorfologici, ai corpi idrici toscani sono state attribuite le seguenti classi: A3 (rilievi montuosi- bassa stabilità), E3 (Pianura alluvionale-bassa stabilità) e F3 (Pianura di dune - bassa stabilità). In generale in Toscana si distinguono:

- coste alte e rocciose (morfotipo a falesia) molto diffuse nella zona a Sud di Livorno (da Calafuria a Quercianella), nei promontori di Piombino, di Punta Ala, dell'Argentario, (da Cala di Forno - Parco dell'Uccellina a Talamone) e nelle isole dell'Arcipelago Toscano (Capraia, Elba, Giglio, Gorgona e Montecristo).
- coste basse a litorale dritto, brevi tratti a litorale stretto o di delta (foci dell'Arno e dell'Ombrone).
- cordoni di duna talvolta soggetti a fenomeni erosivi.

La Regione Toscana, con la DGRT 100/2010, ha approvato una prima rete di monitoraggio dei corpi idrici toscani ai sensi della Direttiva Europea, aggiornandola, relativamente ai corpi idrici marino costieri, una prima volta con la DGRT 550/2014 e successivamente con la DGRT 608/2015; quest'ultima delibera prevede il monitoraggio di 16 corpi idrici con 19 stazioni, lungo i 442 Km di litorale (Figura 4.1). Per le coordinate dei punti di campionamento relative alle singole matrici indagate, si rimanda alla DGRT 608/2015.

Figura 4.1 - Aree monitorate nel triennio 2016-2018



Costa Versilia	Marina di Carrara
Costa del Serchio	Nettuno
Costa Pisana	Fiume Morto
Costa Livornese	Antignano
Costa di Rosignano	Rosignano
Costa del Cecina	Mar. Castagneto
Costa Piombino	Salivoli
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord (Portoferraio) Elba Sud (Mola)

Costa Follonica	Carbonifera
Costa del Bruna	Foce Bruna
Costa Ombrone	Foce Ombrone
Costa dell'Uccellina	Cala di Forno
Costa Albegna	Foce Albegna
Costa Argentario	Porto S. Stefano
Costa Burano	Ansedonia
Arcipelago Isole Minori	Giglio Montecristo Capraia

Tutte le indagini sono state effettuate tramite l'utilizzo del battello Poseidon, indispensabile per il prelievo sia dei campioni di acqua sia di sedimento, sia dei parametri biologici, costituendo la base di appoggio per gli operatori subacquei.

5. Risultati e Classificazione

L'anno 2019 è stato caratterizzato da intense precipitazioni, soprattutto nel periodo autunnale, che hanno interessato in particolare le zone del nord e centro Italia. Questo non ha consentito al personale ARPAT di completare l'ultima campagna dell'anno (novembre-dicembre) e sono stati effettuati prelievi solo in 6 corpi idrici su 16. Si ritiene comunque che i dati raccolti nell'arco dell'anno siano sufficienti a effettuare una corretta classificazione sia chimica che ecologica.

5.1 Stato ecologico

5.1.1 Biomassa fitoplanctonica: popolamenti fitoplanctonici e clorofilla a

Le stazioni della rete di monitoraggio per la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono state indagate con frequenza di campionamento bimestrale, per un totale di 94 campioni. L'analisi dei campioni è stata effettuata utilizzando il metodo di Uthermöl, con volumi di sedimentazione in genere di 25-50 ml (raramente e solo per le stazioni di Nettuno e Fiume Morto sono state usate camere da 10 ml). I conteggi sono stati condotti sulla base delle indicazioni riportate nelle norme UNI EN 15204 del 2006 e UNI EN 15972 del 2012.

La determinazione quali-quantitativa del fitoplancton viene effettuata in base all'abbondanza come cell/L e alla composizione di:

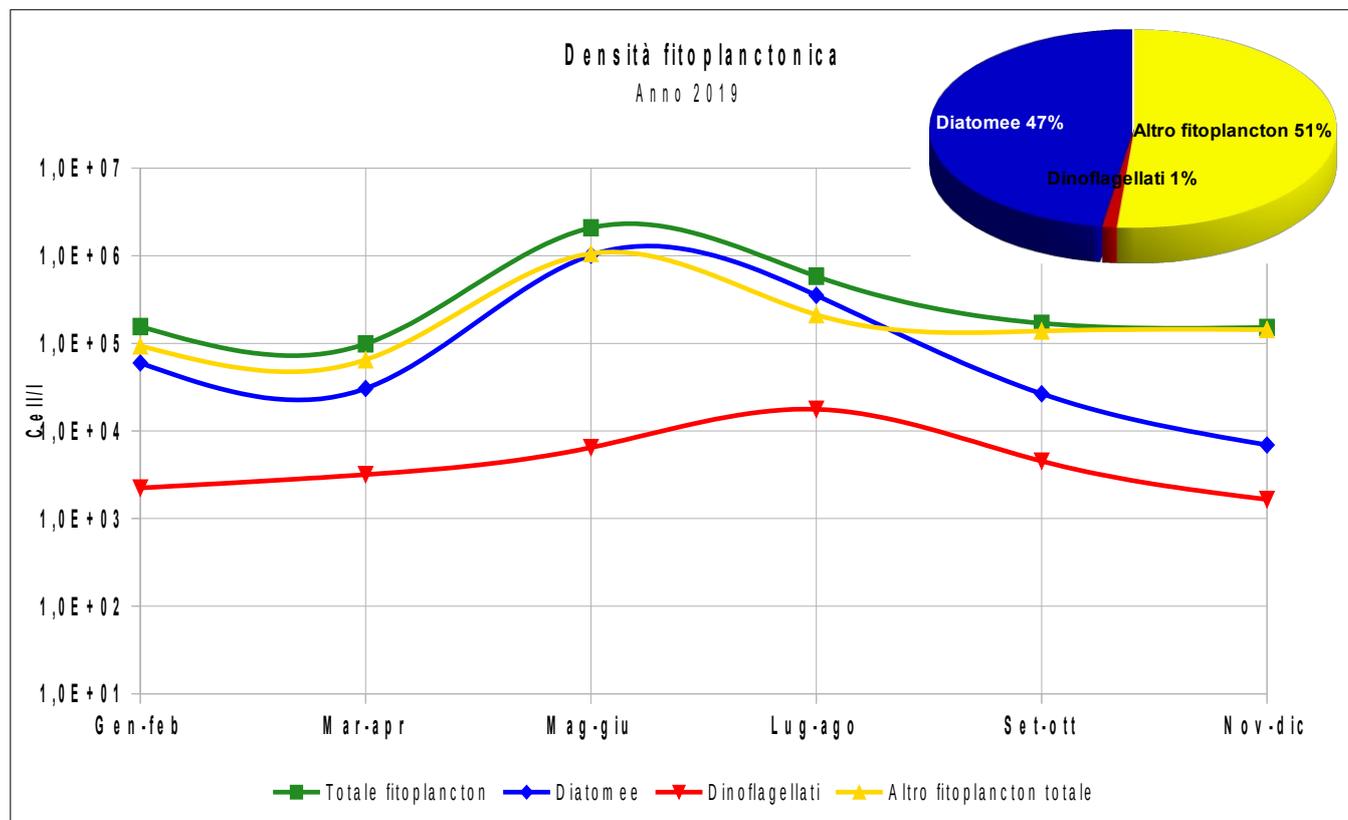
- diatomee (*phylum* Bacillariophyta);
- dinoflagellati (*phylum* Miozoa, superclasse Dinoflagellata);
- "altro fitoplancton" ovvero fitoflagellati e non, appartenente a vari *phyla* come Cyanobacteria, Chlorophyta/Charophyta, Cryptophyta, a classi come Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Rhaphidophyceae, Xantophyceae (*phylum* Ochrophyta), Coccolithophyceae (*phylum* Haptophyta), Euglenophyceae (*Phylum* Euglenozoa), a ordini come Eбриida (*phylum* Cercozoa), e infine, Altro Fitoplancton indeterminato.

L'"*Altro fitoplancton*" è composto principalmente da organismi appartenenti alla classe dimensionale del nano-fitoplancton (2-20µm), e spesso può rappresentare una frazione elevata della popolazione microalgale totale. Per la tassonomia del fitoplancton questo laboratorio fa riferimento a quanto riportato nel sito www.algaebase.ORG.

L'andamento della densità media fitoplanctonica (Figura 5.1), rilevato nel 2019, indica che l'altro fitoplancton e le diatomee rappresentano le componenti principali del popolamento fitoplanctonico (rispettivamente il 51 e il 47%) con picchi nel periodo maggio/giugno; al

contrario i dinoflagellati, circa 1%, hanno concentrazioni piuttosto basse che aumentano nel periodo estivo.

Figura 5.1 - Densità fitoplanctonica medie annuali – Anno 2019



Le diatomee rappresentano il 47% dell'intero popolamento fitoplanctonico costiero della regione: i dati medi annuali per ciascun corpo idrico, suddivisi in tre grafici sono riportati in figura 5.2. I corpi idrici situati nella zona settentrionale della Toscana presentano valori di abbondanza mediamente più alti rispetto ai restanti, e gli andamenti risultano molto diversi tra loro e tra il resto delle stazioni costiere toscane. Costa Versilia è dei tre corpi idrici quello che presenta i valori più bassi, con un unico picco che va da maggio fino ad agosto ($1,3-1,5 \times 10^5$ cell/L) dovuto alla presenza di *Pseudo-nitzschia spp.* del “*Nitzschia delicatissima Complex*” e *Leptocylindrus danicus*.

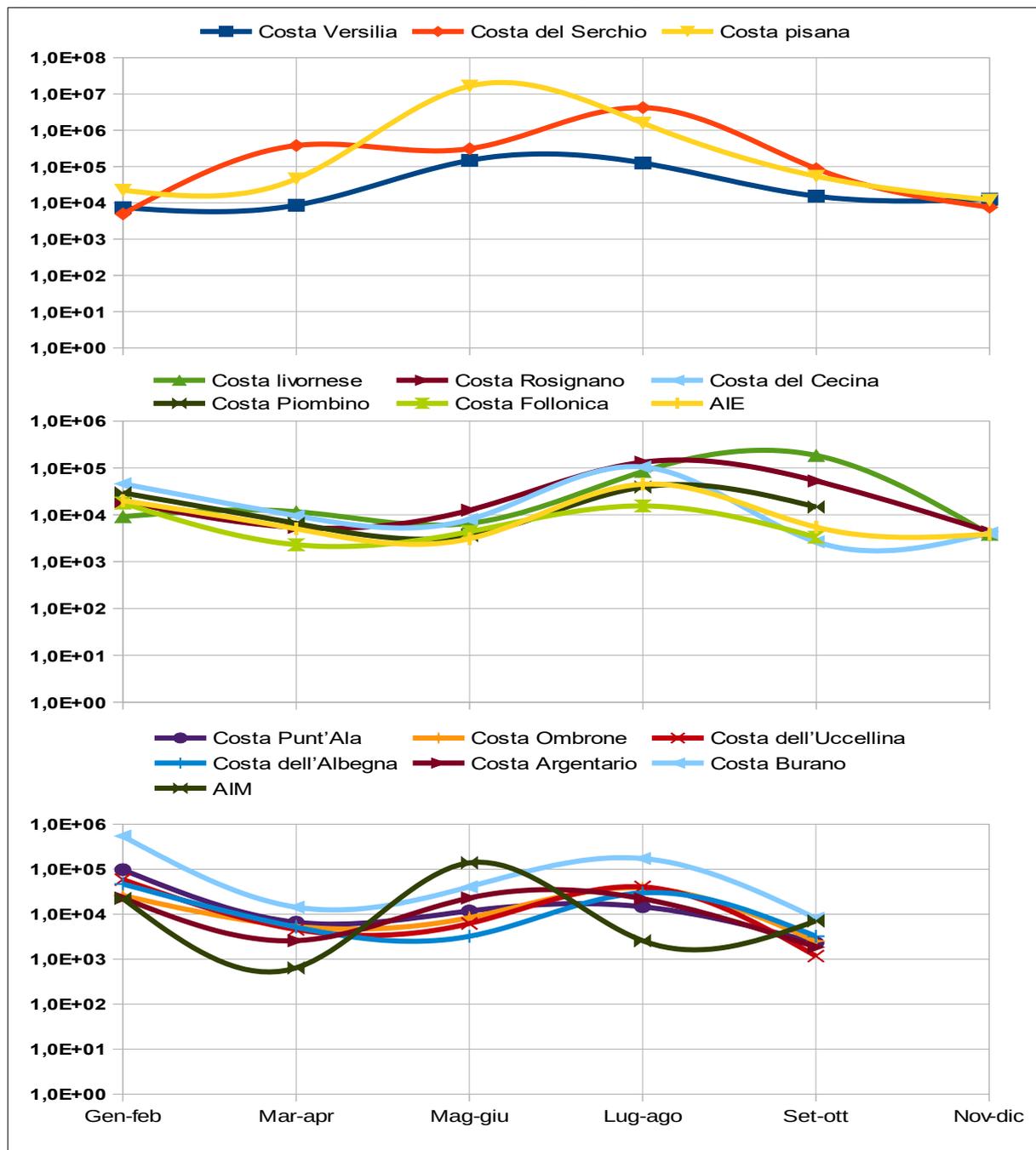
Costa del Serchio presenta i due picchi, uno a marzo/aprile e l'altro, maggiore, a luglio/agosto. Il picco primaverile è caratterizzato da un aumento della densità di microalghe per la presenza di organismi appartenenti al genere *Chaetoceros*, in particolare *Chaetoceros socialis* ($1,6 \times 10^4$ cell/L) e *Chaetoceros thronsenii* ($3,3 \times 10^5$ cell/L). L'altro picco, quello estivo, è invece prevalentemente costituito da *Cyclotella atomus* ($1,9 \times 10^5$ cell/L), *Skeletonema pseudocostatum* ($1,1 \times 10^4$ cell/L) e *Chaetoceros decipiens* ($5,7 \times 10^3$ cell/L).

Costa pisana presenta la maggiore densità di diatomee tra tutte le aree monitorate in Toscana, e in particolare presenta un picco importate nel periodo maggio/giugno, $1,7 \times 10^7$ cell/L, per la fioritura di *Skeletonema pseudocostatum*.

Il tratto centrale della costa Toscana, comprendente anche il corpo idrico Arcipelago Isola d'Elba, presenta andamenti analoghi per tutti i corpi idrici con valori maggiori nel periodo luglio/agosto. Il valore minimo in questo tratto di costa è di $4,4 \times 10^3$ cell/L in costa Follonica in marzo/aprile e il massimo di $1,8 \times 10^5$ cell/L in Costa livornese in settembre/ottobre (unico corpo idrico del tratto centrale ad avere una curva spostata con il picco massimo in questo periodo dell'anno).

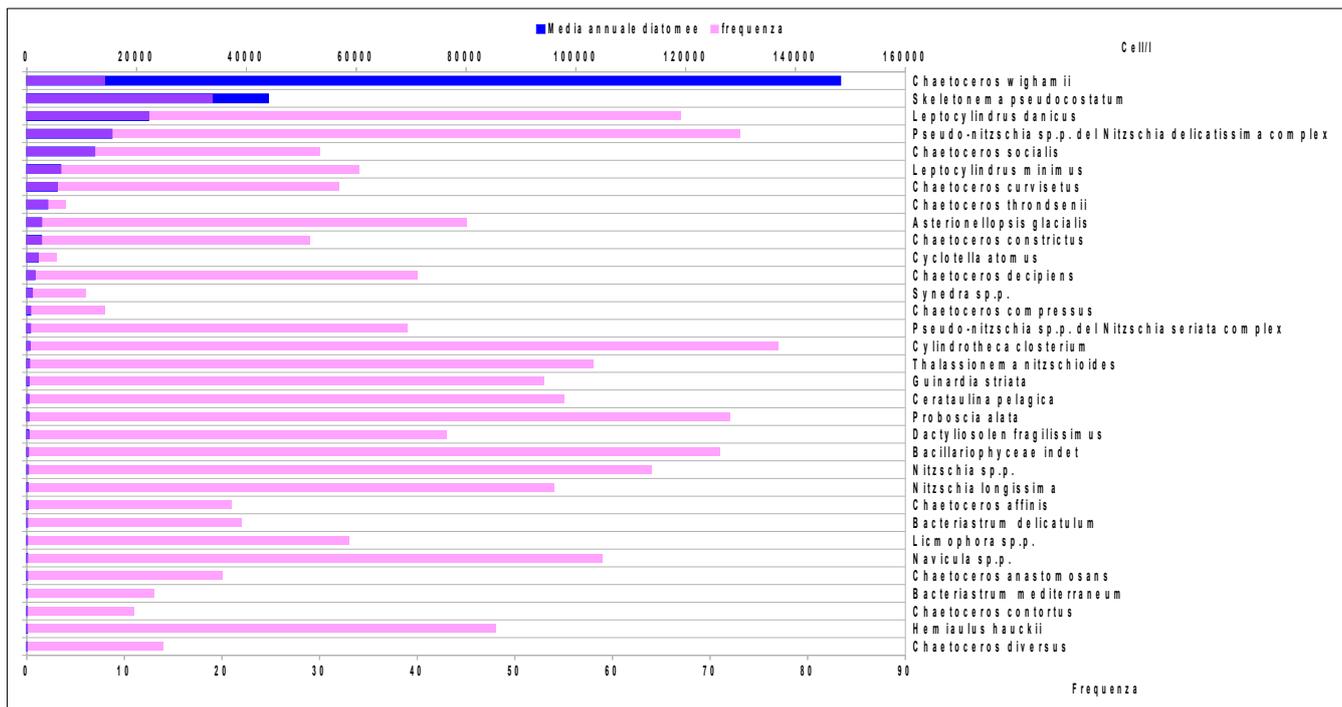
Le zone della parte meridionale, aree caratterizzate dalla presenza di diversi fiumi, presentano un unico picco massimo nel periodo luglio/agosto: le eccezioni sono costituite da Arcipelago Isole Minori con picco a maggio/giugno ($1,4 \times 10^5$ cell/L) e da costa Burano, che presenta due picchi, uno invernale e uno estivo (rispettivamente $5,4 \times 10^5$ e $4,1 \times 10^4$ cell/L).

Figura 5.2 - Andamenti medi della densità diatomee (cell/l)



Dal punto di vista delle frequenze di rilevamento (Figura 5.3), i taxa di diatomee più rappresentati sono *Cylindrotheca closterium* *Pseudo-nitzschia* spp. del “*Nitzschia delicatissima* Complex” e *Leptocylindrus danicus*. *Skeletonema pseudocostatum* ha un valore medio annuo elevato ma è dovuto agli episodi di fioritura che hanno interessato Costa del Serchio e Costa Pisana in luglio/agosto (rispettivamente $3,6 \times 10^6$ $1,1 \times 10^6$ cell/L); lo stesso vale per *Chaetoceros wighamii*, responsabile di un’unica fioritura in costa pisana a maggio giugno ($1,4 \times 10^7$ cell/L).

Figura 5.3 - Frequenze e abbondanze dei taxa dominanti (Diatomee)



Tra le diatomee rinvenute lungo la costa occorre segnalare la presenza di *Pseudo-nitzschia multistriata* (H.Takano) H.Takano 1995, una specie non indigena del bacino mediterraneo. Per “**Specie non indigene**” (Non Indigenous Species o NIS) si intendono le specie provenienti da un areale geografico noto che, accidentalmente o volontariamente, vengono introdotte in un ambiente al di fuori della loro naturale area di distribuzione. Le principali attività antropiche che contribuiscono all’introduzione di NIS sono i trasporti marittimi e l’acquacoltura: barche e navi possono trasportare NIS sia in acque di zavorra o come *biofouling*, mentre le attività di acquacoltura possono causare l’introduzione involontaria di NIS associate durante il trasporto di specie destinate all’allevamento. *Pseudo-nitzschia multistriata* (H.Takano) H.Takano 1995, è una microalga potenzialmente tossica per la produzione di tossine ASP (*Amnesic Shellfish Poisoning*) ed è facilmente riconoscibile per la tipica forma sinusoidale. Questa diatomea è stata rinvenuta soprattutto nella zona settentrionale della Toscana e presso Costa Burano, con abbondanze estremamente basse (Tabella 5.1.).

Tabella 5.1 - *Pseudo-nitzschia multistriata* (H. Takano) H. Takano 1995: ritrovamenti anno 2019

Corpo idrico	Stazione	Campagna	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> (cell/l)
Costa Versilia	Marina di Carrara	Gennaio/febbraio	78
Costa del Serchio	Nettuno	Marzo/aprile	235
		Settembre/ottobre	977
Costa Livornese	Antignano	Settembre/ottobre	465
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	Settembre/ottobre	230
Costa Burano	Ansedonia	Gennaio/febbraio	79

I **dinoflagellati** rappresentano solo 1% dell'intero popolamento fitoplanctonico costiero toscano e sono in tutti corpi idrici particolarmente abbondanti da maggio a agosto. La concentrazione massima di dinoflagellati è stata rilevata in Costa Burano ($9,5 \times 10^4$ cell/L), dovuta alla presenza di Gymnodiniales con dimensioni inferiori a $20\mu\text{m}$. Gymnodiniales con dimensioni inferiori a $20\mu\text{m}$, *Scrippsiella trochoidea* e *Prorocentrum micans* e il genere *Heterocapsa* (*H.niei*, *H. minima*, *H. sp.p.*) risultano essere i *taxa* più frequenti (Figura 5.4).

Figura 5.4 - Frequenze e abbondanze dei taxa dominanti (Dinoflagellati)

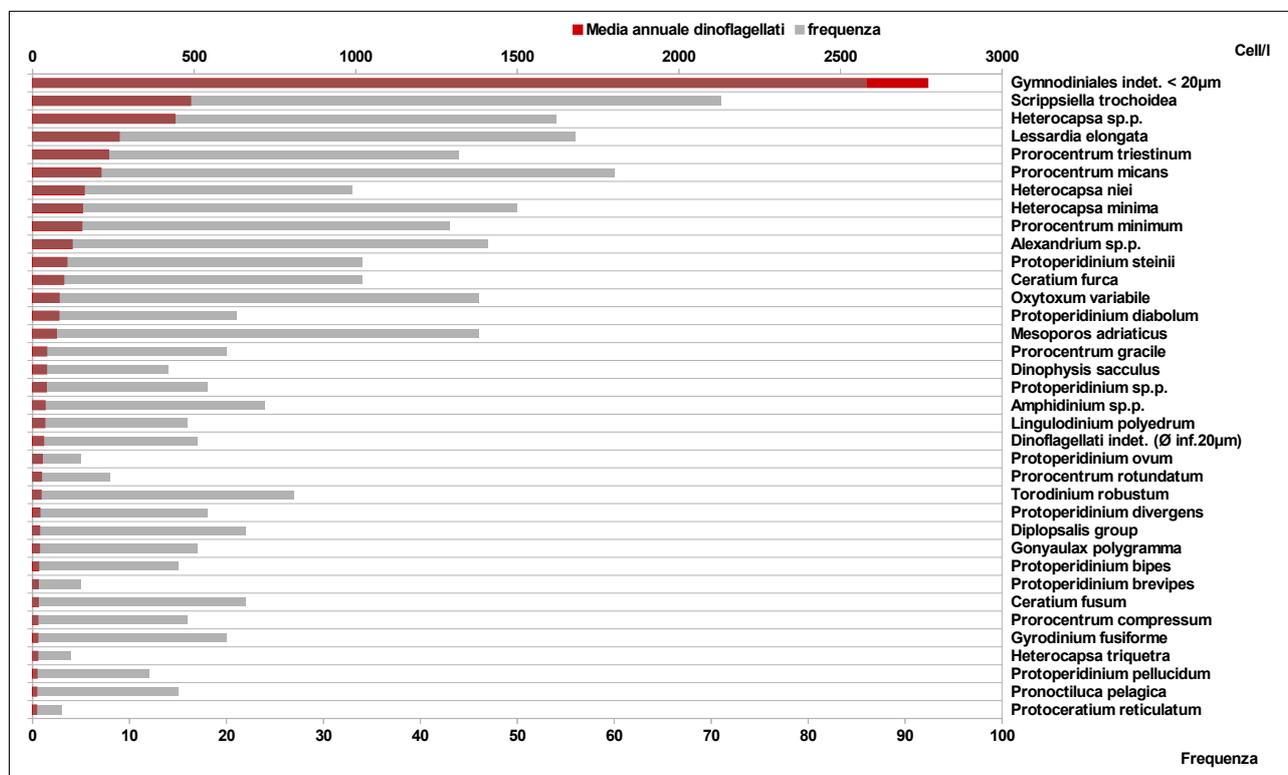
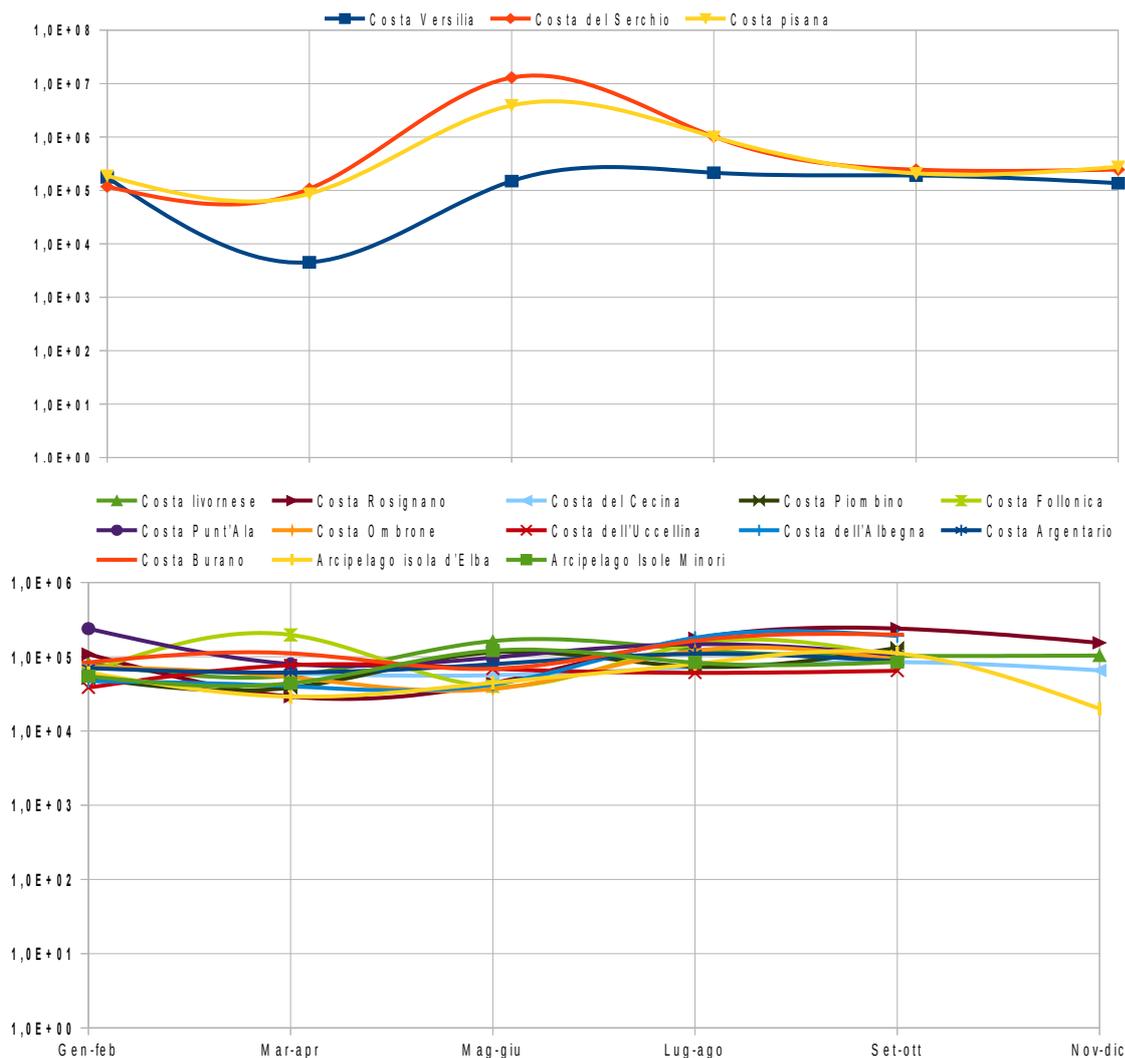
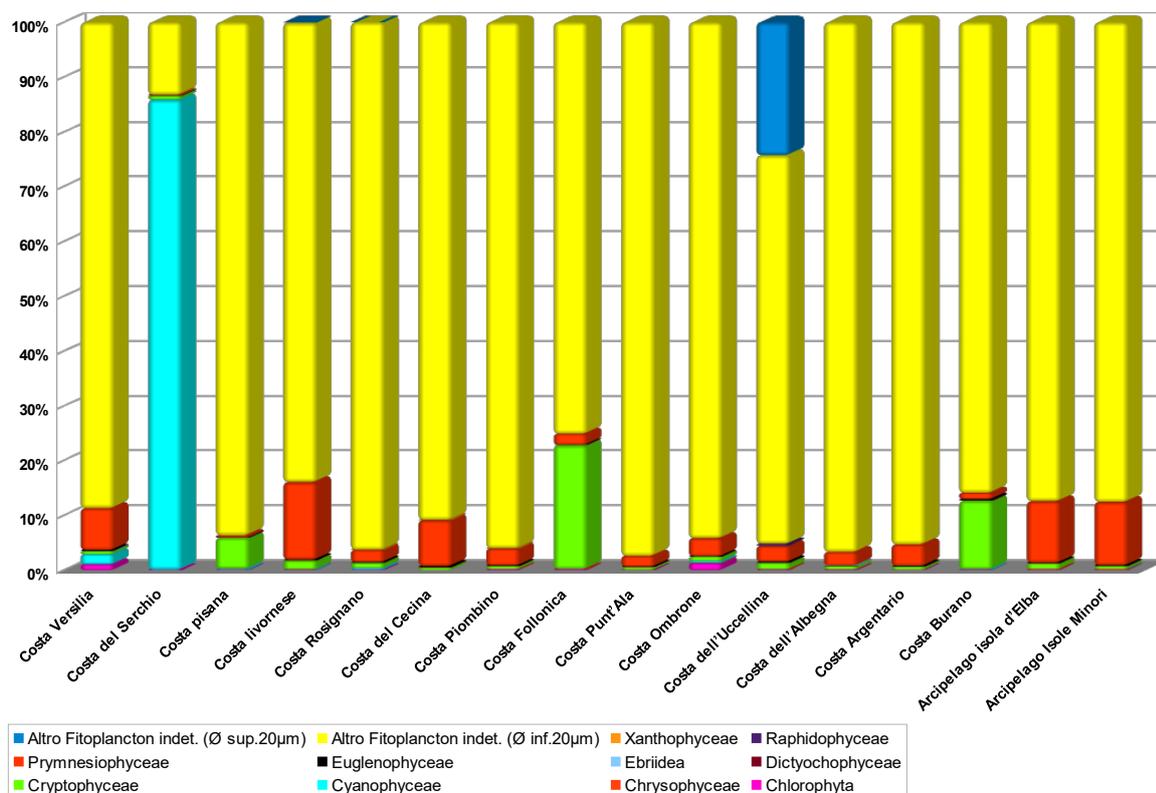


Figura 5.5 - Andamenti medi della densità altro fitoplancton (cell/l)



L'andamento del "altro fitoplancton" ha caratteristiche diverse tra la zona a nord e il resto della costa toscana (Figura 5.5): i corpi idrici centrali e meridionali mostrano durante tutto l'anno differenze di abbondanza estremamente basse, discostandosi tra loro al massimo di un ordine di grandezza (dal valore massimo di $2,4 \times 10^5$ cell/L in costa Punt'Ala a uno minimo di $2,0 \times 10^4$ cell/L in Arcipelago Isola d'Elba). La componente principale di questo variegato gruppo è costituita da flagellati e forme coccoidi con dimensioni inferiori a $20 \mu\text{m}$ (Figura 5.6). Unica eccezione è costituita da Costa del Serchio, in cui il popolamento totale è costituito per il 64% da cianobatteri: le acque del Massaciuccoli, attraverso il Canale Burlamacca, arrivano fino al mare portando con sé specie quali *Merismopedia tenuissima* e *Lyngbya limnetica* e altre cianophyceae filamentose e coccoidi tipiche di questo lago. La densità più alta di "altro fitoplancton" è stata evidenziata a maggio/giugno in Costa del Serchio, $1,3 \times 10^7$ cell/L proprio per la presenza di cianobatteri, mentre la più bassa in marzo/aprile in Costa Versilia ($4,5 \times 10^3$ cell/L).

Figura 5.6 - Composizione dell'“Altro fitoplancton”



La **biomassa fitoplanctonica** totale è espressa come mg/m³ di clorofilla *a*, come indicato dal DM 260/10 Sezione C paragrafo C.2.2.1.

La quantità di clorofilla *a* presente nella colonna d'acqua ci fornisce indicazioni sullo stato trofico del sistema, essendo in stretta relazione con la quantità di organismi autotrofi presenti all'interno del corpo idrico monitorato. Essendoci una stretta relazione tra clorofilla *a* e produzione primaria è stato scelto di utilizzare questo pigmento per valutare la biomassa fitoplanctonica.

Lo stato di qualità di ogni stazione, relativo a un anno di riferimento, è dato dal 90°percentile, applicato dopo aver normalizzato i singoli dati tramite Log-trasformazione. Se più di una stazione compone un corpo idrico, lo stato di qualità di quest'ultimo sarà dato dalla media dei dati delle stazioni che lo compongono

I dati così elaborati (Tabella 5.2), mostrano che per il 2019 tutte le stazioni monitorate e i relativi corpi idrici si trovavano in stato ecologico **ELEVATO** eccetto Fiume Morto (Corpo idrico Costa Pisana), che invece risulta essere in uno stato ecologico **SUFFICIENTE**.

Tabella 5.2 - EQB relativi all'indice di biomassa fitoplanctonica (clorofilla a) e relativa classe di qualità ecologica - Anno 2019

Corpo idrico	Stazione	Chl a (mg/m ³)	RQE	Chl a (mg/m ³)	RQE	Stato
Costa Versilia	Marina di Carrara	0.7	1.00	0.7	1.00	E
Costa del Serchio	Nettuno	1.0	0.89	1.0	0.89	E
Costa Pisana	Fiume Morto	2.0	0.45	2.0	0.45	S
Costa Livornese	Antignano	0.3	1.00	0.3	1.00	E
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0.7	1.00	0.7	1.00	E
Costa del Cecina	Marina di Castagneto	0.7	1.00	0.7	1.00	E
Costa Piombino	Salivoli	0.5	1.00	0.5	1.00	E
Costa Follonica	Carbonifera	0.3	1.00	0.3	1.00	E
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0.5	1.00	0.5	1.00	E
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0.5	1.00	0.5	1.00	E
Costa Uccellina	Cala di Forno	0.6	1.00	0.6	1.00	E
Costa Albegna	Foce Albegna	0.6	1.00	0.6	1.00	E
Costa dell'Argentario	Porto S.Stefano	0.1	1.00	0.1	1.00	E
Costa Burano	Ansedonia	0.3	1.00	0.3	1.00	E
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0.1	1.00	0.30	1.00	E
	Elba Sud	0.5	1.00			
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0.1	1.00	0.10	1.00	E
	Capraia	0.0	1.00			
	Montecristo	0.1	1.00			

5.1.2 Macroinvertebrati bentonici

Nel 2019, come da programma, sono state campionate 6 stazioni per i macroinvertebrati bentonici prelevando 3 repliche tramite la benna Van Veen (volume di 18 litri e superficie di presa di circa 0,1 m²). Le restanti stazioni di monitoraggio, poiché la frequenza è triennale, saranno campionate nella restante parte del triennio.

I dati delle frazioni granulometriche e del carbonio organico totale (TOC) sono riportati in tabella 5.3.

Tabella 5.3 - Frazioni granulometriche e carbonio organico totale (TOC)

Corpo idrico	Stazione	Frazione Granulometrica			TOC %
		Ghiaia > 2 mm - %	Sabbia Tra 2 e 0,063 mm - %	Peliti < 0,063 mm - %	
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0.3	27.9	71.8	1
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0.5	54.4	45.1	< 1
Costa Uccellina	Cala di Forno	0.2	93.4	6.4	< 1
Costa Albegna	Foce Albegna	0.3	88.2	11.5	< 1
Costa Argentario	Porto S.Stefano	0.2	3.6	96.2	1,5
Costa Burano	Ansedonia	0.4	95.6	4.0	1,1

Le stazioni sono state elaborate tramite il calcolo dell'indice M-AMBI, ottenuto utilizzando il programma AMBI 5.0 (AZTI Marine Biotic Index) e sulla base di una lista specie aggiornata al 6 giugno 2017. Nella tabella 5.4 vengono pertanto indicati gli stati ecologici di ciascuna stazione monitorata e di ciascun corpo idrico, valutato seguendo le indicazioni riportate sopra.

Tabella 5.4 - Classe di qualità ecologica: corpi idrici e singole stazioni - Anno 2019

Corpo idrico	Stazione	M-AMBI	Classe di Qualità
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0.75	B
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0.90	E
Costa Uccellina	Cala di Forno	0.87	E
Costa Albegna	Foce Albegna	0.85	E
Costa dell'Argentario	Porto S.Stefano	0.93	E
Costa Burano	Ansedonia	0.99	E

Per l'anno 2019 l'indice M-AMBI indica che delle 6 stazioni monitorate, 5 sono in la classe di qualità **ELEVATA** e una, Foce Bruna, risulta essere invece **BUONA**.

5.1.3 Macroalghe.

Nel 2019 sono state monitorate 3 stazioni relative alla matrice macroalghe: le restanti stazioni verranno campionate, come da programma, nel resto del triennio.

Come per il macrozoobenthos e le angiosperme la cadenza di questo campionamento è triennale.

Tabella 5.5 - Descrizione delle comunità e i rispettivi Sensitivity Level (SL) associati.

	Categoria	Descrizione	SL
	Trottoir (concrezioni a marciapiede)	Trottoir di <i>Lithophyllum byssoides</i> (<i>L. trochanter</i> e <i>Dendropoma</i> ¹)	20
Con popolamenti a <i>Cystoseira</i>	<i>Cystoseira brachycarpa/crinita/elegnas</i>	Popolamenti a <i>C. brachycarpa/crinita/elegnas</i>	20
	<i>Cystoseira</i> in zone riparate	Popolamenti a <i>C. barbata/foniculacea/humilis/spinosa</i>	20
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 5	Cinture continue a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	20
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 4	Cinture quasi continue a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	19
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 3	Popolamenti abbondanti a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	15
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 2	Popolamenti scarsi a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	12
	<i>Cystoseira compressa</i>	Popolamenti a <i>C. compressa</i>	12
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 1	Rare piante isolate di <i>C. amentacea/mediterranea</i> ²	10
Senza popolamenti a <i>Cystoseira</i>	<i>Dictyotales/Stypocaulaceae</i>	Popolamenti a <i>Padina/Dictyota/Dictyopteris/Taonia/Stypocaulon</i>	10
	<i>Corallina</i>	Popolamenti a <i>Corallina elongata</i>	8
	Corallinales incrostanti	Popolamenti a <i>Lithophyllum incrustans</i> , <i>Neogoniolithon brassica-florida</i> e altre Corallinales incrostanti	6
	Mitili	Popolamenti a <i>Mitilus galloprovincialis</i>	6
	<i>Pterocladia/Ulva/Schizymenia</i>	Popolamenti a <i>Pterocladia/Ulva/Schizymenia</i>	6
	<i>Ulva/Cladophora</i>	Popolamenti a <i>Ulva</i> e/o <i>Cladophora</i>	3
	Cianobatteri/ <i>Derbesia</i>	Popolamenti dominati da Cyanobatteria e/o <i>Derbesia tenuissima</i>	1
Fanerogame	<i>Posidonia – récif</i>	Praterie affioranti di <i>Posidonia oceanica</i> (<i>récif</i>)	20
	<i>Cymodocea nodosa</i>	Praterie superficiali di <i>Cymodocea nodosa</i>	20
	<i>Nanozostera noltii</i>	Praterie superficiali di <i>Nanozostera noltii</i>	20

¹ Formazioni organogene tipiche della Sicilia e di altre regioni dell'Italia meridionale

² In caso di presenza di rare piante isolate di *Cystoseira amentacea/mediterranea*, si annota anche la comunità dominante (valore di sensibilità risultante: valore medio)

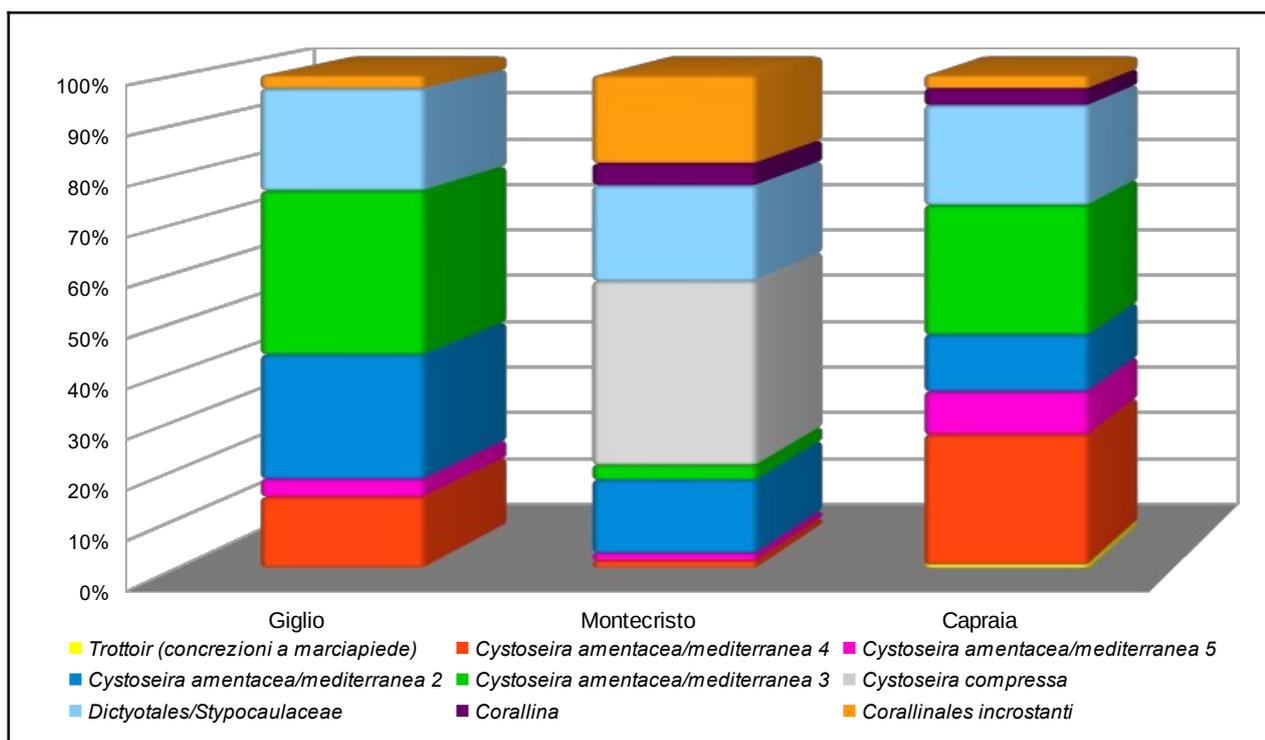
Le comunità superficiali macroalgali costituiscono una memoria spaziale e temporale di un'area: la loro struttura e composizione risponde alla natura, all'intensità e alla durata degli eventuali impatti. In particolare le specie appartenenti al genere *Cystoseira* sono molto sensibili

alle variazioni e la loro presenza è associata ad una elevata qualità ecologica. Per questo motivo la presenza di popolamenti a *Cystoseira* (unica eccezione *Cystoseira compressa* considerata più tollerante) è generalmente associata a livelli di sensibilità o *Sensitivity Level*, (SL) **massimi** (Tabella 5.5).

Lo strumento base per una corretta applicazione del metodo CARLIT è il supporto cartografico, che può essere costituito da una fotografia aerea oppure da sistemi palmari muniti di GIS. Su un supporto cartografico si annotano le comunità caratteristiche delle scogliere superficiali rilevate e le situazioni geomorfologiche rilevanti o SGR, corrispondenti alle comunità osservate.

In questo anno di monitoraggio sono state campionate 3 stazioni, tutte appartenenti al corpo idrico Arcipelago Isole Minori. In figura figura 5.7 è riportata la struttura della comunità macroalgale nelle tre stazioni monitorate.

Figura 5.7 - Struttura della comunità macroalgale in percentuale di riempimento - Anno 2019



Arcipelago Isole Minori – Giglio. (2019). I popolamenti maggiormente rappresentati sono *Cystoseira amentacea/mediterranea* a grande chiazze (C3) (33,33%), *Cystoseira amentacea/mediterranea* a piccole chiazze (C2) (25,23%) e *Dictyotales/Stypocaulaceae* (20,72%). Il valore di indice di qualità ecologica permette di classificare questa stazione in qualità **ELEVATA** in quanto pari a 0,9.

Arcipelago Isole Minori – Montecristo. (2019). Il popolamento maggiormente rappresentato è quello *Cystoseira compressa*, 37% . Il valore di RQE è pari a 1,14 indicando, quindi una classe di qualità **ELEVATA**.

Arcipelago Isole Minori – Capraia. (2019). Il popolamento di macroalghe è costituito prevalentemente da *Cystoseira amentacea/mediterranea* a grandi chiazze (C3) (26,35%), *Cystoseira amentacea/mediterranea* a cintura (C4) (26,35%) e Dictyotales/Stypocaulaceae ha valori di 20,27%. Il valore di RQE è di 1,01, equivalente a uno stato di qualità **ELEVATA**.

In tabella 5.6 sono riassunti i dati RQE CARLIT per il 2019: tutti le stazioni del corpo idrico Arcipelago Isole Minori risultano essere in classe **ELEVATA**.

Tabella 5.6 - RQE relativi e stato ambientale relativo all'indice CARLIT - Anno

Corpo idrico	Stato 2019	Stazione	CARLIT (RQE)
Arcipelago Isole Minori	E	Giglio	0.9
		Montecristo	1.14
		Capraia	1.01

5.1.4 Angiosperme: praterie a *Posidonia oceanica*.

Come per il macrozoobenthos e le macrofite, la cadenza di questo campionamento è triennale e nell'anno 2019 sono state campionate, dal 10 al 31 luglio, 4 stazioni per lo studio della *Posidonia oceanica*: Porto Santo Stefano, Elba Nord, Elba Sud e Montecristo.

Le praterie sommerse di *Posidonia oceanica* costituiscono uno tra i popolamenti più studiati e più rappresentativi del piano infralitorale del Mediterraneo. *Posidonia oceanica*, specie endemica di questo mare, riveste un importante ruolo di protezione delle coste dall'erosione, stabilizzazione e consolidamento dei fondali, ossigenazione delle acque, e contribuisce alla produzione ed esportazione di grandi quantità di materia vegetale. Inoltre, la sua notevole sensibilità ad ogni perturbazione naturale o artificiale in atto nell'ambiente la rende un ottimo indicatore biologico per determinare le qualità delle acque marino costiere.

Il campionamento per la stazione posta a 15 m include la definizione di 3 aree (400 m² circa ciascuna, distanziate di 10 m tra loro), in ciascuna delle quali sono state effettuate:

- repliche per le misure di densità
- repliche per i prelievi di fasci ortotropi
- raccolta di un campione di sedimento per la valutazione della granulometria
- stime relative a ricoprimento di *P. oceanica*, tipo di substrato, continuità della prateria, % matte morta, % *Caulerpa racemosa* e *Caulerpa taxifolia*, % *Cymodocea nodosa*
- misure (opzionali) di intensità della luce e della temperatura
- misure (opzionali) di densità sul limite inferiore
- prelievo (opzionale) di 6 fasci al limite inferiore per analisi di lepidocronologia

Inoltre, sono state effettuate stime relative a: substrato; copertura di *P. oceanica* e matte morta (espressa in percentuale, *sensu* Buia *et al.*, 2003); eventuale presenza di altre fanerogame e di alghe invasive. Ancora, in corrispondenza del limite inferiore sono stati effettuati transetti orizzontali, allo scopo di rilevarne profondità e tipologia, *sensu* (Pergent *et al.* 1995). I dati sono stati utilizzati per il calcolo dell'Indice di classificazione ecologica PREI (Posidonia oceanica Rapid Easy Index) (Gobert *et al.*, 2009) ai sensi del D.Lgs 152/06.

A luglio del 2019 sono state monitorate 4 aree corrispondenti 3 corpi idrici: Costa Argentario, Arcipelago Isola d'Elba e Arcipelago Isole Minori. La sintesi dei risultati è riportata in tabella 5.7.

Tabella 5.7 - Valori di alcuni parametri e dell'indice PREI - Anno 2019

Corpo idrico	Stazione	Parametri	Dati	PREI	
				RQE	Stato
Costa dell'Argentario	Porto Santo Stefano	Densità (fascio/m ²)	370,00	0,791	B
		Superficie fogliare (cm ² /fascio)	305,27		
		Prof limite inf (m)	24,8		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	152,36		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1584,50		
		Tipo di limite (λ) (*)	3		
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	Densità (fascio/m ²)	381,67	0,684	B
		Superficie fogliare (cm ² /fascio)	175,44		
		Prof limite inf (m)	24		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	99,53		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	947,38		
		Tipo di limite (λ) (*)	3		
	Elba Sud	Densità (fascio/m ²)	300,83	0,654	B
		Superficie fogliare (cm ² /fascio)	202,76		
		Prof limite inf (m)	23,2		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	150,57		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1063,19		
		Tipo di limite (λ) (*)	3		
Arcipelago isole Minori	Montecristo	Densità (fascio/m ²)	453,33	0,924	E
		Superficie fogliare (cm ² /fascio)	385,78		
		Prof limite inf (m)	32,5		
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	229,72		
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1867,58		
		Tipo di limite (λ) (*)	0		
-3 = limite regressivo; 0 = limite netto; 3 = limite progressivo o erosivo					

Costa Argentario – Porto Santo Stefano. (2019).

La prateria è discontinua, pura, impiantata su substrato sabbioso, con un ricoprimento del 40 % in corrispondenza della stazione intermedia a 15 m di profondità ma decisamente più alto (92%) presso il limite inferiore, a circa 25 m di profondità. I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica (in totale 162 foglie analizzate per questa stazione) hanno mostrato un numero medio di foglie per ciuffo pari a 5,5-6,5 (adulte e intermedie, rispettivamente stazione intermedia e limite inferiore); le foglie adulte hanno una lunghezza media di 72-65 cm circa, quelle intermedie di

41-49 cm e quelle giovanili di 1,4-1,6 cm. Il valore dell'indice PREI in quest'area è risultato pari a **0,791** corrispondente ad una classe di qualità ecologica **BUONA**.

Arcipelago Isola d'Elba - Elba Nord. (2019).

La prateria è continua a minore profondità per poi diventare discontinua nei pressi del limite inferiore, pura, impiantata su substrato sabbioso misto a matte morta. Mostra un ricoprimento del 77 % in corrispondenza della stazione intermedia e del 60% in corrispondenza del limite inferiore, situato a circa 24 m di profondità. I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica (in totale 125 foglie analizzate per questa stazione) hanno mostrato un numero medio di foglie per ciuffo pari a 4,4-4,3 (adulte e intermedie, rispettivamente stazione intermedia e limite inferiore); le foglie adulte hanno una lunghezza media di 53-41 cm circa, quelle intermedie di 38-28 cm e quelle giovanili di 1,1-1,1 cm. Il valore dell'indice PREI in quest'area è risultato pari a **0,684** corrispondente ad una classe di qualità ecologica **BUONA**.

Arcipelago Isola d'Elba - Elba Sud. (2019).

La prateria è continua, pura, impiantata su substrato sabbioso. Mostra un ricoprimento del 97 % in corrispondenza della stazione intermedia e dell'80% in corrispondenza del limite inferiore, situato a circa 23 m di profondità. I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica (in totale 124 foglie analizzate per questa stazione) hanno mostrato un numero medio di foglie per ciuffo pari a 4,2-5,3 (adulte e intermedie, rispettivamente stazione intermedia e limite inferiore); le foglie adulte hanno una lunghezza media di 58-44 cm circa, quelle intermedie di 49-28 cm e quelle giovanili di 0,66-1,6 cm. Il valore dell'indice PREI in quest'area è risultato pari a **0,654** corrispondente ad una classe di qualità ecologica **BUONA**.

Arcipelago Isole Minori – Montecristo. (2019)

La prateria è discontinua, pura, impiantata su substrato di matte e sabbia a maggiore profondità (limite inferiore) e invece su roccia a circa 15 m. Mostra un ricoprimento del 75% in corrispondenza della stazione intermedia e del 65% in corrispondenza del limite inferiore, situato a 32,5 m di profondità. I ciuffi prelevati per l'analisi fenologica (in totale 135 foglie analizzate per questa stazione) hanno mostrato un numero medio di foglie per ciuffo pari a 5,2-4,2 (adulte e intermedie, rispettivamente stazione intermedia e limite inferiore); le foglie adulte hanno una lunghezza media di 91-51 cm circa, quelle intermedie di 27-18 cm e quelle giovanili di 1,3-0,1 cm. Il valore dell'indice PREI in quest'area è risultato pari a **0,924** corrispondente ad una classe di qualità ecologica **ELEVATA**.

Oltre al prelievo di fasci di posidonia per le successive analisi fenologiche e lepidocronologiche, sono state prelevate aliquote per i dati granulometrici e per il carbonio organico totale (TOC). I dati di questi parametri sono riassunti in tabella 5.8.

Tabella 5.8 - Frazioni granulometriche e TOC nei siti di monitoraggio della Posidonia oceanica - Anno 2019

Corpo idrico	Stazione	Frazione granulometrica			TOC % s.s
		Ghiaia > 2 mm - %	Sabbia Tra 2 e 0,063 mm - %	Peliti < 0,063 mm - %	
Costa dell'Argentario	Porto Santo Stefano Limite inferiore	45.7	54.3	0.0	6.8
	Porto Santo Stefano Stazione intermedia	35.1	63.6	1.3	6.5
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord Limite inferiore	3.6	4.8	91.6	< 1
	Elba Nord Stazione intermedia	8.5	87.5	4.0	< 1
	Elba Sud Limite inferiore	13.6	57.2	29.2	1.6
	Elba Sud Stazione intermedia	40.9	49.6	9.5	< 1
Arcipelago isole Minori	Montecristo Limite inferiore	25.0	73.7	1.3	< 1
	Montecristo Stazione intermedia	25.5	72.8	1,7	< 1

L'indice PREI per il 2019, relativamente ai 3 corpi idrici indagati, indica che Costa dell'Argentario e Arcipelago Isola d'Elba sono in stato di qualità **BUONO** (Tabella 5.9). Il corpo idrico Arcipelago Isole Minori al momento presenta uno stato di qualità **ELEVATO**. Tale condizione dovrà essere confermata dagli esiti dell'indice PREI nelle altre due stazioni che compongono questo corpo idrico, ovvero Capraia e Giglio, i cui i campionamenti sono previsti entro l'anno 2020.

Tabella 5.9 - Valori indice PREI stato di qualità ecologico - Anno 2019.

Corpo idrico	Stazioni	PREI	Stato di Qualità
Costa dell'Argentario	Porto S.Stefano	0.791	B
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0.684	B (valore medio 0,669)
	Elba Sud	0.654	
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	0.924	E

5.1.5 Elementi di qualità fisico – chimica a sostegno e idromorfologici

Durante le campagne di monitoraggio vengono acquisiti i profili verticali con sonda multiparametrica di tutte le stazioni: i parametri indagati sono temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH e clorofilla *a*. L'acquisizione dei dati viene effettuata con un passo di un metro in modo da evidenziare stratificazioni termiche o saline o stadi di anossia o ipossia che possono verificarsi sul fondo.

Al fine della classificazione dello stato ecologico, gli elementi chimico fisico a sostegno che occorrono per il calcolo dell'Indice Trofico TRIX sono l'ossigeno disciolto, la clorofilla *a* e i nutrienti, mentre tutti gli altri parametri rilevati, come la trasparenza, la temperatura e la salinità, sono utili per l'interpretazione dei dati.

Nutrienti

La presenza del fosforo in mare può essere dovuta ad attività di tipo antropico, come industrie conserviere, mangimifici, allevamenti di animali, e fenomeni naturali come il dilavamento del suolo dei bacini naturali. Questo micronutriente viene ricercato in mare sotto due forme: il fosforo totale (P-tot) e fosforo ortofosfato (P-PO₄). La presenza del fosforo totale è legata al particolato di natura organica sospeso lungo la colonna d'acqua che può essere di origine detritica o fitoplanctonica. L'**ortofosfato** è invece la componente assimilabile da parte del fitoplancton e viene utilizzato nel calcolo dell'indice trofico TRIX. In generale nelle acque Toscane questi due elementi sono molto bassi quasi sempre al di sotto del limite di quantificazione (P-tot = 0,4 µmol/l e P-PO₄ = 0,2 µmol/l). Gli unici valori al di sopra del limite di quantificazione si trovano nella zona a nord di Costa livornese con valori medi di P-tot che vanno da un minimo di 1 µmol/l di Costa Versilia a un massimo di di 3,2 µmol/l di Costa pisana (Tabella 5.10).

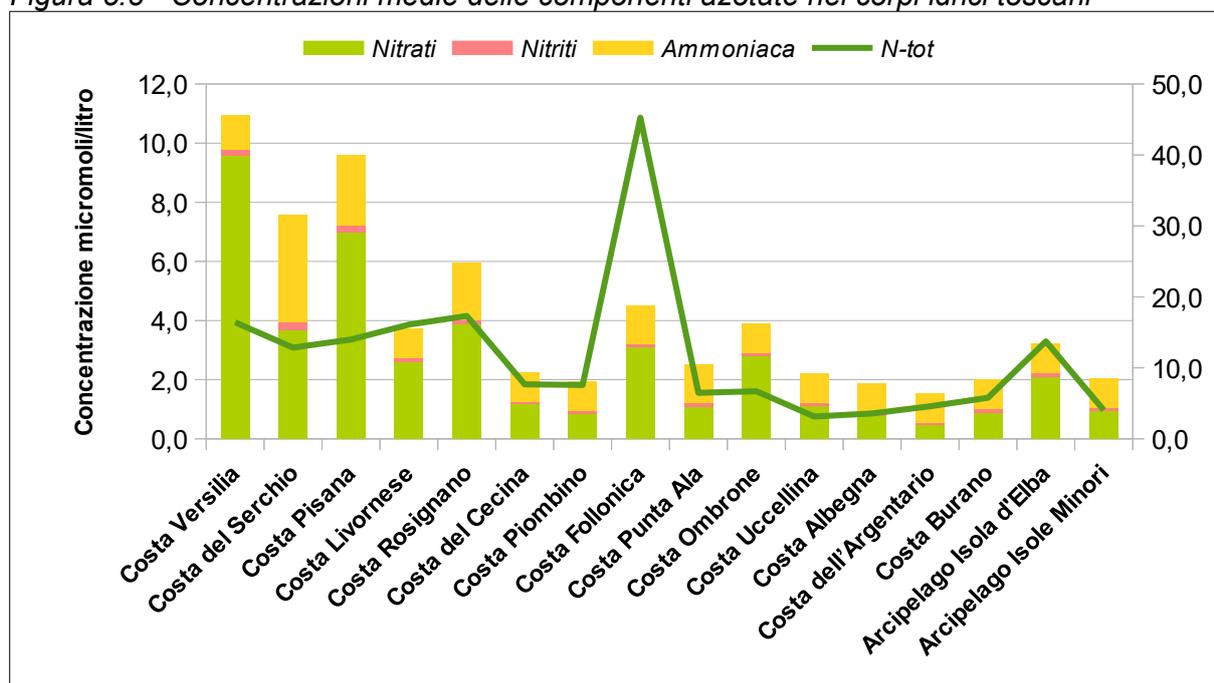
Tabella 5.10 - Concentrazioni medie di micronutrienti - Anno 2019

Corpo idrico	Concentrazioni medie µmol/l		Corpo idrico	Concentrazioni medie µmol/l	
	P-tot	P-PO ₄		P-tot	P-PO ₄
Costa Versilia	1,0	0,9	Costa Punta Ala	< 0,4	< 0,2
Costa del Serchio	1,2	0,9	Costa Ombrone	< 0,4	< 0,2
Costa Pisana	3,2	2,8	Costa Uccellina	< 0,4	< 0,2
Costa Livornese	< 0,4	< 0,2	Costa Albegna	< 0,4	< 0,2
Costa Rosignano	< 0,4	< 0,2	Costa dell'Argentario	< 0,4	< 0,2
Costa del Cecina	< 0,4	< 0,2	Costa Burano	< 0,4	< 0,2
Costa Piombino	< 0,4	< 0,2	Arcipelago Isola d'Elba	< 0,4	< 0,2
Costa Follonica	< 0,4	< 0,2	Arcipelago Isole Minori	< 0,4	< 0,2

Le **componenti azotate** ricercate sono l'azoto totale (N-tot) e le sue forme disciolte, azoto nitroso (N-NO₂), nitrico (N-NO₃) e ammoniacale (N-NH₃): la somma di queste tre componenti solubili è chiamata DIN, *Dissolved Inorganic Nitrogen*, e viene utilizzata nel calcolo dell'indice trofico TRIX. Le sorgenti di azoto in ambiente marino sono individuate nell'agricoltura e nel comparto zootecnico, scarichi civili e industriali, oltre che nel dilavamento dei terreni determinato dalle precipitazioni atmosferiche. Le concentrazioni medie dell'azoto totale e del DIN sono maggiori nella zona a nord e in generale in corrispondenza di fiumi (Costa Versilia, Costa del Serchio, Costa pisana e Costa dell'Ombrone), come indicato in figura 5.8.

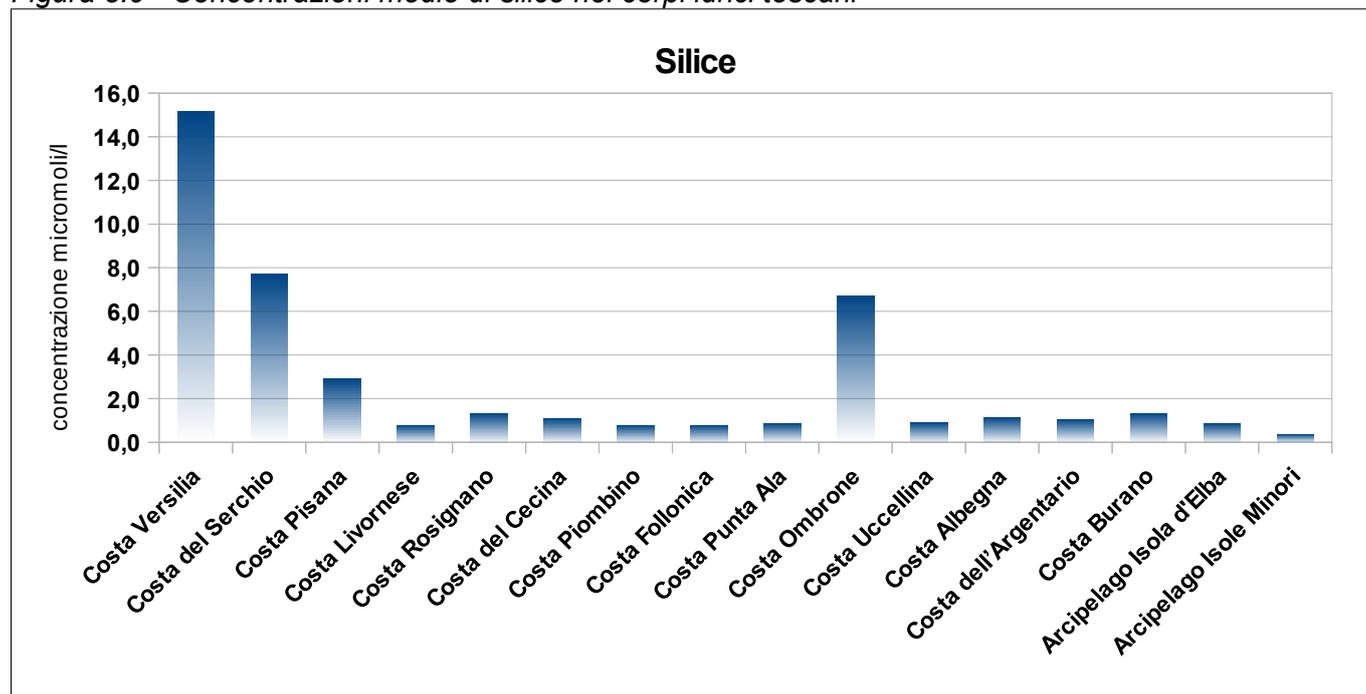
Il picco di azoto totale che interessa il corpo idrico di Carbonifera risulta in questo senso anomalo e potrebbe essere dovuto ad altri fenomeni tra cui la presenza nel golfo di impianti di acquacoltura (3 impianti di allevamento ittico con gabbie galleggianti tipo *off-shore* a cui dal 2017 si è aggiunto un quarto impianto per l'allevamento di mitili).

Figura 5.8 - Concentrazioni medie delle componenti azotate nei corpi idrici toscani



La presenza di **silice** in mare (Figura 5.9) è maggiore nei corpi idrici interessati da apporti fluviali. I valori medi sono più alti nella zona a nord con una concentrazione maggiore di 15,2 µmol/l nel corpo idrico di Costa del Versilia. Nella parte a sud le concentrazioni maggiori sono presso la Costa dell'Ombrone con 6,7 µmol/l.

Figura 5.9 - Concentrazioni medie di silice nei corpi idrici toscani



Indice Trofico TRIX

I valori dell'indice trofico indicano, in generale, per le regioni marine costiere della Toscana, una condizione di oligotrofia caratterizzata da alti tassi di ossigeno e basse concentrazioni di nutrienti, spesso pari al limite di quantificazione strumentale.

Dall'analisi dei dati si individua però una zona maggiormente caratterizzata da fenomeni di eutrofizzazione, o comunque soggetta a maggiori scostamenti di trofia: tali stazioni sono caratterizzate da valori medi di TRIX prossimi a 4, il valore indicato dalla normativa come limite tra classe Buono e Sufficiente, per il macrotipo 3, Bassa stabilità. Come si nota dalla tabella 5.11, i valori medi annuali dell'indice trofico TRIX superano il valore soglia nel corpo idrico Costa del Serchio (Nettuno), declassandone il giudizio di qualità ecologica, mentre in tutti gli altri casi il valore risulta sempre inferiore a 4.

Tabella 5.11 - Valori medi annuali dell'indice trofico *TRIX*

Corpo idrico	Stazioni	TRIX per stazioni	TRIX per corpo idrico
Costa Versilia	Marina di Carrara	3.4	3.4
Costa del Serchio	Nettuno	4.2	4.2
Costa Pisana	Fiume Morto	3.9	3.9
Costa Livornese	Antignano	2.7	2.7
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	3.3	3.3
Costa del Cecina	Marina di Castagneto	3.3	3.3
Costa Piombino	Salivoli	2.8	2.8
Costa Follonica	Carbonifera	2.9	2.9
Costa Punta Ala	Foce Bruna	2.1	2.1
Costa Ombrone	Foce Ombrone	2.9	2.9
Costa Uccellina	Cala di Forno	2.7	2.7
Costa Albegna	Foce Albegna	2.7	2.7
Costa dell'Argentario	Porto S.Stefano	2.4	2.4
Costa Burano	Ansedonia	2.9	2.9
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	2.9	3.00
	Elba Sud	3.0	
Arcipelago Isole Minori	Giglio	2.5	2,3
	Capraia	2.3	
	Montecristo	1.7	

5.1.6 Elementi chimici a sostegno: sostanze non appartenenti all'elenco di priorità

Nella colonna d'acqua sono state ricercate le sostanze non appartenenti all'elenco di priorità, riportate nella tabella 1/B del D.Lgs 172/15, delle quali si ipotizza la presenza in base agli studi di pressioni ambientali: per tutte le sostanze monitorate non si sono evidenziati superamenti dei valori dello standard di qualità ambientale in nessuno dei tre anni monitorati. Nella tabella 5.12 si riportano concentrazioni medie relative ai metalli arsenico e cromo totale.

Tabella 5.12 - Metalli non appartenenti all'elenco di priorità (tabella 1/B Dlgs 172/15) - Anno 2019

Corpo idrico	Stazioni	2019	
		Arsenico	Cromo
		SQA-MA: 5 µg/L	SQA-MA: 4 µg/L
Costa Versilia	Mar. di Carrara	1	< 1
Costa del Serchio	Nettuno	2	< 1
Costa Pisana	Fiume Morto	2	< 1
Costa Livornese	Antignano	2	1
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	2	< 1
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	2	< 1
Costa Piombino	Salivoli	2	1
Costa Follonica	Carbonifera	2	1
Costa Punta Ala	Foce Bruna	2	< 1
Costa Ombrone	Foce Ombrone	2	< 1
Costa Uccellina	Cala di Forno	2	1
Costa Albegna	Foce Albegna	2	1
Costa Argentario	Porto S. Stefano	2	< 1
Costa Burano	Ansedonia	2	1
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	2	2
	Elba Sud	2	1
Arcipelago Isole Minori	Giglio	2	< 1
	Montecristo	2	< 1
	Capraia	2	< 1

Il D.M.260/10, così come ribadito successivamente al D.Lgs. 172/15, indica che per ottenere uno stato Elevato è necessario che la media della concentrazione delle sostanze di sintesi sia minore o uguale ai limiti di quantificazione; le concentrazioni delle sostanze di origine naturale devono invece ricadere entro i livelli di valore di fondo naturali. Ai fini dell'elaborazione della media annuale, quando il valore analitico è risultato inferiore al limite di quantificazione della metodica analitica utilizzata, è stata usata la metà del valore del limite di quantificazione, così

come indicato al punto 13 del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010. Quando il 90% dei risultati analitici è al sotto del limite di quantificazione, non è stata fatta la media dei valori ma semplicemente è stato riportato il risultato come “minore del limite di quantificazione”, come indicato al punto 14 del del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010.

I valori medi annuali dei metalli arsenico e cromo totale, così ottenuti, sono in tutte le stazioni inferiori agli standard di qualità indicati nella Tab. 1/B del D.Lgs 172/2015 (Tabella 5.12). Essendo poi le sostanze di sintesi monitorate tutte al di sotto del limite di quantificazione, si ritiene di poter affermare che la classe relativa a questo gruppo di parametri sia da considerarsi **ELEVATA**.

5.2 Stato chimico

Uno degli obiettivi della Direttiva Quadro 2000/60/CE (Water Framework Directive, WFD) è la progressiva riduzione dell'inquinamento causato dalle sostanze prioritarie e l'arresto o la graduale eliminazione di scarichi, emissioni e perdite delle sostanze pericolose prioritarie stesse. Un corpo idrico è classificato in buono stato chimico se soddisfa, per le sostanze dell'elenco di priorità, tutti gli standard di qualità ambientale fissati nella tabella 1/A (o 2/A se la classificazione viene fatta sulla matrice sedimento). Ai fini dell'elaborazione della media annuale, quando il valore analitico è risultato inferiore al limite di quantificazione della metodica analitica utilizzata, è stata usata la metà del valore del limite di quantificazione, così come indicato al punto 13 del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010. Quando il 90% dei risultati analitici è al sotto del limite di quantificazione, non è stata fatta la media dei valori ma semplicemente è stato riportato il risultato come "minore del limite di quantificazione", come indicato al punto 14 del del paragrafo A.2.8 del DM 260/2010.

5.2.1 Sostanze chimiche appartenenti all'elenco di priorità: acqua

Mercurio e metalli. La concentrazione del mercurio nelle acque del litorale toscano presenta superamenti dello Standard di Qualità Ambientale - Concentrazione Massima Ammissibile (SQA-CMA = 0,07 µg/l) in quattro stazioni, due delle quali però risultano conformi sulla base dei Valori di fondo riportati nel DGRT 264/18. I corpi idrici che verranno classificate in stato chimico **NON BUONO** saranno pertanto Costa Pisana e Costa del Cecina (tabella 5.13).

Tabella 5.13 - Concentrazioni di mercurio eccedenti rispetto al SQA-CMA e ai valori di fondo - Anno 2019

Corpo idrico	Stazione	Data di campionamento	Mercurio µg/L		
			Concentrazione	SQA-CMA D.Lgs. 172/2015	Valori di Fondo DGRT 264/2018
Costa Pisana	Fiume Morto	01/07/2019	0.12	0.07	0.09
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	04/07/2019	0.14	0.07	0,04
Costa Ombrone	Foce Ombrone	17/07/2019	0.23	0.07	0,26
Costa Albegna	Foce Albegna	06/05/2019	0.16	0.07	0,26

Come indicato in tabella 5.14, non si evidenziano superamenti degli standard ambientali per nessuno degli altri metalli inclusi nella tabella 1/A del D.Lgs 172/15.

Tabella 5.14 - Concentrazioni medie di cadmio, nichel e piombo - Anno 2019

Corpo idrico	Descrizione	Cadmio µg/L	Nichel µg/L	Piombo µg/l
		SQA-MA: 0,2 µg/l	SQA-MA: 8,6 µg/l	SQA-MA: 1,3 µg/l
Costa Versilia	Mar. di Carrara	< 0,05	< 1	< 0,4
Costa del Serchio	Nettuno	< 0,05	< 1	< 0,4
Costa Pisana	Fiume Morto	< 0,05	2.5	0.5
Costa Livornese	Antignano	< 0,05	1.1	0.5
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	< 0,05	1.2	0.5
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	< 0,05	1.4	0.4
Costa Piombino	Salivoli	< 0,05	1.2	< 0,4
Costa Follonica	Carbonifera	< 0,05	1.6	< 0,4
Costa Punt'Ala	Foce Bruna	< 0,05	1.7	0.5
Costa Ombrone	Foce Ombrone	< 0,05	< 1	< 0,4
Costa Uccellina	Cala di Forno	< 0,05	1.6	< 0,4
Costa Albegna	Foce Albegna	< 0,05	1.3	< 0,4
Costa Argentario	Porto S. Stefano	< 0,05	1.4	< 0,4
Costa Burano	Ansedonia	< 0,05	< 1	< 0,4
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord -Elba Sud	< 0,05	1.3	0.4
Arcipelago Isole Minori	Giglio- Montecristo- Capraia	< 0,05	< 1	< 0,4

TBT, Benzo benzo[a]pirene, di(2-etilesilftalato) e altre sostanze prioritarie.

Il **TBT**, sostanza utilizzata nelle vernici antivegetative, non presenta in questo anno di monitoraggio superamenti della Standard di Qualità Ambientale - Concentrazione Massima Ammissibile (SQA-CMA = 0,0015 µg/l). Per quanto riguarda invece la concentrazione media annuale di questo composto, i dati indicano (Tabella 5.15) che non ci sono superamenti dello standard ambientale per tutti i corpi idrici, eccetto che per Costa del Serchio e Costa Pisana.

Il **benzo[a]pirene o BaP**, un comune sottoprodotto della combustione incompleta dei combustibili fossili, della materia inorganica e del legname, supera l'SQA-MA nel 2019 in Costa Versilia. Il **di(2-etilesilftalato) o DEHP** non presenta superamenti dello standard di qualità.

Per quanto riguarda il **fluorantene** e gli **idrocarburi policiclici aromatici (IPA)**, il **difenileterobromato (PBDE)**, il **nonilfenolo e ottilfenolo**, gli **organo alogenati**, e tutte le altre sostanze ricercate, le concentrazioni ottenute dalle analisi sono tutte ampiamente al di sotto degli standard di qualità ambientali indicati dalla normativa.

Tabella 5.15 - Concentrazioni medie di TBT, DEHP e BaP - Anno 2019

Corpo idrico	TBT µg/L	DEHP µg/L	BaP µg/L
	SQA-MA: 0,0002 µg/l	SQA-MA: 1,3 µg/l	SQA-MA: 0,00017 µg/l
Costa Versilia	0.0002	< 0,4	0.00027
Costa del Serchio	0.0003	< 0,4	0.00006
Costa Pisana	0.0004	< 0,4	0.00005
Costa Livornese	0.0002	< 0,4	0.00006
Costa Rosignano	0.0002	< 0,4	0.00007
Costa del Cecina	0.0002	< 0,4	< 0,00005
Costa Piombino	0.0002	< 0,4	< 0,00005
Costa Follonica	0.0002	< 0,4	< 0,00005
Costa Punt'Ala	0.0002	< 0,4	< 0,00005
Costa Ombrone	0.0001	< 0,4	< 0,00005
Costa Uccellina	0.0001	< 0,4	< 0,00005
Costa Albegna	0.0002	< 0,4	< 0,00005
Costa Argentario	0.0002	< 0,4	0.00007
Costa Burano	0.0001	< 0,4	< 0,00005
Arcipelago Isola d'Elba	0.0002	< 0,4	< 0,00005
Arcipelago Isole Minori	0.0002	< 0,4	< 0,00005

In grassetto e rosso : valori che superano gli SQA (D.Lgs 172/2014)

TBT :tributilstagno ; DEHP: di(2-etilesilftalato); BaP: benzo [a] pirene

5.2.2 Biota

In ottemperanza al D.Lgs 172/15 art 78 – undicesimo, comma g, ISPRA, in collaborazione con varie ARPA tra cui anche ARPA Toscana, ha pubblicato a ottobre del 2016 le linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie sul biota (ISPRA, Manuali e Linee Guida 143 2016¹). Nel 2018, a seguito della proposta di ARPAT, la Regione Toscana ha approvato con il DGRT 264/2018 il nuovo piano di monitoraggio del biota.

1 Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D. lgs 172/2015)- ISPRA, Manuali e Linee Guida 143 2016

Nell'anno 2019 sono state campionate 9 stazioni corrispondenti ad altrettanti corpi idrici per la matrice molluschi bivalvi e 16 per la matrice pesci, per un totale di 25 campioni di biota.

In questa relazione si è proceduto ad applicare la normalizzazione di tutti i dati disponibili rispetto al livello trofico in funzione del contenuto lipidico e di peso secco dei diversi *taxa*, come riportato nelle linee guida. Infatti, per le sostanze che si accumulano soprattutto nella porzione lipidica degli organismi (difenileteri bromurati, esaclorobutadiene, esaclorobenzene, dicofol, fluorantene, benzo[a]pirene), le concentrazioni misurate nel biota devono essere normalizzate rispetto a un contenuto lipidico del 5% per i pesci e dell'1% per i molluschi e i crostacei, mentre per le sostanze che non accumulano attraverso la ripartizione idrofobica nei lipidi come, per esempio, il mercurio e l'acido perfluorottansolfonico (PFOS), ma attraverso un altro meccanismo di accumulo, la normalizzazione lipidica deve essere sostituita dalla normalizzazione basata sul peso secco.

Tabella 5.16 - SQA biota corretti per il livello trofico in funzione del contenuto lipidico e di peso secco dei diversi taxa (Fonte: ISPRA-Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D. Lgs 172/2015)).

N	Sostanza	Matrice da monitorare secondo DLgs 172/2015	SQA _{biota} (DLgs 172/2015)	TMF	SQA _{biota} Corretti e normalizzati					Unità di misura
					[µg/kg peso umido]	SQA _{pesci}	SQA _{pesci}	SQA _{pesci}	SQA _{mollusco}	
				TAXA LIVELLO TROFICO	PESCE 4	PESCE 3	PESCE 2	MOLLUSCO 2	CROSTACEO 2	
(5)	Difenileteri bromurati (PBDE)	Pesci	0,0085	1,8*	0,2	0,1	0,05	0,05	0,05	[µg/kg lipide]
(9 ter)	DDT	Pesci (<5% grassi)	50	N.A.	50	50	50	N.A.	N.A.	[µg/kg peso umido]
(9 ter)	DDT	Pesci (>5% grassi)	100	N.A.	100	100	100	N.A.	N.A.	[µg/kg peso umido]
(15)	Fluorantene	Crostacei e molluschi	30	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	3000	3000	[µg/kg lipide]
(16)	Esaclorobenzene (HCB)	Pesci	10	2,7*	200	74	27	27	27	[µg/kg lipide]
(17)	Esaclorobutadiene (HCBDD)	Pesci	55	N.D.	1100	1100	1100	1100	1100	[µg/kg lipide]
(21)	Mercurio e composti	Pesci	20	2,2**	77	35	16	16	16	[µg/kg peso secco]
(28)	Benzo[a]pirene	Crostacei e molluschi	5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	500	500	[µg/kg lipide]
(34)	Dicofol	Pesci	33	N.D.	660	660	660	660	660	[µg/kg lipide]
(35)	Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS)	Pesci	9,1	2,1***	35	17	8	25	9	[µg/kg peso secco]
(37)	Diossine e composti diossina-simili	Pesci, crostacei e molluschi	0,0065 TEQ	N.A.	0,0065 TEQ	0,0065 TEQ	0,0065 TEQ	0,0065 TEQ	0,0065 TEQ	[µg/kg peso umido]
(43)	Esabromociclododecano (HBCDD)	Pesci	167	2,7*	3340	1231	454	454	454	[µg/kg lipide]
(44)	Eptacloro ed eptacloro epossido	Pesci	0,0067	N.D.	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	[µg/kg lipide]

N.A.: non applicabile ; N.D.: dati non disponibili

TMF calcolati *su base lipidica; **su peso secco; ***su peso fresco

Il valore di peso secco predefinito per il pesce è pari al 26% mentre per i molluschi e i crostacei è rispettivamente di 8,3% e 24%. Nella tabella 5.16 sono riportati gli SQA_{biota} corretti per il livello trofico in funzione del contenuto lipidico e di peso secco dei diversi *taxa* a cui fare riferimento per la classificazione dello stato chimico.

Il valori inferiori al LOQ non verranno normalizzati e verranno indicati nelle tabelle tra parentesi.

5.2.2.1 Molluschi

I campionamenti dei molluschi sono stati eseguiti in concomitanza con quelli previsti per le acque destinate alla vita dei molluschi (D.Lgs. 152/2006 all. 2 sezione C).

Gli organismi bioaccumulatori di riferimento per le acque marino costiere sono *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758), per i corpi idrici Costa del Serchio e Costa Pisana, e *Mytilus galloprovincialis*, (Lamarck, 1819) per tutti gli altri.

Nel 2019 sono stati prelevati 9 campioni di bivalvi; le analisi sono state condotte sull'intero tessuto molle dell'animale, in accordo con il regolamento sugli alimenti n.1881/2006/EC. Le analisi richieste per i molluschi sono il fluorantene (FA), benzo[a]pirene (BaP) e le diossine e i composti diossina simili (PCDD+PCDF+PCB-DL).

Tabella 5.17 - Concentrazioni di diossine e i composti diossina simili, fluorantene e benzo[a]pirene nei molluschi bivalvi - Anno 2019

Corpo idrico	Organismi	PCDD+PCDF+PCB-DL	FA	BaP
		SQA-MA: 0,0065 µg/kg TEQ	SQA-MA: 30 µg/kg	SQA-MA: 5 µg/kg
Costa del Serchio	<i>Donax trunculus</i>	0.0017	< 10	< 1
Costa Pisana	<i>Donax trunculus</i>	0.0016	< 10	< 1
Costa Livornese	<i>Mytilus galloprovincialis</i> *	0.0006	< 10	< 1
Costa Rosignano	<i>Mytilus galloprovincialis</i> *	0.0007	< 10	< 1
Costa Piombino	<i>Mytilus galloprovincialis</i> *	0.0006	< 10	< 1
Costa Follonica	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0.0011	< 10	< 1
Costa Argentario	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0.0023	< 10	< 1
Arcipelago Isola d'Elba	<i>Mytilus galloprovincialis</i> *	0.0007	< 10	4
Arcipelago Isole Minori	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0.0008	< 10	< 1

* Mitili sottoposti a stabulazione

Le concentrazioni rilevate per il fluorantene e il benzo[a]pirene in tutte le stazioni monitorate sono minori del limite di quantificazione rispettivamente < 10 µg/kg e < 1 µg/kg: unica eccezione risulta essere la stazione Elba Nord che presenta una concentrazione di BaP pari a 4 µg/kg, valore comunque inferiore allo standard di qualità ambientale previsto per questo composto nel biota (Tabella 5.17).

Per il 2019 i dati forniti dal laboratorio indicano che la somma di PCDF+PCDD+PBC-DL, espressa come equivalenti di tossicità TEQ, è per tutte le stazioni monitorate al di sotto dello standard ambientale.

5.2.2.2 Pesci

Il gruppo di esperti di ARPAT ha preferito indicare come specie ittica di riferimento il cefalo appartenente alla specie *Chelon auratus* (Risso, 1810), *Chelon ramada* (Risso, 1827), *Chelon labrosus* (Risso, 1827), *Serranus scriba* (Linnaeus, 1758) e *Symphodus tinca* (Linnaeus, 1758). Tali specie non sono tra quelle suggerite dalle linee guida, ma sono le più comuni lungo le coste toscane. I pesci necessari per le analisi sono stati acquistati dai pescatori professionisti che operano nei corpi idrici prescelti, registrando le coordinate del luogo di pesca, e sono stati mantenuti congelati fino al trasferimento nei laboratori per le analisi.

Le analisi sono effettuate sul pesce intero: questa è ritenuta l'opzione più semplice e conservativa ma può portare a sovrastimare il rischio per la salute umana; inoltre, nel caso in cui sia possibile avere un campione rappresentativo della totalità del pesce, anche di dimensioni rilevanti, questa scelta permette di armonizzare il monitoraggio di specie diverse.

Mercurio e PFOS. Le analisi condotte nel 2019 su pesci campionati nei 16 corpi idrici hanno indicato una situazione di bioaccumulo di mercurio su tutta la costa. In base alle linee guida il valore ottenuto è stato normalizzato in base al peso secco e confrontato con SQA normalizzato sulla base anche del livello trofico del pesce campionato (Tabella 5.18).

Anche per l'acido perfluorottansolfonico (**PFOS**) lo standard ambientale normalizzato delle linee guida è espresso come $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso secco, pertanto i dati sono stati normalizzati e confrontati con i relativi $\text{SQA}_{\text{biota}}$ normalizzati in relazione al livello trofico del pesce analizzato. Sulla base di queste elaborazioni per il 2019 risultano non conformi 8 corpi idrici su 16 (Costa Pisana, Costa livornese, costa del Cecina, Costa Punt'Ala, Costa dell'Ombrone, Costa Uccellina, Costa Albegna e Costa Argentario).

Tabella 5.18 - Mercurio e PFOS: SQA_{biota} corretti per il livello trofico in funzione del peso secco e valori normalizzati per la frazione di peso secco

Corpo idrico	Specie	Livello trofico	Hg	PFOS
			SQA _{biota} normalizzato pesce per	
			Livello trofico 2: 16 µg/kg peso secco Livello trofico 3: 35 µg/kg peso secco Livello trofico 4: 77 µg/kg secco	Livello trofico 2: 8 µg/kg peso secco Livello trofico 3: 17 µg/kg peso secco Livello trofico 4: 35 µg/kg lipide
Costa Versilia	<i>Chelon ramada</i>	2	85	7
Costa del Serchio	<i>Chelon ramada</i>	2	166	3
Costa Pisana	<i>Chelon ramada</i>	2	192	19
Costa Livornese	<i>Chelon ramada</i>	2	175	18
Costa Rosignano	<i>Chelon labrosus</i>	3	172	(< 1)
Costa del Cecina	<i>Chelon ramada</i>	2	324	15
Costa Piombino	<i>Symphodus tinca</i>	3	1267	1
Costa Follonica	<i>Chelon auratus</i>	3	237	(< 1)
Costa Punta Ala	<i>Chelon auratus</i>	3	104	50
Costa Ombrone	<i>Chelon ramada</i>	2	120	11
Costa Uccellina	<i>Chelon ramada</i>	3	282	19
Costa Albegna	<i>Chelon ramada</i>	2	254	13
Costa Argentario	<i>Chelon ramada</i>	2	251	9
Costa Burano	<i>Chelon ramada</i>	2	131	(< 1)
Arcipelago Isola d'Elba	<i>Chelon labrosus</i>	3	56	(< 1)
Arcipelago Isole Minori	<i>Serranus scriba</i>	4	445	(< 1)

Dicofol, esaclorobutadiene e esaclorobene e PBDE

Le concentrazioni di questi parametri devono essere normalizzate sulla base del contenuto lipidico del 5% poiché questo valore standard è stato utilizzato nella derivazione degli SQA_{biota} riferito ai pesci. Il dicofol e l'esaclorobutadiene risultano conformi in tutti i corpi idrici indagati.

L'esaclorobenzene (HCB) presenta superamenti dello standard ambientale in due corpi idrici: Costa livornese e Costa dell'Uccellina.

Attualmente i laboratori ARPAT non dispongono delle risorse ottimali ai fini dell'implementazione dei metodi per la ricerca dei contaminanti previsti dal D.Lgs 172/15, quali esabromociclododecano (HBCDD), eptacloro e eptacloro epossido. Per il parametro difenileteri bromurati, lo SQA previsto sul biota è ancora difficilmente raggiungibile e necessita di un'ulteriore messa a punto, stante l'attuale dotazione strumentale che sta diventando obsoleta

per alcune determinazioni. Tuttavia, questo è un problema al momento trascurabile in quanto nelle campagne di monitoraggio fin qui effettuate tutti i campioni di biota esaminati hanno mostrato concentrazioni di questi composti al di sopra dello SQA (Tabella 5.19): unica eccezione è costituita da Costa Piombino il cui valore di $<0,04 \mu\text{g}/\text{kg}$ non verrà considerato ai sensi della classificazione.

Tabella 5.19 - HCB e PBDE: SQA_{biota} corretti per il livello trofico in funzione del contenuto lipidico e valori normalizzati per la frazione lipidica

Corpo idrico	Specie	Livello trofico	HCB	PBDE
			SQA _{biota} normalizzato pesce per	
			Livello trofico 2: 27 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lipide Livello trofico 3: 74 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lipide Livello trofico 4: 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lipide	Livello trofico 2: 0,05 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lipide Livello trofico 3: 0,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lipide Livello trofico 4: 0,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lipide
Costa Versilia	<i>Chelon ramada</i>	2	13	178
Costa del Serchio	<i>Chelon ramada</i>	2	6	260
Costa Pisana	<i>Chelon ramada</i>	2	11	64
Costa Livornese	<i>Chelon ramada</i>	2	30	580
Costa Rosignano	<i>Chelon labrosus</i>	3	$< 0,1$	30
Costa del Cecina	<i>Chelon ramada</i>	2	15	300
Costa Piombino	<i>Symphodus tinca</i>	3	$(< 0,2)$	$(< 0,04)$
Costa Follonica	<i>Chelon auratus</i>	3	$(< 0,1)$	20
Costa Punta Ala	<i>Chelon auratus</i>	3	7	20
Costa Ombrone	<i>Chelon ramada</i>	2	8	240
Costa Uccellina	<i>Chelon ramada</i>	3	36	820
Costa Albegna	<i>Chelon ramada</i>	2	$(< 0,1)$	560
Costa Argentario	<i>Chelon ramada</i>	2	9	360
Costa Burano	<i>Chelon ramada</i>	2	18	280
Arcipelago Isola d'Elba	<i>Chelon labrosus</i>	3	$(< 0,1)$	660
Arcipelago Isole Minori	<i>Serranus scriba</i>	4	$(< 0,1)$	7

DDT e Diossine, furani e policlorobifenili diossina simili (PCDF+PCDD+PCB-DL).

Questi parametri non necessitano di una standardizzazione. Per il **DDT** non è stato riscontrato alcun superamento per il 2019.

Per quanto riguarda i **PCDF+PCDD+PCB-DL**, il D.lgs 172/2015 riporta come standard di qualità ambientale per il biota il valore di 6,5 ng/Kg e, secondo quanto riportato alla nota 12 alla tabella 1/A, indica di far riferimento al Regolamento (UE) n. 1259/2011, che modifica il regolamento (CE) n. 1881/2006; per quanto riguarda i tenori massimi per i PCB diossina simili e i PCB non diossina simili nei prodotti alimentari indica di utilizzare per le somme di questi composti il valore *upper bound*. Come già indicato nel paragrafo relativo ai molluschi, il limite di quantificazione di *upper bound* del metodo utilizzato da ARPAT (5,3 ng/Kg WHO-TEQ) risulta essere molto vicino al limite di legge (6,5 ng/Kg), e il fatto che i livelli massimi siano fissati come livelli *upper bound* non consente una valutazione accurata di un eventuale superamento del limite del parametro somma di PCDF+PCDD+PCB-DL, espressa come equivalenti di tossicità TEQ.

Tabella 5.20 - PCDD, PCDF, PCB-DL: SQA_{biota} TEQ peso umido e relative concentrazioni - Anno 2019

Corpo idrici	PCDD, PCDF, PCB-DL	DDT totale
	SQA_{biota} 0,0065 TEQ µg/kg peso umido	SQA_{biota} 50 µg/kg peso umido
Costa Versilia	0.0019	16,46
Costa del Serchio	0.0012	11,4
Costa Pisana	0.0029	10,9
Costa Livornese	0.0072	39,5
Costa Rosignano	0.0024	13,98
Costa del Cecina	0.0017	13,66
Costa Piombino	0.0035	(< 0,4)
Costa Follonica	0.0013	1,04
Costa Punta Ala	0.0021	3,14
Costa Ombrone	0.0018	23,05
Costa Uccellina	0.0021	31,1
Costa Albegna	0.0049	(< 0,4)
Costa Argentario	0.0039	8,02
Costa Burano	0.0026	46,06
Arcipelago Isola d'Elba	0.0024	2,86
Arcipelago Isole Minori	0.0019	1,99

I dati sono riportati in tabella 5.20. La concentrazione maggiore è stata rilevata nel Corpo idrico Costa Livornese (0,0072 TEQ µg/kg).

6. Sedimenti

Sono stati effettuati 18 prelievi di sedimenti tra il 3 luglio e il 30 ottobre 2019. Il diciannovesimo campione, presso l'isola del Giglio, è stato effettuato il 21/02/2020: il ritardo sul programma di campionamento è da imputare in primo luogo alle cattive condizioni meteo marine che hanno interessato tutta la penisola nell'ultima parte dell'anno, e poi a un guasto al generatore del Poseidon che non ha permesso di continuare i campionamenti prima della metà di gennaio.

Tutti i prelievi sono stati eseguiti tramite Box Corer, con frequenza di campionamento annuale, come previsto dalla normativa.

I dati di granulometria sono riportati in tabella 6.1, mentre l'elaborazione dei dati ottenuta integrando la Delibera della Regione Toscana n. 264 del 20/3/2018, relativa ai valori di fondo naturali e in acqua e sedimenti, con il D.Lgs 172/15 è riportata nelle tabelle successive.

Tabella 6.1 - Frazioni granulometriche sedimenti - Anno 2019

Corpo idrico	Stazione	Frazione Granulometrica		
		Ghiaia > 2 mm - %	Sabbia Tra 2 e 0,063 mm - %	Peliti < 0,063 mm - %
Costa Versilia	Marina di Carrara	0.0	61.7	38.3
Costa del Serchio	Nettuno	0.4	1.2	98.4
Costa Pisana	Fiume Morto	0.2	1.1	98.7
Costa Livornese	Antignano	0.0	1.9	98.1
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0.0	34.9	65.1
Costa del Cecina	Marina Castagneto	0.0	19.6	80.4
Costa Piombino	Marina di Salivoli	0.0	31.2	68.8
Costa Follonica	Carbonifera	0.0	8.3	91.7
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0.0	6.5	93.5
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0.0	10.2	89.8
Costa Uccellina	Cala di Forno	0.0	1.1	98.9
Costa Albegna	Foce Albegna	0.0	1.5	98.5
Costa Argentario	Porto S. Stefano	0.0	2.1	97.9
Costa Burano	Ansedonia	1.3	3.7	95.0
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0.3	16.3	83.4
	Elba Sud	1.8	9.8	88.4
Arcipelago Isole Minori	Giglio	1.1	54,9	44,0
	Montecristo	6.2	81,1	12,7
	Capraia	4.9	77,1	18

I corpi idrici di Costa Livornese e Costa di Rosignano, interessati dalla contaminazione determinata dallo scarico dello stabilimento Solvay, presentano valori di **mercurio** superiori allo standard ambientale indicato dal D.Lgs 172/15 e dal DRT 264/18.

Il **cadmio** non supera mai lo standard di qualità ambientale, mentre il **piombo** risulta essere inferiore allo standard di qualità ambientale secondo il D.Lgs 172/15 e/o la DRT 264/18 lungo tutta la costa toscana. La concentrazione più alta di questo metallo è stata registrata nel corpo idrico Arcipelago Isola d'Elba, stazione Elba Sud, con il valore di 54 mg/kg s.s., valore comunque inferiore al limite di fondo indicato dal DRT 264/18. I dati di concentrazione dei metalli nelle singole stazioni monitorate sono riportate in tabella 6.2.

Tabella 6.2 - Mercurio, cadmio e piombo nei sedimenti secondo la Tab.2/A del D.Lgs 172/15 - Anno 2019

Corpo idrico	Stazione	Mercurio mg/kg s.s.	Cadmio mg/kg s.s.	Piombo mg/kg s.s.	DRT. 264/18 Valori di fondo		
					Mercurio	Cadmio	Piombo
Costa Versilia	Marina di Carrara	0,03	< 0,1	7,6	0,5	< SQA	< SQA
Costa del Serchio	Nettuno	0,07	< 0,1	10	0,5	1.2	< SQA
Costa Pisana	Fiume Morto	0,06	< 0,1	12	0,5	0.6	< SQA
Costa Livornese	Antignano	1.3	0,2	23	0,5	< SQA	38
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0.6	0,2	14	0,5	0.6	< SQA
Costa del Cecina	Marina Castagneto	0.1	0,1	9,4	0,5	0.6	< SQA
Costa Piombino	Marina di Salivoli	0.2	0,1	32	0,5	1.2	38
Costa Follonica	Carbonifera	0,30	0,1	21	1,4	0.6	38
Costa Punta Ala	Foce Bruna	0.24	0,1	15	1,4	0.6	< SQA
Costa Ombrone	Foce Ombrone	0.13	0,2	9,9	1,4	0.6	< SQA
Costa Uccellina	Cala di Forno	0.31	0,1	14	1,4	0.6	< SQA
Costa Albegna	Foce Albegna	0,70*	0,1	14	1,4	0.6	< SQA
Costa Argentario	Porto S. Stefano	0,74*	0,2	22	1,4	0.6	38
Costa Burano	Ansedonia	0,88*	< 0,1	23	1,4	0.6	38
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	0.20	0,1	27	0,5	0.6	38
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	0.23	0,1	54*	0,5	1.2	75
Arcipelago Isole Minori	Giglio	0,14	0,1	30	ND	ND	ND
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	0,03	< 0,1	7,7	0,5	0.6	< SQA
Arcipelago Isole Minori	Capraia	0,09	0,1	11	0,5	0.6	< SQA
SQA – MA		0,30	0,30	30			
Margine di tolleranza del 20%		0,36	0,36	36			

In grassetto e rosso valori che superano gli SQA e i valori di fondo ove presenti,, tenendo conto del "margine di tolleranza del 20%

* : valori che superano gli SQA (D.Lgs 172/2015), ma inferiori ai Valori di Fondo.

ND: non disponibile.

Tutte le altre sostanze ricercate in base alla tabella 2/A del D.Lgs. 172/2015 (**TBT, antracene, naftalene, aldrin dieldrin, α -, β -, γ -esaclorocicloesano, DDT, DDE, DDD**) sono risultate inferiori allo standard ambientale indicato dalla normativa e per lo più i valori trovati sono al di sotto del limite strumentale.

Sono state inoltre ricercate le sostanze riportate in tabella 3/A del D.Lgs. 172/2015 quali **IPA** (vari composti), **PCB-DL, PCDD, PCDF** e esaclorobenzene (**HCB**). La sommatoria T.E. dei PCDD PCDF PCB-DL e gli IPA risultano essere inferiore allo standard ambientale.

L'esaclorobenzene, invece, come si può vedere dalla tabella 6.3, supera lo standard di qualità ambientale nel corpo idrico Costa Livornese e costa Rosignano.

Tabella 6.3 - HCB nei sedimenti secondo la Tab.3/A del D.Lgs 172/15 – Anno 2019

Corpo idrico	Stazione	Esaclorobenzene (HCB) mg/kg s.s.
Costa Versilia	Marina di Carrara	< 0,1
Costa del Serchio	Nettuno	< 0,1
Costa Pisana	Fiume Morto	< 0,1
Costa Livornese	Antignano	2.30
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	0,60
Costa del Cecina	Marina Castagneto	< 0,1
Costa Piombino	Marina di Salivoli	< 0,1
Costa Follonica	Carbonifera	< 0,1
Costa Punta Ala	Foce Bruna	< 0,1
Costa Ombrone	Foce Ombrone	< 0,1
Costa Uccellina	Cala di Forno	< 0,1
Costa Albegna	Foce Albegna	0.10
Costa Argentario	Porto S. Stefano	< 0,1
Costa Burano	Ansedonia	< 0,1
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	< 0,1
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	< 0,1
Arcipelago Isole Minori	Giglio	< 0,1
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	< 0,1
Arcipelago Isole Minori	Capraia	< 0,1
SQA – MA		0,40
Margine di tolleranza del 20%		0,48

In grassetto e in rosso valori che superano gli SQA, tenendo conto del "margine di tolleranza del 20%

Infine, per quanto riguarda i sedimenti, con il D.Lgs. 172/2015, arsenico, il cromo totale, il cromo VI e i PBC totali sono elencati nella tabella 3/B, in cui vengono riportati gli standard di qualità ambientale da utilizzare per acquisire ulteriori elementi conoscitivi.

L'arsenico nei sedimenti risulta superare lo Standard Ambientale/Valori di Fondo nel corpo idrico **Arcipelago Isola d'Elba, stazione Elba Sud**; il cromo totale invece presenta valori di concentrazioni in tutte le stazioni al di sotto dello standard di qualità ambientale o comunque al di sotto della concentrazione dei valori di fondo indicata nel DRT. 264/18. Cromo VI e PCB totali non superano il valore dello standard di qualità ambientale in nessuno dei sedimenti monitorati.

Tabella 6.4 - Arsenico e cromo nei sedimenti seconda la Tab.3/B del D.Lgs 172/15 – Anno 2019

Corpo idrico	Stazione	Arsenico mg/kg s.s.	Cromo totale mg/kg s.s.	DRT. 264/18 Valori di fondo	
				Arsenico	Cromo totale
Costa Versilia	Marina di Carrara	11	49	34	91
Costa del Serchio	Nettuno	8,9	58	34	91
Costa Pisana	Fiume Morto	10	67*	< SQA	91
Costa Livornese	Antignano	18*	71*	34	138
Costa Rosignano	Rosignano Lillatro	22*	59	34	138
Costa del Cecina	Marina Castagneto	16	102*	34	189
Costa Piombino	Marina di Salivoli	65*	79*	142	138
Costa Follonica	Carbonifera	22*	57	34	91
Costa Punta Ala	Foce Bruna	18*	51	34	91
Costa Ombrone	Foce Ombrone	8,5	50	34	91
Costa Uccellina	Cala di Forno	18*	53	34	91
Costa Albegna	Foce Albegna	18*	53	34	91
Costa Argentario	Porto S. Stefano	23*	56	34	91
Costa Burano	Ansedonia	27*	30	34	91
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord	33*	81*	34	138
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Sud	156	115*	142	138
Arcipelago Isole Minori	Giglio	13	35	ND	ND
Arcipelago Isole Minori	Montecristo	5,5	13	34	53
Arcipelago Isole Minori	Capraia	10	21	< SQA	53
SQA – MA		12	50		
Margine di tolleranza del 20%		14,4	60		

In grassetto e rosso valori che superano gli SQA e i valori di fondo ove presenti,, tenendo conto del "margine di tolleranza del 20%

* : valori che superano gli SQA (D.Lgs 172/2015), ma inferiori ai Valori di Fondo.

ND: non disponibile.

7. Conclusioni

Classificare lo stato ecologico e chimico dei corpi idrici marino costieri, sulla base del D.Lgs 172/15, permette di ottenere un quadro rappresentativo a livello di distretto idrografico, nazionale e comunitario. Il confronto tra lo stato chimico e lo stato ecologico di un dato corpo idrico porta alla determinazione del suo stato di qualità ambientale, espressione complessiva della qualità di un corpo idrico superficiale. Lo stato di qualità ambientale "buono" corrisponde all'obiettivo di qualità da raggiungere ai sensi del DLgs 152/06. Per raggiungere tale stato i corpi idrici devono risultare in stato "buono" sotto il profilo sia ecologico che chimico.

7.1 Stato ecologico: dati preliminari del I° anno del triennio 2019-2021

Tutti i dati che hanno contribuito a determinare il giudizio di stato di qualità ecologica per l'anno 2019 dei 16 corpi idrici toscani sono riassunti nella successiva tabella 7.1.

Biomassa fitoplanctonica – Tutti i corpi idrici per questo indice di qualità sono classificati in stato ecologico **ELEVATO**, tranne Costa Pisana che è in stato **SUFFICIENTE**, a causa della presenza di una elevata biomassa fitoplanctonica.

Macrozoobenthos – Dei 6 corpi idrici monitorati per l'anno 2019, il calcolo dell'indice M-AMBI indica che 5 risultano classificati in classe **ELEVATA**: Costa dell'Ombrone (Foce Ombrone), Costa dell'Uccellina (Cala di Forno), Costa dell'Albegna (Foce Albegna), Costa dell'Argentario (Porto Santo Stefano) e Costa Burano (Ansedonia) mentre un'unica stazione risulta in classe ecologica **BUONA**: Costa Punt'Ala (Foce Bruna).

Macrofite – Nel 2019 è stato monitorato il Corpo idrico Arcipelago Isole Minori costituito da 3 stazioni: Giglio, Capraia e Montecristo. Il calcolo dell'Indice CARLIT indica che tutte e tre le stazioni, e quindi anche il corpo idrico di appartenenza, risultano in classe ecologica **ELEVATO**.

Angiosperme – L'indice PREI per il 2019, relativamente ai 3 corpi idrici indagati, indica che Costa dell'Argentario e Arcipelago Isola d'Elba sono in stato di qualità **BUONO**. Il corpo idrico Arcipelago Isole Minori al momento presenta uno stato di qualità **ELEVATO**. Tale condizione dovrà essere confermata dagli esiti dell'indice PREI nelle altre due stazioni che compongono questo corpo idrico, ovvero Capraia e Giglio, i cui i campionamenti sono previsti nell'anno 2020.

Indice trofico TRIX - I valori dell'indice trofico indicano, per le acque marino costiere della Toscana, una condizione di oligotrofia caratterizzata da alti tassi di ossigeno e basse concentrazioni di nutrienti, spesso pari al limite di quantificazione strumentale. I valori medi

annuali dell'indice trofico TRIX sono risultati inferiori al valore soglia in tutti i corpi idrici tranne che quello di Costa del Serchio: il valore medio di TRIX è risultato essere pari 4,2 con conseguente declassamento del corpo idrico da elevato a **BUONO**.

Inquinanti chimici non prioritari – I valori medi annuali dei metalli arsenico e cromo totale sono in tutte le stazioni inferiori agli standard di qualità indicati nella tab. 1/B del DM 260/2010 e ss.mm.ii. Tutte le altre sostanze ricercate in base alla normativa risultano inferiori al limite di quantificazione. Sulla base degli inquinanti chimici non prioritari, le stazioni risultano pertanto tutte in classe ecologica **ELEVATA**

Tabella 7.1 - Classificazione preliminare dello stato ecologico delle acque marine costiere toscane - Anno 2019

Corpo Idrico	Descrizione	Biomassa fitoplanctonica	M-AMBI	CARLIT	PREI	TRIX	Elementi chimici a sostegno	Giudizio stato di qualità ecologica
Costa Versilia	Marina di Carrara		§	*	*	3.4		
Costa del Serchio	Nettuno		§	*	*	4.2		
Costa Pisana	Fiume Morto		§	*	*	3.9		
Costa Livornese	Antignano		§	§	§	2.7		
Costa di Rosignano	Rosignano Lillatro		§	*	§	3.3		
Costa del Cecina	Mar. Castagneto		§	*	*	3.3		
Costa Piombino	Salivoli		§	§	§	2.8		
Costa Follonica	Carbonifera		§	*	§	2.9		
Costa Punt'Ala	Foce Bruna			*	*	2.1		
Costa Ombrone	Foce Ombrone			*	*	2.9		
Costa dell'Uccelina	Cala di Forno			§	*	2.7		
Costa Albegna	Foce Albegna			*	§	2.7		
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano			§		2.4		
Costa Burano	Ansedonia			§	§	2.9		
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord		§	§		3.0		
	Elba Sud		§	§				
Arcipelago Isole Minori	Giglio		§		§	2.3		
	Capraia		§		§			
	Montecristo		*					

Legenda:	§ Campioni previsti nel II e III anno del triennio * Campionamenti non previsti in questa stazione				
STATO ECOLOGICO	ELEVATO		BUONO		SUFFICIENTE
	SCARSO		CATTIVO		

Componendo le informazioni provenienti dai vari indici, il 69% dei corpi idrici toscani ha un giudizio di qualità ambientale ELEVATO, il 25% BUONO e infine il 6% risulta invece SUFFICIENTE.

7.2 Stato chimico: dati preliminari del I° anno del triennio 2019-2021

Il D.Lgs 172/2015 ha previsto che, “**ai fini della classificazione delle acque superficiali, il monitoraggio chimico**” venga eseguito “**nella colonna d'acqua e nel biota**”, introducendo (art. 78) “standard di qualità ambientale” (SQA) obbligatori anche per questa seconda matrice (biota). I dati dei sedimenti qui riportati sono da considerarsi solo a livello conoscitivo. La successiva tabella 7.2. riassume lo stato chimico delle acque marino costiere della Toscana

Acqua – I dati indicano una riduzione dei livelli di **TBT** nella matrice acqua rispetto al triennio precedente: non si hanno mai superamenti del SQA – CMA e il superamento dello standard di qualità ambientale - concentrazione media annuale si ha solo per i corpi idrici di Costa del Serchio e Costa pisana. Per quanto riguarda il **mercurio**, due corpi idrici non rispondono ai requisiti richiesti dal D.Lgs. 172/2015 e dal DGRT 264/2018: Costa pisana e Costa del Cecina, mentre il **benzo[a]pirene**, supera l'SQA-MA in Costa Versilia. Tutte le altre sostanze dell'elenco di priorità risultano inferiori allo standard ambientale e per lo più le loro concentrazioni sono al di sotto del limite di quantificazione.

Classificando in base alla matrice acqua il 75% i corpi idrici della Toscana risulta essere in uno stato chimico BUONO.

Biota – Le analisi condotte sugli organismi di *Mytilus galloprovincialis* indicano che le concentrazioni rilevate per il **fluorantene** e il **benzo[a]pirene** sono, in tutte le stazioni monitorate, minori del limite di quantificazione. Risultano inoltre inferiori allo standard di qualità ambientale anche le concentrazioni di **Diossina e composti diossina simili**.

Le analisi per determinare la presenza del **mercurio** nei pesci hanno indicato una situazione di bioaccumulo di questo metallo lungo tutta la costa, con superamenti dello standard ambientale in tutte le stazioni campionate. In base alle linee guida il valore ottenuto è stato normalizzato in base al peso secco e confrontato con SQA normalizzato sulla base anche del livello trofico del pesce campionato. Anche per l'acido perfluorottansolfonico (**PFOS**) lo standard ambientale normalizzato delle linee guida è espresso come µg/kg peso secco, pertanto i dati sono stati normalizzati e confrontati con i relativi SQA_{biota} normalizzati in relazione al livello trofico del pesce

analizzato. In base alla normalizzazione in peso secco e al livello trofico del pesce analizzato nel 2019, risultano non conformi 8 corpi idrici su 16 (Costa Pisana, Costa livornese, Costa del Cecina, Costa Punt'Ala, Costa dell'Ombrone, Costa Uccellina, Costa Albegna e Costa Argentario).

Le concentrazioni di **dicofol**, **esaclorobutadiene** e **esaclorobenzene** devono essere normalizzate sulla base del contenuto lipidico del 5%, poiché questo valore standard è stato utilizzato nella derivazione degli SQA_{biota} riferito ai pesci. Il dicofol e l'esaclorobutadiene risultano conformi in tutti i corpi idrici indagati, l'esaclorobenzene (HCB), invece, presenta superamenti dello standard ambientale nei corpi idrici di Costa livornese e Costa dell'Uccellina.

Il DDT e la somma di diossine, furani e policlorobifenili diossina simili (PCDF+PCDD+PCB-DL) non necessitano di una standardizzazione. Per il **DDT** non sono stati riscontrati superamenti dello standard di qualità ambientale, mentre per **PCDF+PCDD+PCB-DL** solo un corpo idrico, Costa Livornese, presenta una concentrazione maggiore del SQA_{biota} .

Classificando in base alla matrice biota il 100% dei corpi idrici monitorati della Toscana risulta essere in uno stato chimico NON BUONO.

Pur non essendo stata considerata ai fini della classificazione dei corpi idrici, l'analisi dei **sedimenti** ha rivelato diverse anomalie nella concentrazione di **mercurio** e **esaclorobenzene** nei corpi idrici di Costa livornese e Costa di Rosignano, e di **arsenico** in Arcipelago Isola d'Elba. **Tutte le altre sostanze** ricercate in base alla tabella 2/A (TBT, antracene, naftalene, aldrin dieldrin, α -, β -, γ -esaclorocicloesano, DDT, DDE, DDD), alla tabella 3/A (IPA ,vari composti e diossine, e composti diossina simili, PCDD PCDF PCB-DL) e alla tabella 3/B (cromo totale, cromo VI e PBC totali) del D.Lgs. 172/2015 sono risultate inferiori allo standard ambientale indicato dalla normativa e per lo più i valori trovati sono al di sotto del limite strumentale.

Tabella 7.2 - Classificazione dello stato chimico delle acque marino costiere toscane - Anno 2019

Corpo Idrico	Descrizione	STATO CHIMICO 2019		
		Sostanza eccedente in acqua	Sostanza eccedente nel biota	Classificazione Acqua e Biota
Costa Versilia	Marina di Carrara	BaP	Hg, PBDE	
Costa del Serchio	Nettuno	TBT	Hg, PBDE	
Costa Pisana	Fiume Morto	Hg, TBT	PFOS, Hg, PBDE	
Costa Livornese	Antignano		PCDF+PCDD+PBC-DL, PFOS, HCB, Hg, PBDE	
Costa di Rosignano	Rosignano Lillatro		Hg, PBDE	
Costa del Cecina	Mar. Castagneto	Hg	PFOS, Hg, PBDE	
Costa Piombino	Salivoli		Hg	
Costa Follonica	Carbonifera		Hg, PBDE	
Costa Punt'Ala	Foce Bruna		PFOS, Hg, PBDE	
Costa Ombrone	Foce Ombrone		PFOS, Hg, PBDE	
Costa dell'Uccelina	Cala di Forno		PFOS, HCB, Hg, PBDE	
Costa Albegna	Foce Albegna		PFOS, Hg, PBDE	
Costa dell'Argentario	Porto S. Stefano		PFOS, Hg, PBDE	
Costa Burano	Ansedonia		Hg, PBDE	
Arcipelago Isola d'Elba	Elba Nord		Hg, PBDE	
	Elba Sud			
Arcipelago Isole Minori	Giglio		Hg, PBDE	
	Montecristo			
	Capraia			

STATO CHIMICO	Non Buono	
	Buono	

Classificando in base alle matrici acqua biota tutti i corpi idrici monitorati della Toscana risultano essere in uno stato chimico NON BUONO.

Normativa di riferimento

- 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”.
- Direttiva del 12 agosto 2013 n. 39 che modifica le direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152 “Norme in materia ambientale”-Parte Terza “Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse idriche”.
- Decreto Ministeriale 16 giugno 2008 n. 131 “Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs 152/06, recante: “Norme in materia ambientale”, predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 4, dello stesso decreto”.
- Decreto 14 aprile 2009 n. 56 “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs 152/06, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo”.
- Decreto 8 novembre 2010 n. 260 “Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs 152/06, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo”.
- Decreto legislativo 10 dicembre 2010 n. 219 “Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa e 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 e 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CEE 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.”
- Delibera della Regione Toscana n. 416 del 25 maggio 2009 “Tipizzazione dei corpi idrici superficiali della toscana. Attuazione delle disposizioni di cui allegato 3, punto 1, alla parte III del D. Lgs 152/2006, come modificato dal decreto ministeriale, 16 giugno 2008, n. 131.”
- Delibera della Regione Toscana n. 939 del 26 ottobre 2009. “Individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici della Toscana - Attuazione delle disposizioni di cui all’art.2 del DM 131/08 (acque superficiali) e degli art. 1,3 e all. 1 del D.Lgs. 30/09 (acque sotterranee). ”
- Delibera della Regione Toscana n. 100 del 8 febbraio 2010. “Rete di Monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee della Toscana in attuazione delle disposizioni di cui al D. Lgs. 152/06 E Del D.Lgs. 30/09.”

- Delibera della Regione Toscana n.550 del 7 luglio 2014 “Attuazione D.L.gs 152/2006 e D.Lgs 30/2009. Monitoraggio dei corpi idrici marino costieri della Toscana. Modifiche ed integrazioni alla delibera di Giunta n. 939/2009 e n. 100/2010.
- Delibera della Regione Toscana n.608 del 18 maggio 2015 “Monitoraggio dei corpi idrici marino costieri della Toscana – modifiche e integrazioni alla DGR n. 550/14”
- Delibera della Regione Toscana n. 264 del 20 marzo 2018. “ D.Lgs n. 152/2006 e 172/2015. Aggiornamento dei corpi idrici marino-costieri della Toscana e adozione dei nuovi valori di fondo in acqua e sedimenti. Integrazione dell'allegato “C” alla DGRT n. 608/2015 e sostituzione dell'allegato “A” alla DGRT n. 1273/2016”.

Bibliografia

- AA.VV., 2006. *Lo stato dei litorali italiani*, Studi Costieri, 10.
- ARPAT, 2016 *Studio per la determinazione dei valori di fondo naturale nei sedimenti e nelle acque marine costiere*. Rapporto Finale.
- ARPAT, 2015. *Monitoraggio acque marine costiere della Toscana. Attività di monitoraggio 2014. Classificazione provvisoria Il anno del triennio 2013-2015*.
- ARPAT, 2015. *Accertamento della qualità delle acque destinate alla vita dei molluschi (art. 88 D. Lgs. 152/2006 s.m.i.). Attività di monitoraggio 2014 e proposta di classificazione*.
- ARPAT, 2014. *Saggi biologici sui sedimenti marino costieri della Toscana al fine di identificare la matrice sulla quale effettuare la valutazione della classe di qualità ambientale: anno 2013*
- ARPAT, 2014. *Monitoraggio acque marine costiere della Toscana. Proposta di classificazione Anno 2013 (D.Lgs. 152/06)*.
- ARPAT, 2014. *Accertamento della qualità delle acque destinate alla vita dei molluschi (art. 88 D. Lgs. 152/2006 s.m.i.). Attività di monitoraggio 2013 e proposta di classificazione*
- Berto D., Boscolo Brusà R. (A cura di), 2015. *I Composti Organostannici in ambiente marino e lagunare*. ISPRA, QUADERNI – Ricerca Marina n. 8/2016, Roma, pp 117.
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2003. Seagrass systems. In: M.C. Gambi and M. Dappiano (Editors), *Mediterranean marine benthos: a manual of methods for its sampling and study*. Biologia Marina Mediterranea 11, pp 133-183.
- Ferretti O., Delbono I., Furia S., Barsanti M., 2003. *Elementi di gestione costiera*. Parte Prima. Tipi morfo - sedimentologici dei litorali italiani. Rapporto Tecnico ENEA RT/2003/42/CLIM
- Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-RArcipelago Isole Minoriondino, V., Andral, B., Chery, A., Lejeune, P., Boissery, P., 2009. *Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the Posidonia oceanica Rapid Easy Index (PREI)*. Mar. Pollut. Bull. 58, 1727–1733.
- ISPRA, 2010. *Manuali e Linee Guida 56/10. Metodologie di studio del plancton marino*.
- ISPRA, 2008 *Scheda metodologica per il campionamento e l'analisi del macrozoobenthos di fondi mobili*
- ISPRA, 2008. *Scheda metodologica per il campionamento e l'analisi del fitoplancton*
- ISPRA, 2008. *Quaderno Metodologico sull'elemento biologico MACROALGHE e sul calcolo dello stato ecologico secondo la metodologia CARLIT*
- ISPRA, 2012. *Aggiornamento della scheda metodologica per il campionamento e l'analisi della Posidonia oceanica ai sensi del Dlgs 152/06*.

- ISPRA, 2012. *Elemento di Qualità Biologica Macroalghe Integrazione al Quaderno metodologico ISPRA per il calcolo dello stato ecologico secondo la metodologia CARLIT. Procedure di campionamento per la raccolta dati*
- ISPRA, 2016. *Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs 172/2015).*
- Meinesz A. & Laurent R., 1978, *Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de Posidonia oceanica dans les Alpes-maritimes (France)*. Botanica marina 21, 513-526.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Servizio Difesa Mare; ICRAM; ANPA (coll.) (2002) *Metodologie analitiche di riferimento; programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003)*.
- Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., 1995 *Utilisation de l'herbier a Posidonia oceanica comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : état des connaissances*. Mésogée, 54, 3-27.
- Rampi L., Bernhard M. (1978). *Chiave per la determinazione delle peridinee pelagiche mediterranee*. C.N.E.N. RT/BIO (80) 8
- Rampi L., Bernhard M. (1978). *Key for the determination of Mediterranean pelagic diatoms*. C.N.E.N. RT/BIO (78) 1
- Rampi L., Bernhard M. (1981). *Chiave per la determinazione delle coccolitoforidee mediterranee*. C.N.E.N. RT/BIO (81) 13
- Richard M. (1987). *Atlas du Phytoplancton Marin*. Volume II: Diatomophycées. Edition du CNRS
- Sournia A. (1986). *Atlas du Phytoplancton Marin*. Volume I: Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées. Edition du CNRS
- Thomas R.C. (1997). *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2020. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 20 April 2020.