



***STATO ECOLOGICO E STATO  
CHIMICO DELLE ACQUE DI  
TRANSIZIONE E MARINO-  
COSTIERE DEL FRIULI  
VENEZIA GIULIA***

*(D.Lgs.152/06 ss.mm.ii)*

**TRIENNIO 2020-2022**

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Informazioni legali

L'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG) e le persone che agiscono per conto dell'Agenzia non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

La presente pubblicazione è stata realizzata da:  
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG)

©ARPA FVG  
Via Cairoli, 14 -33057 Palmanova (UD)  
Tel +39 0432 922 611 -Fax +39 0432 922 626  
[www.arpa.fvg.it](http://www.arpa.fvg.it)

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

■ **STATO ECOLOGICO E  
STATO CHIMICO DELLE  
ACQUE DI TRANSIZIONE E  
MARINO-COSTIERE DEL  
FRIULI VENEZIA GIULIA**  
(D.Lgs.152/06 ss.mm.ii.)

**TRIENNIO 2020-2022**

a cura di

ARPA FVG

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente  
del Friuli Venezia Giulia

S.O.C. Stato dell'Ambiente - S.O.S. Qualità delle acque marine e di  
transizione

in collaborazione con

S.O.C. Laboratorio

Aprile 2023

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

## Sommario

1. INTRODUZIONE.....	6
2. ACQUE DI TRANSIZIONE .....	7
2.1 Quadro conoscitivo della laguna di Marano e Grado .....	7
2.2 Rete di monitoraggio, parametri e frequenze di campionamento .....	8
2.3 Elementi per la classificazione dello Stato Ecologico: risultati .....	15
2.3.1 Popolamenti fitoplanctonici.....	15
2.3.2 Macrofite .....	17
2.3.3 Macroinvertebrati bentonici .....	18
2.3.4 Fauna ittica .....	20
2.3.5 Elementi fisico-chimici a sostegno .....	21
2.3.5.a Rilievi con sonda multiparametrica: temperatura, salinità, pH, clorofilla <i>a</i> e ossigeno disciolto .....	21
2.3.5.b Nutrienti .....	27
2.3.5.c Granulometria.....	28
2.3.6 Elementi chimici a sostegno: sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nelle acque (tab.1/B D.Lgs.172/15) .....	29
2.4 Elementi per la classificazione dello Stato Chimico: risultati acqua e biota .....	30
2.4.1 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità nell'acqua (tab.1/A D.Lgs.172/15).....	30
2.4.2 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità nel biota (tab.1/A D.Lgs.172/15) .....	31
2.5 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità e non prioritarie nei sedimenti (tab.3/A - 3/B D.Lgs.172/15): risultati.....	33
2.6 Classificazione dello Stato Ecologico.....	34
2.7 Classificazione dello Stato Chimico .....	36
3 ACQUE MARINO COSTIERE .....	37
3.1 Quadro conoscitivo del Golfo di Trieste.....	37
3.2 Rete di monitoraggio, parametri e frequenze di campionamento .....	37
3.3 Elementi per la classificazione dello Stato Ecologico: risultati .....	40
3.3.1 Popolamenti fitoplanctonici e clorofilla <i>a</i> .....	40
3.3.2 Macroinvertebrati bentonici .....	43
3.3.3 Elementi fisico-chimici a sostegno .....	45
3.3.3.a Indice TRIX .....	45
3.3.3.b Granulometrie e carbonio organico.....	46
3.3.4 Elementi chimici a sostegno: sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nelle acque (tab. 1/A – D.Lgs. 172/15).....	47
3.4 Elementi per la classificazione dello Stato Chimico: risultati .....	48
3.4.1 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità nell'acqua (tab.1/A D.Lgs.172/15).....	48
3.4.2 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità nel biota (tab.1/A D.Lgs.172/15) .....	48
3.5 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità e non prioritarie nei sedimenti: risultati .....	49
3.6 Classificazione dello Stato Ecologico.....	50
3.7 Classificazione dello Stato Chimico .....	51

## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento descrive i risultati relativi alla qualità delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia per il periodo 2020-2022 che rappresenta il primo triennio di monitoraggio operativo per il terzo Piano di Gestione.

Nel 2009 è iniziato il programma di monitoraggio ai sensi della Direttiva europea 2000/60/CE, recepita nella legislazione italiana dal D.Lgs.152/2006, a cui sono seguiti i decreti attuativi per la tipizzazione (D.M.131/2008), il monitoraggio (D.M.56/2009) e la classificazione (D.M.260/2010) dei corpi idrici.

A seguito del processo di tipizzazione e dell'Analisi di Rischio, i corpi idrici di transizione e marino-costieri regionali sono stati inizialmente considerati tutti a rischio di non raggiungere gli obiettivi di qualità, ed è stato pertanto applicato un monitoraggio di tipo operativo. Tale tipo di monitoraggio è stato mantenuto anche negli anni successivi sulla base degli esiti della classificazione dei corpi idrici, che ha evidenziato un stato ambientale sempre inferiore al buono, spesso a causa dei risultati ottenuti dal monitoraggio degli elementi chimici.

Il monitoraggio operativo ha una durata di 3 anni e prevede il controllo degli Elementi di Qualità Biologica (EQB) più sensibili alle pressioni insistenti sui corpi idrici, e degli elementi chimico-fisici e chimici (inquinanti specifici) a supporto. Include inoltre l'analisi delle sostanze appartenenti alla tabella 1/A (acque-biota) e 2/A (sedimenti) per le quali c'è evidenza di emissione nel corpo idrico, e delle sostanze della tabella 1/B (acque) e 3/B (sedimenti), se emesse in quantità significativa.

Le componenti biologiche vengono campionate in uno solo dei 3 anni di indagine, ad eccezione del fitoplancton che viene campionato ogni anno; il monitoraggio chimico (acque e biota) è effettuato in ognuno dei 3 anni.

I risultati del monitoraggio permettono di valutare lo stato ecologico dei corpi idrici, analizzando gli elementi di qualità biologica, fisico-chimica e chimica (inquinanti specifici), e di verificare lo stato chimico attraverso l'analisi delle sostanze dell'elenco di priorità. La classificazione dello stato ecologico include 5 classi di stato: elevato, buono, sufficiente, scarso, cattivo. Lo stato chimico è invece definito attraverso due classi: buono e mancato conseguimento dello stato buono, in base alla conformità o meno delle concentrazioni delle sostanze prioritarie rispetto agli standard di qualità ambientale fissati dalla Direttiva.

Per la presentazione dello stato ecologico e dello stato chimico viene fornita una mappa che riporta la classificazione di ciascun corpo idrico secondo lo schema cromatico indicato nel D.Lgs.152/06 e ss.mm.ii. (tab.4.6.1/a e tab.4.6.3/a) (tabella 1).

<b>Classe dello stato ecologico</b>	<b>Colori associati</b>
Elevato	blu
Buono	verde
Sufficiente	giallo
Scarso	arancione
Cattivo	rosso
<b>Classificazione dello stato chimico</b>	<b>Colori associati</b>
Buono	blu
Mancato conseguimento dello stato buono	rosso

Tabella 1. Schema cromatico per la presentazione dello stato ecologico e dello stato chimico.

## 2. ACQUE DI TRANSIZIONE

### 2.1 Quadro conoscitivo della laguna di Marano e Grado

La laguna di Marano e Grado rappresenta, per estensione, la seconda laguna del territorio nazionale ed una delle più importanti dell'intero bacino Mediterraneo. Il sistema lagunare si sviluppa su una superficie di circa 160 km<sup>2</sup>, per una lunghezza di circa 32 km ed una larghezza media di 5 km, ed è compreso fra l'apparato deltizio del fiume Tagliamento e quello del fiume Isonzo che caratterizza il profilo costiero Alto Adriatico della regione Friuli Venezia Giulia (figura 1). L'assetto idrologico lagunare è stato ed è attualmente sottoposto a numerose pressioni antropiche. Infatti, nel corso degli ultimi cinquant'anni sono state realizzate numerose opere quali le dighe foranee di Porto Buso e di Grado, il porto commerciale interno di Porto Nogaro con il relativo approfondimento del canale di collegamento alla bocca di Porto Buso e la realizzazione di numerosi porti turistici con i relativi canali di collegamento al sistema navigabile interno costituito dalla "Litoranea Veneta".



Figura 1. La Laguna di Marano e Grado

(<https://earth.google.com/web/@45.72201359,13.24837954,6.86151148a,43709.34781227d,35y,oh,ot,or>).

Come evidenziato in figura 1 il ricambio idrico con l'ambiente marino è assicurato dalla presenza di 6 bocche tidali (Lignano, S. Andrea, Buso, Morgo, La Fosa di Grado e Primerio) con una portata massima complessiva, stimata negli anni '50 dall'Istituto Idrografico del Magistrato delle Acque, pari a 8.750 m<sup>3</sup>/sec al colmo di una marea sizigiale. I bacini e sottobacini che caratterizzano la laguna sono solcati da un reticolo di canali di marea con andamento meandriforme che si ramificano procedendo verso le zone più interne dove assumono una struttura dendritica. Questi canali (ghebbi) incidono estese aree subpianeggianti caratterizzate da battenti idraulici ridotti, ma comunque quasi sempre presenti (velme), e superfici soggette ad essere sommerse solo durante le maggiori fasi di marea (barene). All'interno della laguna vi sono canali navigabili che collegano le bocche tidali a località e porti

perilagunari o alle foci di corsi d'acqua che sfociano provenienti dalla Pianura Friulana. I porti principali sono quelli di Marano Lagunare e Grado (pesca e diportistica), di Lignano e di Aprilia Marittima (diportistica), di S. Giorgio di Nogaro e di Torviscosa (industriali).

L'assetto idrologico interno è caratterizzato dalla dominanza dell'ingresso di acque marine (le acque lagunari hanno una salinità media di 33,7) e il cuneo salino penetra i corsi d'acqua che sfociano in laguna per almeno qualche chilometro dalla loro foce. Durante le fasi sizigiali le maree astronomiche hanno una semi-ampiezza massima (sollevamento o abbassamento massimo rispetto al livello medio del mare) di 55 cm; nelle quadrature questo valore si riduce a 15-20 cm. Per effetto delle sesse e del vento il livello dell'acqua in laguna può sollevarsi anche di 1 m sopra a quello delle maree sizigiali ed abbassarsi di quasi altrettanto.

I principali corsi d'acqua di risorgiva afferenti alla laguna di Marano e Grado sono i fiumi Stella, Cormor, Zellina, Corno, Aussa e Natissa, a questi vanno aggiunti una serie di canali artificiali e la presenza di numerose idrovore. Il contributo delle acque dolci incide per il 70-80% sulla laguna di Marano, mentre la laguna di Grado ha caratteristiche tipicamente marine.

Dal punto di vista della biodiversità la laguna di Marano e Grado costituisce un sistema ecologico di enorme importanza per le specie e gli habitat in essa presenti. Il sistema è protetto dalla Convenzione di Ramsar (1971) e comprende le riserve naturali regionali di Valle Canal Novo, Foci dello Stella e Valle Cavanata. L'intero perimetro lagunare fa parte dei siti Natura 2000 del Friuli Venezia Giulia (ZPS/ZSC– IT3320037 Laguna di Marano e Grado).

## 2.2 Rete di monitoraggio, parametri e frequenze di campionamento

Le acque di transizione sono state definite in base all'art. 54 del D.Lgs.152/06 come "i corpi idrici superficiali in prossimità della foce di un fiume, che sono parzialmente di natura salina a causa della loro vicinanza alle acque costiere, ma sono sostanzialmente influenzati dai flussi di acqua dolce". Successivamente nel D.M.131/08 è stata fornita una definizione "operazionale", attribuendo alla categoria acque di transizione "i corpi idrici di superficie >0,5 km<sup>2</sup> conformi all'art.2 della Direttiva, delimitati verso monte (fiume) dalla zona ove arriva il cuneo salino (definito come la sezione dell'asta fluviale nella quale tutti i punti monitorati sulla colonna d'acqua hanno il valore di salinità superiore a 0,5 psu) in bassa marea e condizioni di magra idrologica e verso valle (mare) da elementi fisici quali scanni, cordoni litoranei e/o barriere artificiali, o più in generale dalla linea di costa."

A seguito del processo di tipizzazione per la laguna di Marano e Grado sono stati rilevati tre tipi:

- ❖ laguna microtidale mesoalina (5-20 psu);
- ❖ laguna microtidale polialina (20-30 psu);
- ❖ laguna microtidale eualina (30-40 psu)

Definite le tipologie e valutate le principali pressioni che incidono sulle acque di transizione regionali (depuratori, idrovore, agricoltura, acquacoltura, traffici navali turistici e commerciali, porti), sono stati individuati 17 corpi idrici lagunari, di cui 4 fortemente modificati e 2 foci fluviali, corrispondenti ai principali fiumi regionali, Isonzo e Tagliamento (figura 2 e tabella 2). Sono stati definiti quali corpi idrici fortemente modificati, quelli situati all'interno dell'area delimitata dal ponte di Belvedere, costruito negli anni '30 tra Grado e Aquileia, che ha causato una consistente modificazione del regime idrologico; inoltre sono state inserite in questa categoria le aree che ospitano le valli da pesca ad allevamento estensivo e quelle attualmente dismesse.



Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

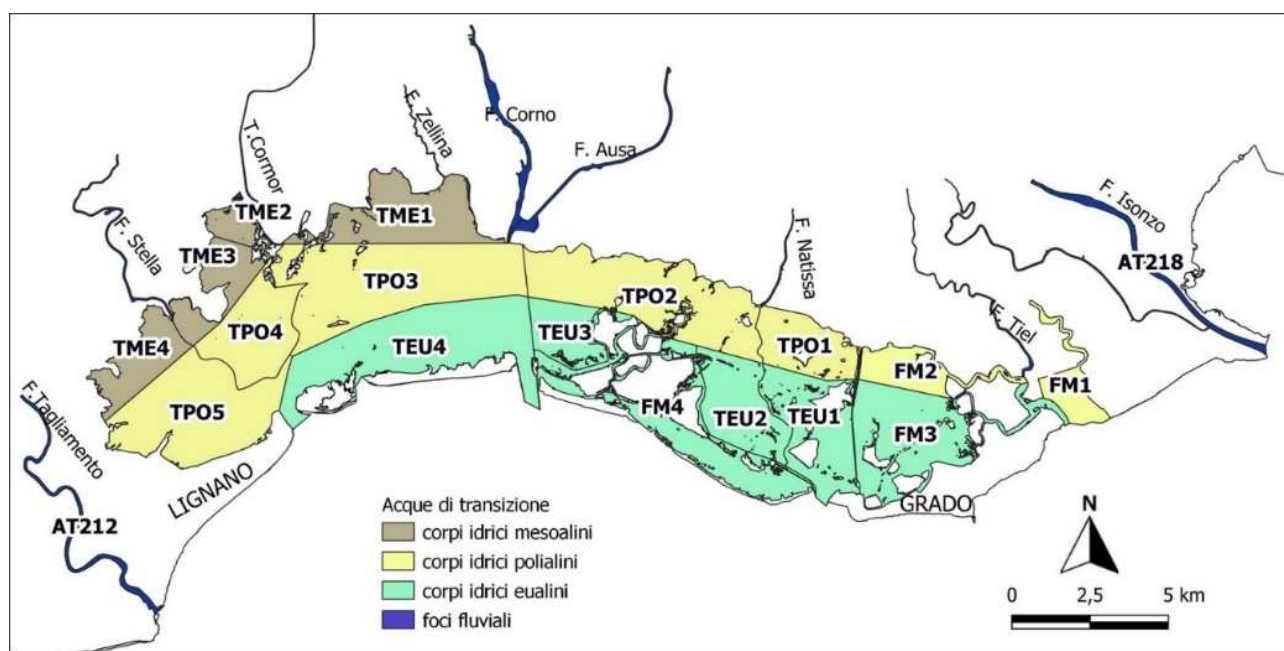


Figura 2. Corpi idrici identificati nella Laguna di Marano e Grado ai sensi della WFD/2000/60/CE.

Codice regionale CI	Denominazione CI	Salinità media
TME1	SECCA ZELLINA - MARANO	mesoalino
TME2	SECCA DI MUZZANA	mesoalino
TME3	FOCI DELLO STELLA INTERNO	mesoalino
TME4	SECCA MAN DI SPIESA'	mesoalino
TPO1	ARA STORTA	polialino
TPO2	LAGUNA SILISIA - FONDALE DELLA GRAN CHIUSA	polialino
TPO3	CIUCIAI DE SORA - FICARIOL S.PIERO INTERNO	polialino
TPO4	FOCI DELLO STELLA ESTERNO	polialino
TPO5	ACQUE - TAPO	polialino
TEU1	RAVAIARINA - GORGO	eualino
TEU2	FONDALE NASSION	eualino
TEU3	ANFORA - CASONI MARICCHIO	eualino
TEU4	CIUCIAI DE SOTO - FICARIOL S. PIERO ESTERNO	eualino
FM1 (*)	VALLE CAVANATA	polialino
FM2 (*)	PALUDO DELLA CAROGNA	polialino
FM3 (*)	BARBANA	eualino
FM4 (*)	ISOLE DELLA GRAN CHIUSA - BANCO D'ORIO	eualino
AT218	FOCE FOCE ISONZO	
AT212	FOCE FOCE TAGLIAMENTO	

Tabella 2. Elenco dei corpi idrici di transizione individuati nella Laguna di Marano e Grado. (\* corpi idrici fortemente modificati).

Le acque della Laguna di Marano e Grado sono state considerate a rischio di non raggiungere gli obiettivi previsti dal D.Lgs.152/06, in base alla Delibera Regionale n.1920 dd. 25 settembre 2008, che in via preliminare individua le acque lagunari come inquinate ai sensi dell'art.3 della direttiva 91/676/CE relativa alla protezione delle acque

## ■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole. Per tale motivo dal 2009 è stato predisposto un monitoraggio operativo per definire lo stato di qualità ambientale. Questo tipo di monitoraggio è stato mantenuto negli anni in base ai risultati delle classificazioni successive.

Nei corpi idrici di transizione regionali sono stati effettuati i campionamenti per tutti gli EQB, in considerazione dell'elevata variabilità dei parametri ambientali e dalla mancanza di informazioni pregresse per alcuni EQB.

Per la classificazione dello stato chimico sono state scelte le matrici acqua e biota, mentre per l'analisi di tendenza sono stati effettuati i campionamenti sulla matrice sedimento.

Per quanto riguarda le sostanze dell'elenco di priorità per le acque (tab.1/A del D.Lgs.172/15), è stata mantenuta la frequenza trimestrale, invece che mensile, in base alla valutazione dei risultati ad oggi disponibili ed in relazione alla sostenibilità analitica da parte della S.O.C. Laboratorio.

Nel triennio 2020-2022 sono stati monitorati 17 corpi idrici lagunari e le foci fluviali dei fiumi Isonzo e Tagliamento. I campionamenti sono stati effettuati su un totale di 115 stazioni, distribuite nei 19 corpi idrici a seconda degli elementi di qualità considerati (tabelle 3-6). Di seguito sono elencati i parametri e le rispettive frequenze di campionamento:

- ❖ composizione e abbondanza del fitoplancton: frequenza trimestrale (febbraio, maggio, agosto e novembre) in 17 stazioni in ciascun anno di indagine;
- ❖ composizione e abbondanza della flora acquatica: nel 2021 sono state campionate, nei 17 corpi idrici lagunari, 38 stazioni nel periodo primaverile, delle quali 20 ricampionate nel periodo autunnale;
- ❖ composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici: campionamento effettuato nel 2021 in 23 stazioni distribuite nei 17 corpi idrici lagunari; nel 2022 è stato ripetuto il campionamento in 5 stazioni;
- ❖ fauna ittica: campionamento semestrale in 16 corpi idrici nel 2021, delle quali 1 è stata ricampionata nel 2022;
- ❖ elementi idromorfologici: nel 2021 sono state effettuate le analisi granulometriche del sedimento contestualmente al campionamento dei macroinvertebrati bentonici;
- ❖ elementi fisico-chimici (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla *a*, nutrienti): frequenza trimestrale in ciascun anno del triennio, in 19 stazioni;
- ❖ sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nelle acque superficiali (tab.1/B - D.Lgs.172/15): frequenza trimestrale in ciascun anno del triennio, in 19 stazioni;
- ❖ sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nei sedimenti (tab.3/B – D.Lgs.172/15): frequenza annuale nel 2021, in 19 stazioni, una per corpo idrico;
- ❖ sostanze dell'elenco di priorità nelle acque superficiali (tab.1/A - D.Lgs.172/15): frequenza trimestrale in ciascun anno del triennio, in 19 stazioni, una per corpo idrico;
- ❖ sostanze dell'elenco di priorità nei sedimenti (tab.3/A - D.Lgs.172/15): frequenza annuale nel 2021, in 19 stazioni, una per corpo idrico.

Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo idrico	Stazione	Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)	Fitoplancton/elementi a sostegno	Macroinv.bentonici /elementi a sostegno	Chimica acque (tab. 1/A-1/B) D.Lgs.172/15	Chimica sedimento (tab. 3/A-3/B) D.Lgs.172/15)
	anno			2020-2021-2022	2021	2020-2021-2022	2021
	frequenza			trimestrale	annuale	trimestrale	annuale
TME1	TME101	45,76308	13,18627	x	x	x	
	TME102	45,76890	13,21667				x
TME2	TME201	45,75798	13,12692	x	x	x	x
TME3	TME301	45,74487	13,12092	x	x	x	x
TME4	TME401	45,70677	13,08550	x	x	x	x
	TME402	45,72215	13,10130		x		
TPO1	TPO101	45,72755	13,37475	x		x	x
	TPO102	45,73253	13,34978		x		
TPO2	TPO201	45,73890	13,29273	x	x	x	
	TPO204	45,72705	13,33563		x		x
TPO3	TPO301	45,73725	13,17165	x	x	x	
	TPO306	45,74912	13,20578		x		x
TPO4	TPO401	45,72498	13,13045	x	x	x	x
TPO5	TPO501	45,70353	13,10822	x	x	x	x
	TPO502	45,69970	13,13483		x		
TEU1	TEU101	45,71383	13,35415	x	x	x	x
TEU2	TEU201	45,70710	13,33187	x	x	x	x
TEU3	TEU301	45,73238	13,25558	x	x	x	x
TEU4	TEU401	45,73225	13,22095	x	x	x	x
	TEU404	45,72550	13,19027		x		
FM1	FM101	45,71530	13,47205	x	x	x	x
FM2	FM201	45,71360	13,41717	x		x	
	FM202	45,72155	13,39470		x		x
FM3	FM301	45,69135	13,40667	x	x	x	x
FM4	FM401	45,71297	13,28278	x	x	x	x
	FM403	45,68793	13,33775		x		
AT218	19sp	45,74617	13,51018				x
	19SP_Caneo	45,72943	13,53732	solo elementi fisico-chimici		x	
AT212	46SP	45,65950	13,07470	solo elementi fisico-chimici		x	x
<b>stazioni</b>	<b>29</b>			<b>17+2</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>19</b>

Tabella 3. Punti di campionamento per alcuni elementi di qualità nel triennio 2020-2022.

Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo idrico	Stazioni macrofite	Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)	Campionamento primaverile	Campionamento autunnale
TME1	TME1_MF_002	45,76710	13,21760	x	x
TME1	TME1_MF_003	45,75480	13,18510	x	x
TME1	TME1_MF_006	45,75630	13,21160	x	x
TME2	TME2_MF_002	45,75520	13,12560	x	x
TME3	TME3_MF_001	45,74920	13,12550	x	x
TME4	TME4_MF_001	45,71480	13,09330	x	x
TPO1	TPO1_MF_001	45,73210	13,34440	x	x
TPO1	TPO1_MF_002	45,72120	13,35660	x	x
TPO1	TPO1_MF_002	45,74210	13,25730	x	
TPO2	TPO2_MF_005	45,74070	13,29020	x	
TPO2	TPO2_MF_008	45,72820	13,32810	x	x
TPO3	TPO3_MF_001	45,74630	13,14900	x	x
TPO3	TPO3_MF_003	45,74130	13,17690	x	x
TPO3	TPO3_MF_004	45,73440	13,16620	x	
TPO3	TPO3_MF_006	45,74950	13,21830	x	x
TPO3	TPO3_MF_007	45,74120	13,23480	x	
TPO4	TPO4_2FI	45,71420	13,13060	x	x
TPO4	TPO4_MF_002	45,73590	13,15120	x	x
TPO4	TPO4_MF_003	45,72120	13,12050	x	x
TPO5	TPO5_MF_008	45,70270	13,11030	x	x
FM1	FM1_MF_003	45,71250	13,47330	x	x
FM2	FM2_MF_201	45,71250	13,41640	x	x
FM2	FM2_MF_202	45,72220	13,39300	x	
FM3	FM3_MF_002	45,70880	13,39810	x	x
FM3	FM3_MF_98	45,70200	13,42160	x	
FM3	FM3_MF_FM301TRIS	45,69920	13,40160	x	
FM4	FM4_MF_003	45,70030	13,30720	x	
TEU1	TEU1_MF_001	45,71060	13,36110	x	
TEU1	TEU1_MF_002	45,68720	13,37340	x	x
TEU1	TEU1_MF_003	45,68920	13,38360	x	
TEU2	TEU2_MF_002	45,69900	13,34010	x	
TEU2	TEU2_MF_003	45,71400	13,33510	x	
TEU3	TEU3_MF_002	45,72590	13,26390	x	
TEU3	TEU3_MF_004	45,73420	13,25490	x	
TEU4	TEU4_MF_001	45,72210	13,16770	x	
TEU4	TEU4_MF_003	45,72860	13,20670	x	
TEU4	TEU4_MF_005	45,72210	13,23220	x	
TEU4	TEU4_MF_007	45,71410	13,16490	x	
	<b>n° stazioni</b>			<b>38</b>	<b>20</b>

Tabella 4. Punti di campionamento delle macrofite.

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

<b>Corpo idrico</b>	<b>Stazioni fauna ittica</b>	<b>Latitudine (WGS84)</b>	<b>Longitudine (WGS84)</b>
<b>TME1</b>	TME1_FI1	45,76122	13,18900
<b>TME2</b>	TME2_FI1	45,75798	13,13455
<b>TME3</b>	TME3_FI1	45,74575	13,13433
<b>TME4</b>	TME4_FI1	45,71815	13,08595
<b>TPO1</b>	TPO1_FI1	45,73230	13,35443
<b>TPO2</b>	TPO2_FI1	45,73628	13,30493
<b>TPO3</b>	TPO3_FI1	45,74850	13,17800
<b>TPO4</b>	TPO4_FI1	45,72285	13,14340
<b>TPO5</b>	TPO5_FI1	45,69640	13,10275
<b>TEU1</b>	TEU1_FI1	45,70705	13,37860
<b>TEU2</b>	TEU2_FI1	45,71902	13,32260
<b>TEU3</b>	TEU3_FI1	45,72680	13,27305
<b>TEU4</b>	TEU4_FI1	45,72133	13,23657
<b>FM2</b>	FM2_FI1	45,72472	13,40217
<b>FM3</b>	FM3_FI1	45,70020	13,41512
<b>FM4</b>	FM4_FI1	45,69113	13,33802
<b>n° stazioni</b>	<b>16</b>		

Tabella 5. Punti di campionamento della fauna ittica.

Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo idrico	Stazioni biota	Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)	Specie
TME1	TME1_MIT	45,7561	13,1886	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TME3	TME3_MIT	45,7226	13,1103	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TME4	TME4_MIT	45,7207	13,1096	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TPO1	TPO1_MIT	45,7207	13,3461	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TPO2	TPO2_MIT	45,7246	13,3436	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TPO3	TPO3_MIT	45,7414	13,2015	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TPO4	TPO4_MIT	45,7135	13,1391	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TPO5	TPO5_MIT	45,7080	13,1310	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TEU1	TEU1_MIT	45,7028	13,3820	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TEU2	TEU2_MIT	45,7163	13,3417	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TEU3	TEU3_MIT	45,7168	13,2684	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TEU4	TEU4_MIT	45,7234	13,2331	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
FM2	FM2_MIT	45,7138	13,4289	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
FM3	FM3_MIT	45,6994	13,4115	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
FM4	FM4_MIT	45,7211	13,3170	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
TME1	TME1_FIB	45,76049	13,19128	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TME2	TME2_FIB	45,75666	13,12725	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TME3	TME3_2FI	45,74377	13,11517	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TME4	TME4_FIB	45,71724	13,08673	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TPO1	TPO1_FIB	45,73194	13,35139	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TPO2	TPO2_FIB	45,73222	13,33306	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TPO3	TPO3_FIB	45,74013	13,16381	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TPO4	TPO4_1FI	45,72772	13,14003	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TPO5	TPO5_FIB	45,69734	13,08691	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TEU1	TEU1_FIB	45,70722	13,36444	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TEU2	TEU2_FIB	45,71083	13,3275	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TEU3	TEU3_FIB	45,72611	13,26389	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
TEU4	TEU4_1FI	45,73467	13,22228	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
FM1	FM1_MF_001	45,70630	13,47970	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
FM2	FM2_1FI	45,71280	13,41395	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
FM3	FM3_3FI	45,70350	13,41103	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
FM4	FM4_FIB	45,69063	13,33787	<i>Chelon auratus</i> (2021); <i>Atherina boyeri</i> (2022)
<b>n° stazioni</b>	<b>32</b>			

Tabella 6. Punti di campionamento per l'analisi del biota degli anni 2021 e 2022.

## 2.3 Elementi per la classificazione dello Stato Ecologico: risultati

Nei corpi idrici di transizione regionali sono stati effettuati i campionamenti per tutti gli EQB utilizzabili nella classificazione dello stato ecologico: fitoplancton, macrofite, macroinvertebrati bentonici e fauna ittica. Gli EQB sono stati ritenuti tutti significativi in base alle pressioni che insistono sulle acque lagunari (idrovoce, agricoltura, acquacoltura, traffico marittimo turistico e commerciale, porti) e sono stati pertanto monitorati allo scopo di acquisire maggiori informazioni di un ambiente caratterizzato da una forte variabilità spaziale e temporale e, per tale motivo, di difficile interpretazione.

### 2.3.1 Popolamenti fitoplanctonici

Nel triennio 2020-2022 sono state effettuate 12 campagne di monitoraggio per l'analisi quali-quantitativa della comunità fitoplanctonica. I campionamenti sono stati effettuati in ogni corpo idrico, nella stessa stazione in cui sono stati rilevati i parametri fisico-chimici della colonna d'acqua. In totale sono stati prelevati 204 campioni di cui uno, per motivi tecnici, è risultato non determinabile.

L'indice multiparametrico per il fitoplancton (Multiparametric Phytoplankton Index, MPI) è stato applicato al fine di valutare lo stato ecologico dei corpi idrici lagunari. L'indice si compone di quattro metriche: (1) l'indice di Hulburt (1963) che individua le specie dominanti, (2) la frequenza dei *bloom*, (3) l'indice di biodiversità di Menhinick (1964) e (4) la concentrazione di clorofilla *a* (determinata per via spettrofluorimetrica) calcolata come media geometrica. Seguendo le Linee Guida di Facca *et al.* (2017) per l'applicazione dell'indice MPI, sono stati distinti i corpi idrici confinati da quelli non confinati, sono state calcolate le medie delle quattro metriche su base annuale rapportate ai valori di riferimento e, dalla media dei risultati ottenuti nei tre anni di indagine, sono state ottenute le classi di qualità di appartenenza per tutti i corpi idrici.

Dai risultati conseguiti si può notare che la maggior parte dei corpi idrici ricade nello stato buono ed elevato, ad eccezione di TME2 che risulta sufficiente. Questo corpo idrico è situato alla foce dei fiumi Turgnano e Cormor ed è influenzato dagli apporti delle acque dolci di questi affluenti. Lo stato di questo corpo idrico scade nella classe di sufficiente probabilmente per lo sviluppo di frequenti e abbondanti fioriture che sono state rilevate nel corso del periodo di indagine. Tali fioriture erano rare o assenti negli altri corpi idrici della laguna di Marano e Grado (tabella 7).

Nello specifico, dall'analisi delle abbondanze fitoplanctoniche si nota che la maggior parte dei corpi idrici, nel corso del triennio 2020-2022, presenta valori medi annui inferiori a 2.000.000 cell/l (figura 3). Le abbondanze maggiori si osservano in TPO3 ad agosto 2022, per la fioritura di *Nitzschia cfr. longissima* (74.933.705 cell/l), nei corpi idrici mesoalini TME1 e TME2 con la diatomea *Ceratoneis closterium* (rispettivamente 21.848.631 cell/l e 66.001.072 cell/l) ad agosto 2021 e nel corpo idrico fortemente modificato FM1 (Val Cavanata) con una fioritura di nanoplancton (40.875.147 cell/l) a febbraio 2020 (figura 3).

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo idrico	Macrotipo	Salinità	Tipo	Indice MPI	STATO 2020-2022
TME1	M-AT-2	mesoalino	confinato	0,52	buono
TME2	M-AT-2	mesoalino	confinato	0,37	sufficiente
TME3	M-AT-2	mesoalino	confinato	0,57	buono
TME4	M-AT-2	mesoalino	confinato	0,56	buono
TPO1	M-AT-2	polialino	confinato	0,65	buono
TPO2	M-AT-2	polialino	confinato	0,67	buono
TPO3	M-AT-2	polialino	non confinato	0,87	elevato
TPO4	M-AT-2	polialino	non confinato	0,67	buono
TPO5	M-AT-2	polialino	non confinato	0,72	buono
TEU1	M-AT-3	eualino	non confinato	0,85	elevato
TEU2	M-AT-3	eualino	non confinato	0,88	elevato
TEU3	M-AT-3	eualino	non confinato	0,79	buono
TEU4	M-AT-3	eualino	non confinato	0,82	elevato
FM1	M-AT-2	polialino	confinato	0,74	buono
FM2	M-AT-2	polialino	confinato	0,88	elevato
FM3	M-AT-3	eualino	non confinato	0,89	elevato
FM4	M-AT-3	eualino	confinato	0,86	elevato

Tabella 7. Valori medi dell'indice MPI per il fitoplancton nei tre anni di indagine.

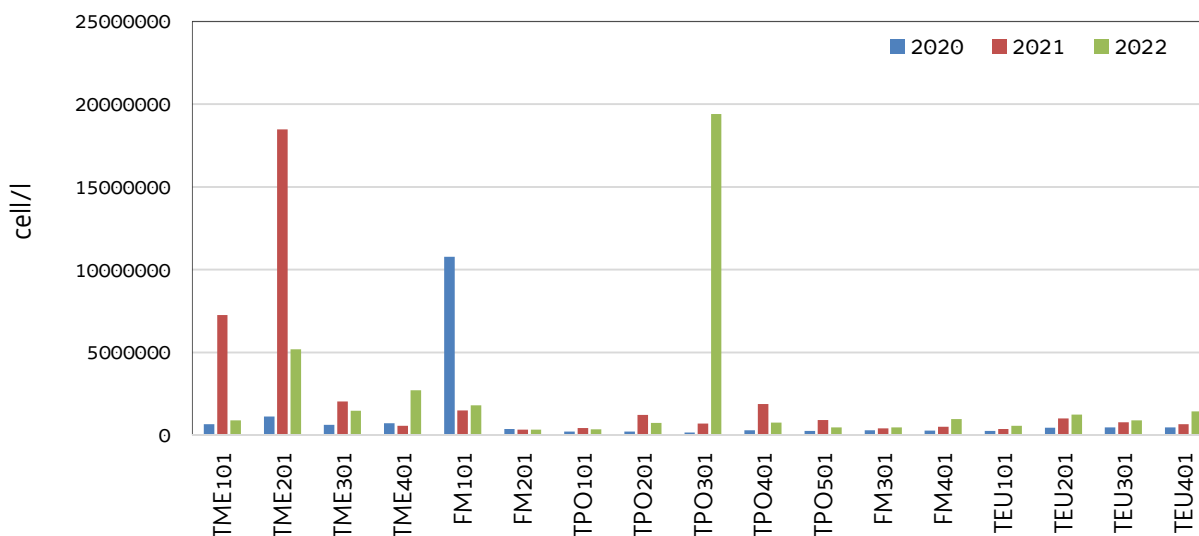


Figura 3. Valori medi annui delle abbondanze fitoplanctoniche (cellule/l) in 17 corpi idrici nei tre anni di indagine.



### 2.3.2 Macrofite

Il campionamento delle macrofite (macroalghe e fanerogame marine) è stato effettuato nel 2021, in 38 stazioni nel periodo primaverile e in 20 stazioni nel periodo autunnale (tabella 4). Il campionamento autunnale non è stato ripetuto in quelle stazioni in cui la copertura di fanerogame, rilevata a primavera, era >75% di *Ruppia cirrhosa*, *R. maritima*, *Zostera noltei* o *Zostera marina* oppure  $\geq 25\%$  di *Cymodocea nodosa* (Sfriso et al., 2014). Nel Report di validazione del metodo MaQI pubblicato da ISPRA a marzo 2012, si specifica che “il MaQI va applicato alla lista tassonomica completa derivante da 2 campionamenti e che pertanto ne risulta un’unica classificazione annuale”. In considerazione dei concetti sopra esposti e del fatto che una copertura di fanerogame superiore alle percentuali sopra indicate determini una classe di qualità elevata indipendentemente dal numero delle specie rilevate e dalla loro sensibilità (anche in un eventuale campionamento successivo), la ripetizione del campionamento in autunno non apporterebbe informazioni supplementari utili alla classificazione.

Nel corso di ogni campionamento è stata determinata la copertura algale, controllando la presenza/assenza attraverso saggi puntuali effettuati toccando il fondale con un rastrello, come previsto dai protocolli di campionamento. La valutazione della copertura specifica delle fanerogame, quando presenti, è stata effettuata in immersione o, nel caso tale modalità non fosse attuabile, tramite la tecnica del *visual census* dall’imbarcazione.

In totale sono stati rinvenuti 57 taxa macroalgali (33 Rhodophyta, 19 Chlorophyta, 5 Ochrophyta) e 5 fanerogame marine, delle quali *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*, *Zostera noltei* sono state rilevate con maggior frequenza e abbondanza, mentre *Ruppia cirrhosa* e *Ruppia maritima* molto raramente. Tra i taxa macroalgali le specie più frequenti, ampiamente distribuite nella laguna, sono le Chlorophyta *Ulva laetevirens/rigida* e *Ulvella viridis* e le Rhodophyta *Pneophyllum fragile* e *Hydrolithon boreale*, entrambe di qualità elevata.

Il D.M. 260/2010 prevede per la classificazione dello stato ecologico delle macrofite l’applicazione dell’indice MaQI (Macrophyte Quality Index), che si basa sulla determinazione delle principali associazioni di macroalghe e fanerogame marine presenti nelle aree di studio. In tabella 8 sono riportati i risultati dell’indice e lo stato di qualità per i 17 corpi idrici lagunari. In generale, lo stato delle macrofite è elevato nei corpi idrici eualini, più influenzati dalle acque marine, varia tra elevato e scarso in quelli polialini e tra sufficiente e cattivo nei corpi idrici mesoalini della laguna di Marano, prossimi alla gronda lagunare, dove la salinità si abbassa ed aumenta la torbidità per la presenza dei fiumi che sfociano in laguna.

Corpo idrico	Macrotipo	Indice MaQI	STATO 2020-2022
TME1	M-AT-2	0,6	sufficiente
TME2	M-AT-2	0,18	cattivo
TME3	M-AT-2	0,35	scarso
TME4	M-AT-2	0,35	scarso
TPO1	M-AT-2	0,55	sufficiente
TPO2	M-AT-2	0,95	elevato
TPO3	M-AT-2	0,85	elevato
TPO4	M-AT-2	0,57	sufficiente
TPO5	M-AT-2	0,3	scarso
TEU1	M-AT-3	0,88	elevato
TEU2	M-AT-3	0,93	elevato
TEU3	M-AT-3	1	elevato
TEU4	M-AT-3	1	elevato
FM1	M-AT-2	0,25	scarso
FM2	M-AT-2	0,55	sufficiente
FM3	M-AT-3	0,93	elevato
FM4	M-AT-3	1	elevato

Tabella 8. Valori medi dell’indice MaQI per le macrofite.

### 2.3.3 Macroinvertebrati bentonici

I macroinvertebrati bentonici includono organismi di dimensioni superiori ad 1 mm, che vivono sul fondo marino o sono strettamente associati ad esso; i gruppi maggiormente rappresentati nell'ambiente lagunare sono i policheti, i molluschi ed i crostacei.

Il campionamento per questo EQB è stato effettuato nel periodo compreso tra aprile e maggio 2021, in 23 stazioni distribuite nei 17 corpi idrici lagunari. Nei corpi idrici FM4, TEU4, TME4, TPO2, TPO3 e TPO5 sono state campionate due stazioni ed in tutti gli altri una sola stazione. A causa di problemi legati alla conservazione del campione, cinque stazioni (TEU201, TEU401, TME101, TME402, TPO501) sono state campionate nuovamente nel 2022 e per le elaborazioni dei dati sono stati usati questi ultimi risultati. Per ciascuna stazione sono state raccolte 4 repliche di sedimento con una benna di tipo van Veen con superficie di presa di 0,047 m<sup>2</sup>, il campione è stato setacciato sull'imbarcazione su una maglia di 1 mm. In laboratorio è stato effettuato il sorting e la determinazione del numero di specie e di individui presenti in ciascun campione.

Complessivamente sono stati identificati 177 taxa, di cui 82 appartenenti ai policheti, 42 ai crostacei, 38 ai molluschi, 5 agli echinodermi e 10 ad altri taxa, per un totale di 9.354 individui conteggiati. La specie più abbondante e frequente è il bivalve *Abra segmentum*, soprattutto nei corpi idrici mesoalini e polialini. Il polichete *Hediste diversicolor* è presente quasi esclusivamente nei corpi idrici mesoalini, dove sono molto abbondanti anche il polichete *Streblospio shrubsolei* ed il crostaceo *Gammarus aequicauda*.

In genere il numero di taxa è mediamente più basso nei corpi idrici mesoalini, mentre è simile in quelli polialini ed eualini (figura 4).

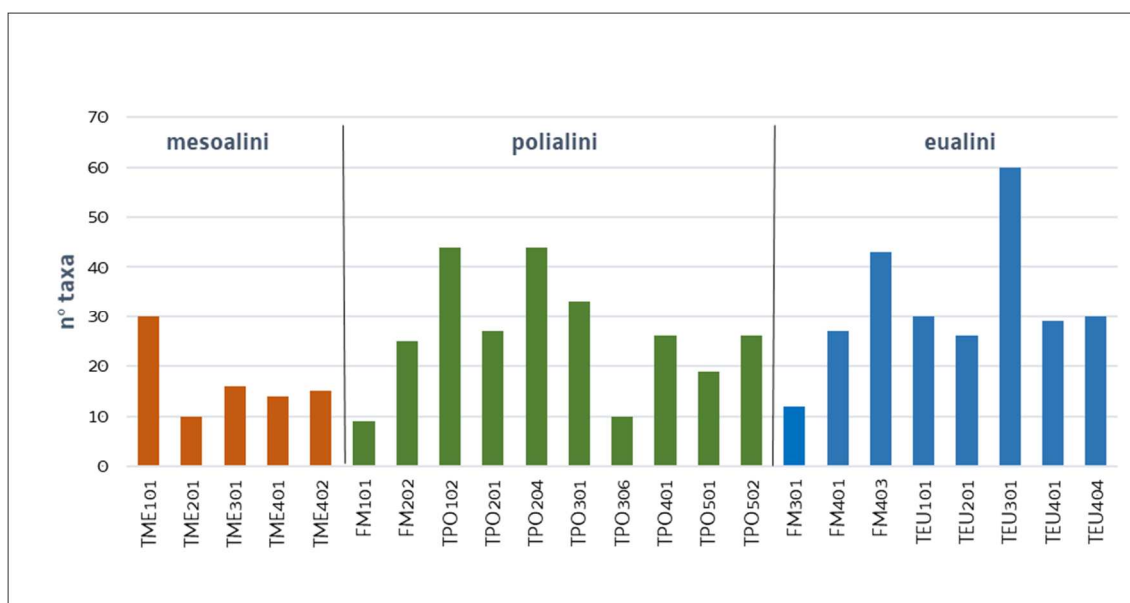


Figura 4. Numero di taxa per stazione nei corpi idrici meso-, poli- ed eualini.

La stazione TEU201 presenta la densità più elevata (6.330 ind./m<sup>2</sup>), a causa della forte dominanza di *Corophium* sp. (4.298 ind./m<sup>2</sup>), mentre quella con il minor numero di individui è la TPO306 (figura 5).

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

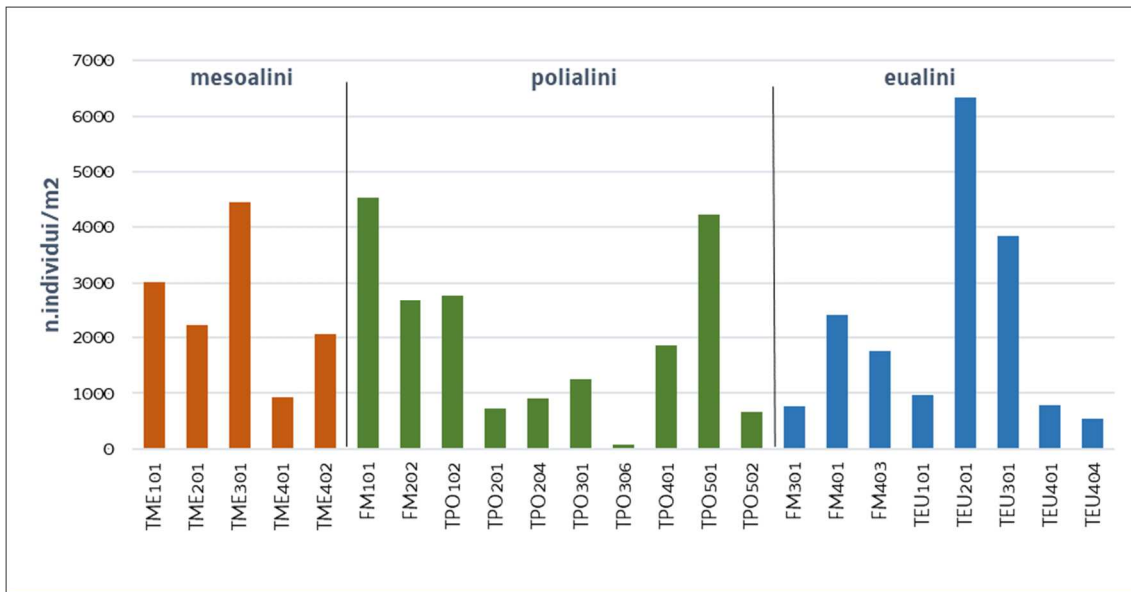


Figura 5. Numero di individui per stazione nei corpi idrici meso-, poli- ed eualini.

La distribuzione dei taxa nei diversi gruppi tassonomici mostra l'assenza degli echinodermi nei corpi idrici mesoalini, maggiormente interessati dagli apporti di acque dolci, ed una distribuzione dei gruppi simile per i corpi idrici polialini ed eualini, dove i policheti rappresentano più del 40% dei taxa presenti (figura 6).

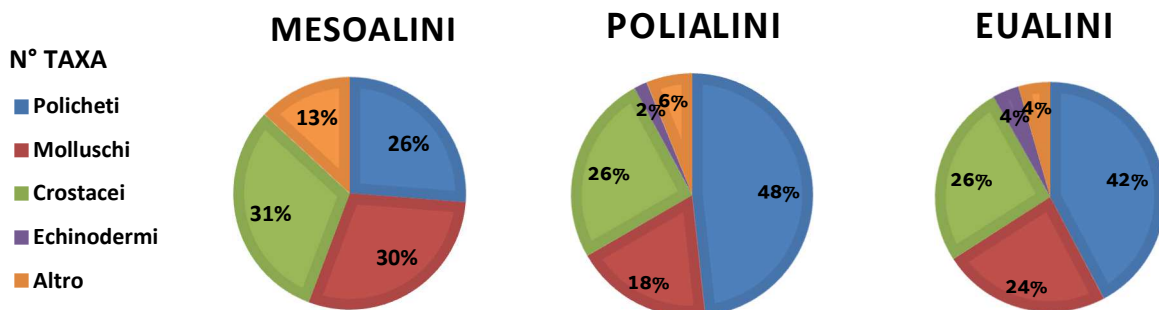


Figura 6. Principali gruppi tassonomici nei corpi idrici meso-, poli- ed eualini.

Per la classificazione dello stato di qualità dell'EQB macroinvertebrati bentonici è stato usato l'indice M-AMBI (D.M. 260/10) e nel caso di più stazioni per corpo idrico è stato calcolato il valore medio. L'indice M-AMBI è un indice multivariato, che deriva da una evoluzione dell'indice AMBI, integrato con l'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') e con il numero di specie (S). Il calcolo dell'indice M-AMBI prevede l'elaborazione di queste 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.

Nel D.M. 260/10 sono riportati i limiti di classe (tab. 4.4.1/c) ed i valori di riferimento (tab.4.4.1/d) per l'applicazione di questo indice in base ai due macrotipi presenti nelle acque lagunari regionali: M-AT-2 (laguna microtidale mesoalina e polialina) e M-AT-3 (laguna microtidale eualina).

Dall'analisi dei risultati, lo stato di qualità dei macroinvertebrati bentonici, per il triennio 2020-2022, è risultato cattivo in un unico corpo idrico, scarso in 2, sufficiente in 2, buono in 10, elevato in 2 (tabella 9).

## ■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Lo stato cattivo del corpo idrico fortemente modificato FM1 è legato alla forte dominanza di specie opportuniste, in particolare i policheti *Capitella capitata* e *Malacoceros fuliginosus*, caratteristici di ambienti ad alto contenuto di sostanza organica, dovuta in questo caso alla presenza, nel periodo primaverile, di un'abbondante fioritura della macroalga *Chaetomorpha sp.*. Il corpo idrico FM1 è un ex valle da pesca, arginata, in cui il ricambio dell'acque è regolato dalla presenza di chiuse. Per i corpi idrici TEU2 e TME2 lo stato scarso è presumibilmente legato alla forte dominanza di *Corophium sp.*, che in entrambe le stazioni raggiunge più del 70% del numero di individui totale.

Corpo idrico	Macrotipo	Indice AMBI	Diversità(H')	N°specie (S)	Indice M-AMBI	STATO 2020-2022
TME1	M-AT-2	2,42	3,91	30	1,00	elevato
TME2	M-AT-2	3,07	1,20	10	0,52	scarso
TME3	M-AT-2	2,76	2,43	16	0,73	buono
TME4	M-AT-2	2,74	2,53	15	0,74	buono
TPO1	M-AT-2	3,12	2,61	44	0,94	buono
TPO2	M-AT-2	2,95	4,13	36	1,00	elevato
TPO3	M-AT-2	2,61	3,45	22	0,90	buono
TPO4	M-AT-2	3,25	3,12	26	0,83	buono
TPO5	M-AT-2	2,56	3,34	23	0,90	buono
TEU1	M-AT-3	2,98	3,84	30	0,72	buono
TEU2	M-AT-3	2,33	1,74	26	0,55	scarso
TEU3	M-AT-3	2,78	3,82	60	0,92	buono
TEU4	M-AT-3	1,50	4,07	30	0,83	buono
FM1	M-AT-2	4,34	1,54	9	0,41	cattivo
FM2	M-AT-2	3,21	2,75	25	0,79	buono
FM3	M-AT-3	0,27	2,09	12	0,61	sufficiente
FM4	M-AT-3	3,04	3,36	35	0,70	sufficiente

Tabella 9. Valori medi degli indici e stato di qualità dei macroinvertebrati bentonici.

### 2.3.4 Fauna ittica

Il campionamento della fauna ittica per il triennio 2020-2022 è stato effettuato secondo la linea guida ufficiale n. 168/2017 "Manuale per la classificazione dell'Elemento di Qualità Biologica fauna ittica nelle lagune costiere italiane", pubblicata da ISPRA. I campioni sono stati raccolti in 16 stazioni con il metodo della tratta manuale. La descrizione dettagliata del metodo di campionamento è consultabile dal video tutorial di ISPRA al seguente link: <https://www.youtube.com/watch?v=rEEESChAUDc&feature=youtu.be>.

Il campionamento è stato effettuato nel 2021 a cadenza semestrale (primavera e autunno) in tutti i corpi idrici, ad eccezione di FM1 (Val Cavanata) a causa dell'impossibilità di praticare l'utilizzo della tratta manuale in tale habitat. Nel 2022 sono stati eseguiti ulteriori campionamenti di verifica nel corpo idrico TME4, in quanto nel 2021 sono state rilevate alcune criticità nei valori dell'indice HFBi.

Complessivamente sono state rilevate 21 specie ittiche appartenenti a 12 famiglie: 10 specie sono estuarino residenti tipiche degli ambienti di transizione, 10 specie sono forme giovanili marino migratorie ed 1 specie è classificata come diadroma.

Nella tabella 10 viene riportato lo stato di qualità della fauna ittica in ciascun corpo idrico per il triennio operativo 2020-2022, in cui 1 corpo idrico risulta in stato elevato, 7 in stato buono, 8 in stato sufficiente ed 1 in stato scarso.

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo idrico	Macrotipo	Indice HFBi	STATO 2020-2022
TME1	M-AT-2	0,393	sufficiente
TME2	M-AT-2	0,409	sufficiente
TME3	M-AT-2	0,425	sufficiente
TME4	M-AT-2	0,253	scarso
TPO1	M-AT-2	0,406	sufficiente
TPO2	M-AT-2	0,683	buono
TPO3	M-AT-2	0,429	sufficiente
TPO4	M-AT-2	0,659	buono
TPO5	M-AT-2	0,642	buono
TEU1	M-AT-3	0,458	sufficiente
TEU2	M-AT-3	0,596	buono
TEU3	M-AT-3	0,511	sufficiente
TEU4	M-AT-3	0,999	elevato
FM1	M-AT-2	/	/
FM2	M-AT-2	0,767	buono
FM3	M-AT-3	0,884	buono
FM4	M-AT-3	0,5	sufficiente

Tabella 10. Valori medi dell'indice per la fauna ittica e stato di qualità.

### 2.3.5 Elementi fisico-chimici a sostegno

Nei 17 corpi idrici lagunari e nelle due foci fluviali sono stati monitorati ed analizzati i seguenti parametri fisico-chimici a sostegno:

- ❖ temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH e clorofilla *a*, utilizzando una sonda multiparametrica;
- ❖ trasparenza con il disco Secchi;
- ❖ analisi per via spettrofluorimetrica della clorofilla *a* (escluse le 2 foci fluviali);
- ❖ analisi dei nutrienti (azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale, fosforo reattivo, fosforo totale, silice reattiva);
- ❖ analisi granulometriche (contestualmente al campionamento dei macroinvertebrati bentonici).

#### 2.3.5.a Rilievi con sonda multiparametrica: temperatura, salinità, pH, clorofilla *a* e ossigeno disciolto

I rilievi puntuali, effettuati con sonda multiparametrica, sono stati sempre eseguiti nelle ore diurne, prevalentemente dalle ore 10:00 alle 16:00, quindi sostanzialmente nel periodo della giornata in cui l'irradianza PAR fornisce l'energia per l'attività produttiva del plancton e delle macroalghe.

I grafici di figura 7 riassumono l'andamento temporale dei parametri acquisiti con sonda multiparametrica, la tabella 11 riporta l'analisi statistica delle misure effettuate nel triennio e la figura 8 evidenzia la distribuzione spaziale del loro valore mediano.

Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

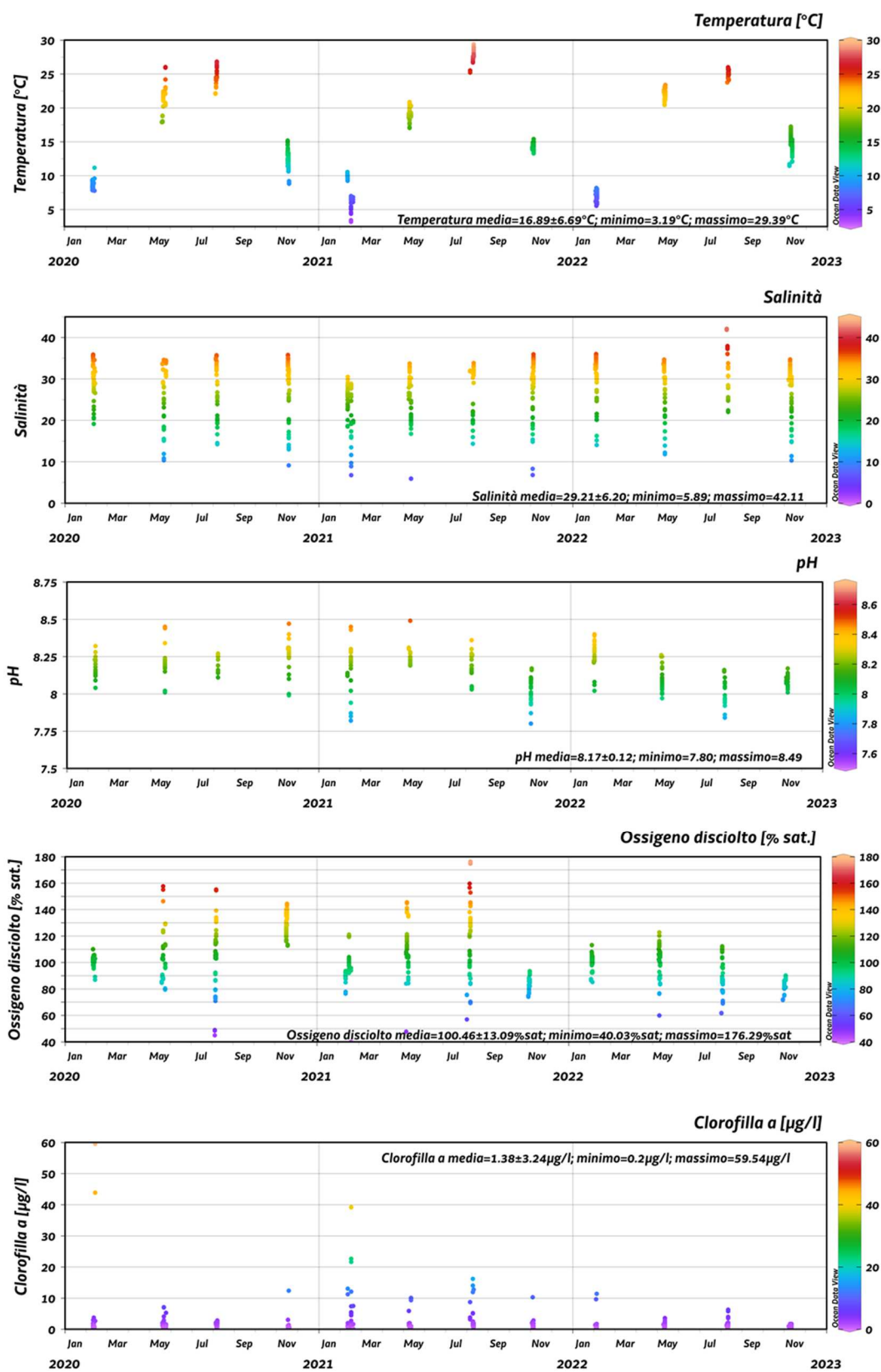


Figura 7. Distribuzione temporale dei parametri misurati con sonda multiparametrica in 17 corpi idrici lagunari nel triennio 2020-22 (sono escluse le due foci fluviali) (grafici: Scitzer, Reiner, Ocean Data View, <https://odv.awi.de/2021>).

Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo idrico	Stazione		Profondità fondale (m)	Temp. (°C)	Salinità	Ossigeno disciolto (mg/l)	Ossigeno disciolto (%sat.)	pH	Clorofilla a (µg/l)
TME1	TME101	media	0,93	16,71	25,54	8,80	102,66	8,14	2,51
	TME101	mediana	0,90	14,74	25,25	7,37	103,18	8,12	0,86
	TME101	minimo	0,60	3,19	17,34	6,11	78,83	7,84	0,44
	TME101	massimo	1,10	27,58	30,77	14,23	155,22	8,45	22,64
TME2	TME201	media	0,79	16,62	16,45	9,73	108,86	8,20	4,08
	TME201	mediana	0,80	14,17	16,16	9,97	98,63	8,19	2,29
	TME201	minimo	0,50	5,96	5,89	5,05	70,71	7,80	0,20
	TME201	massimo	1,10	26,68	25,59	14,97	159,61	8,49	16,19
TME3	TME301	media	1,18	16,56	21,29	8,71	100,11	8,11	2,14
	TME301	mediana	1,10	14,41	19,83	8,51	97,05	8,10	1,31
	TME301	minimo	0,85	6,53	6,77	4,83	69,03	7,94	0,39
	TME301	massimo	1,60	26,88	31,40	13,22	136,27	8,28	12,37
TME4	TME401	media	0,99	16,53	18,25	8,90	99,36	8,18	2,44
	TME401	mediana	1,00	14,42	19,25	8,24	97,09	8,21	1,48
	TME401	minimo	0,75	5,16	8,92	5,73	77,80	7,92	0,20
	TME401	massimo	1,30	26,81	24,67	13,55	136,06	8,31	39,18
TPO1	TPO101	media	0,78	16,80	32,23	7,60	92,96	8,18	0,82
	TPO101	mediana	0,70	14,63	32,78	7,51	91,64	8,19	0,70
	TPO101	minimo	0,50	5,94	25,64	4,37	59,87	7,99	0,45
	TPO101	massimo	1,30	28,17	37,77	10,81	117,02	8,30	1,99
TPO2	TPO201	media	1,13	16,29	29,85	8,55	103,14	8,28	1,07
	TPO201	mediana	1,10	14,60	30,38	8,57	91,65	8,20	0,78
	TPO201	minimo	0,50	5,56	23,08	5,48	76,35	8,02	0,20
	TPO201	massimo	1,60	28,54	37,27	11,60	176,27	8,69	11,23
TPO3	TPO301	media	1,30	16,82	29,43	8,60	104,07	8,20	0,84
	TPO301	mediana	1,30	14,88	29,64	8,33	100,70	8,21	0,72
	TPO301	minimo	0,80	4,39	24,23	5,66	83,47	8,04	0,37
	TPO301	massimo	1,60	27,28	33,80	12,11	139,56	8,36	2,47
TPO4	TPO401	media	1,42	16,90	28,10	8,52	102,46	8,17	0,80
	TPO401	mediana	1,30	15,34	28,75	8,36	102,53	8,20	0,72
	TPO401	minimo	1,25	6,39	16,64	5,81	82,50	7,97	0,20
	TPO401	massimo	1,60	27,13	32,74	13,15	140,88	8,37	1,74
TPO5	TPO501	media	1,35	16,67	23,59	8,74	101,29	8,13	1,10
	TPO501	mediana	1,30	14,89	22,19	7,85	99,16	8,14	0,73
	TPO501	minimo	1,00	5,03	15,79	5,42	77,32	7,82	0,40
	TPO501	massimo	1,60	26,78	32,79	13,85	144,31	8,29	11,36
TEU1	TEU101	media	1,58	16,51	32,89	8,08	99,73	8,22	1,09
	TEU101	mediana	1,60	15,49	33,51	8,15	91,94	8,22	0,69
	TEU101	minimo	1,00	6,56	25,61	5,94	80,09	8,10	0,20
	TEU101	massimo	2,10	27,78	37,91	10,28	124,39	8,39	13,03
TEU2	TEU201	media	1,06	17,57	32,22	8,90	112,67	8,28	0,79
	TEU201	mediana	1,10	14,93	33,16	9,13	111,39	8,27	0,71
	TEU201	minimo	0,70	6,88	23,44	6,75	81,23	8,09	0,40
	TEU201	massimo	1,30	29,05	37,91	11,57	152,84	8,52	1,99
TEU3	TEU301	media	2,01	17,86	34,09	8,05	103,39	8,20	0,94
	TEU301	mediana	1,60	17,14	34,47	7,35	101,08	8,21	0,85
	TEU301	minimo	1,00	7,83	24,86	6,62	84,44	8,10	0,23
	TEU301	massimo	4,10	27,87	37,79	10,97	135,57	8,32	2,94
TEU4	TEU401	media	1,34	17,35	34,42	8,43	107,76	8,21	0,85
	TEU401	mediana	1,30	17,04	35,54	8,40	108,05	8,23	0,79
	TEU401	minimo	0,80	8,15	27,38	6,33	80,62	8,07	0,20
	TEU401	massimo	1,60	27,76	37,62	11,15	138,37	8,31	1,92
FM1	FM101	media	0,85	15,67	30,79	6,87	80,97	8,11	4,86
	FM101	mediana	0,80	16,04	31,09	6,58	84,40	8,10	1,46
	FM101	minimo	0,50	6,11	19,45	3,20	40,09	7,71	0,20
	FM101	massimo	1,30	25,52	42,11	11,06	113,56	8,62	59,54
FM2	FM201	media	2,84	16,93	31,11	7,74	94,37	8,13	0,89
	FM201	mediana	3,10	16,67	32,39	8,12	89,81	8,16	0,78
	FM201	minimo	1,00	7,51	18,49	4,59	69,38	7,77	0,41
	FM201	massimo	3,60	27,62	36,04	11,68	140,39	8,30	12,73
FM3	FM301	media	1,23	16,01	32,99	8,24	100,72	8,21	0,79
	FM301	mediana	1,10	14,49	34,10	8,13	102,95	8,17	0,71
	FM301	minimo	0,60	7,11	26,50	5,56	79,28	8,11	0,42
	FM301	massimo	1,80	27,77	37,89	11,19	131,51	8,41	3,02
FM4	FM401	media	0,97	17,42	32,51	7,76	97,40	8,20	0,88
	FM401	mediana	1,00	17,06	32,73	7,35	92,51	8,17	0,87
	FM401	minimo	0,50	6,10	26,16	5,69	74,96	8,05	0,41
	FM401	massimo	1,40	29,39	37,45	10,99	130,82	8,44	1,96
AT218	19SP_CANEO	media	2,55	15,00	18,22	8,86	95,72	7,65	0,69
	19SP_CANEO	mediana	2,60	13,99	23,34	9,01	95,75	7,74	0,69
	19SP_CANEO	minimo	1,30	5,42	0,99	5,09	74,87	6,79	0,37
	19SP_CANEO	massimo	3,75	25,95	35,26	15,01	135,83	8,45	2,07
AT212	46SP	media	2,32	16,45	16,56	9,10	100,79	7,97	0,70
	46SP	mediana	2,35	13,94	15,13	8,80	99,78	8,06	0,60
	46SP	minimo	1,60	6,38	0,25	6,24	84,81	7,17	0,38
	46SP	massimo	2,80	25,92	36,18	13,56	139,63	8,22	1,57

Tabella 11. Media, mediana, minimo e massimo dei parametri misurati con sonda multiparametrica nei 19 corpi idrici nel triennio 2020-22. In evidenza i valori critici (giallo), minimi/massimi (arancione).

Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

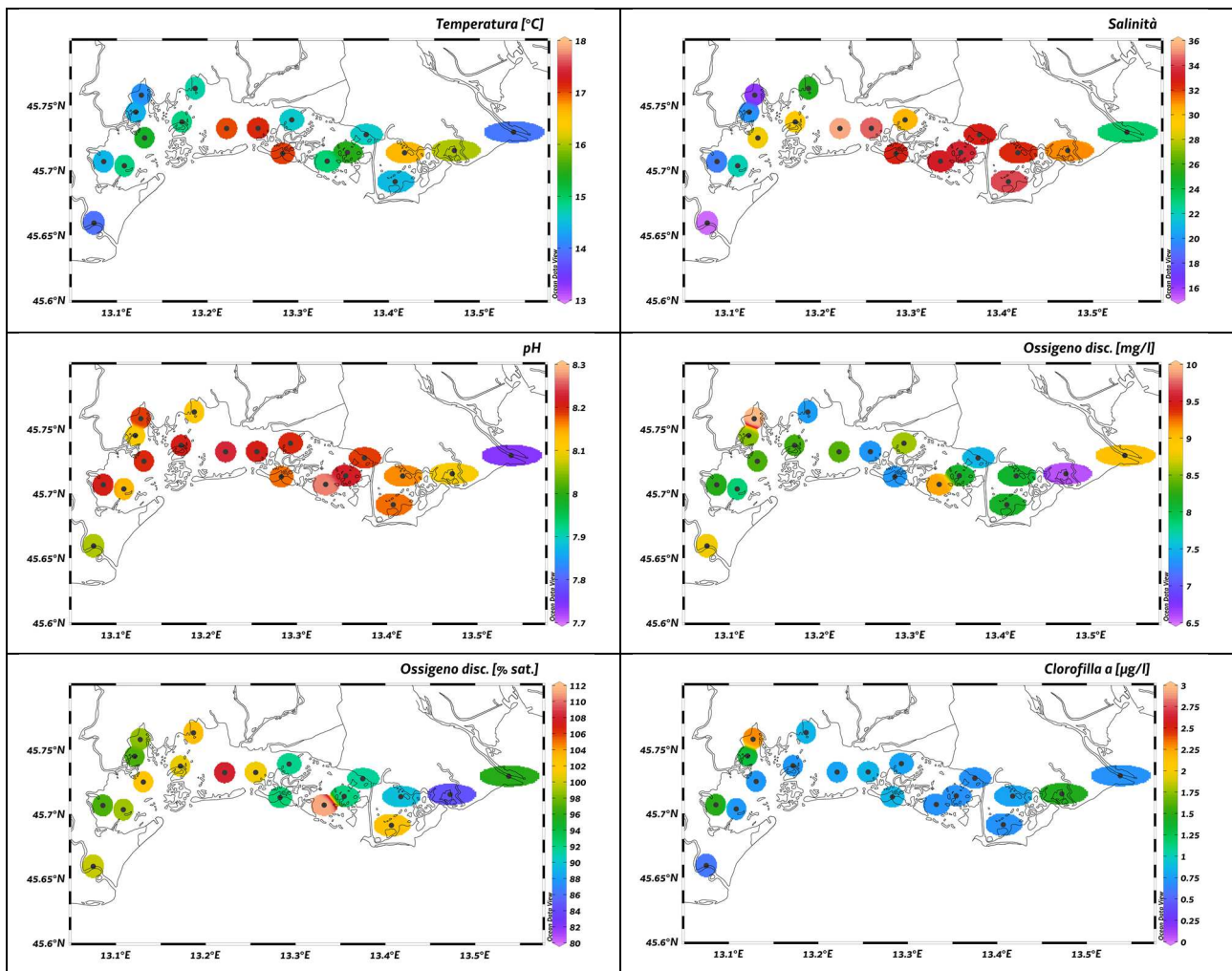


Figura 8. Distribuzione spaziale del valore medio dei parametri idrologici nei 19 corpi idrici nel triennio 2020-22 (grafici: Slitzer, Reiner, Ocean Data View, <https://odv.awi.de,2021>).

Nel triennio la temperatura è stata caratterizzata da un valore medio di 16,67°C con minimi di 3,19°C e massimi di 29,39°C rispettivamente nella stazione TME101 (16/02/21) e FM401 (11/08/21); entrambe le stazioni hanno una limitata batimetria che comporta sia un forte raffreddamento che riscaldamento (tabella 11). Nel 2021 la temperatura ha presentato un ciclo annuale tipico delle acque di transizione con momenti di forte raffreddamento in febbraio e massimi in agosto (figura 7). Analizzando la mediana della temperatura non si osservano particolari gradienti spaziali, ma si distinguono, per i valori più alti, le tre stazioni poste in prossimità della bocca lagunare di Porto Buso influenzate dalle acque marine (figura 8).

Il valore medio della salinità è stato di 27,05 con minimi <1 (nelle foci fluviali) e di 5,96 nella stazione TME201 influenzata dagli apporti fluviali del fiume Cormor. Il valore massimo (42,11) è stato registrato nella stazione FM101 (ex valle da pesca "Cavanata") il 10/08/22. In questo corpo idrico il livello dell'acqua, che garantisce un ambiente favorevole alla presenza dell'avifauna, è regolato mediante chiuse regolabili, tuttavia il sistema è complessivamente molto confinato e l'evaporazione associata al periodo estivo particolarmente siccitoso, ha provocato l'aumento estremo della salinità (tabella 11). Il confronto tra gli anni evidenzia come nel 2021 vi siano stati maggiori apporti fluviali rispetto al 2022 (figura 7). Considerando la differenza di salinità tra i valori mediani nel triennio di tutti i corpi idrici si osserva un aumento della salinità mediana di 5,59 tra il valore del 2022 rispetto al 2021 e di 1,33 tra il 2022 rispetto al 2020. Tra le due foci fluviali, quella del Tagliamento ha presentato le seguenti mediane: 16,33 (2020), 0,89 (2021) e 21,74 (2022) mentre quella dell'Isonzo le seguenti mediane: 25,74 (2020), 6,83



■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

(2021) e 27,95 (2022), indicando la presenza di una importante ingressione salina nelle due foci nel 2022. In generale, dalla distribuzione spaziale della mediana del parametro è possibile osservare un forte gradiente positivo dall'area occidentale (salinità tra 20 e 22) a quella orientale (salinità tra 32 e 34) (figura 8).

La variabilità temporale del pH ha presentato analogie a quella della salinità essendo più marcata nel 2021 e minore nel 2022 probabilmente in relazione agli scarsi apporti fluviali che una probabile diminuzione dei processi biochimici (figura 7). La distribuzione spaziale non ha evidenziato particolari gradienti, si sottolinea il massimo di 8,27 nella stazione TEU201 interessata da alti valori di salinità e ossigeno disciolto (figura 8). I minimi caratterizzano i corpi idrici soggetti agli apporti fluviali, mentre i valori più alti (8,69) sono stati registrati nella stazione TPO201 (maggio e agosto 2021): questa stazione è situata su una piana di marea tra la foce dei fiumi Aussa-Corno e Natissa, area in cui i processi biogeochimici sono particolarmente attivi. I minimi assoluti (6,79) hanno interessato le acque della foce del fiume Isonzo (tabella 11).

L'ossigeno disciolto espresso come % di saturazione evidenzia condizioni di sottosaturazione e di forte sovrasaturazione soprattutto nel 2020 e 2021, mentre nel 2022 sono state osservate oscillazioni meno marcate (figura 7). La mediana nel triennio evidenzia una leggera sottosaturazione nelle stazioni più occidentali della laguna di Marano, in saturazione e sovrasaturazione per quelle poste in prossimità delle bocche lagunari di Lignano e Porto Buso, per poi diminuire nuovamente a valori di sottosaturazione nelle stazioni più settentrionale (gronda lagunare) nella laguna di Grado (figura 8). Il valore mediano massimo (111,39 %) corrisponde alla stazione TEU201 che è caratterizzata anche da relative alte temperature, salinità e clorofilla *a*, mentre i minimi (40,0 %; 3,05 ml/l) sono stati rilevati nella stazione della Valle Cavanata (FM101, febbraio 2021) in prossimità del fondale che presentava una copertura di materiale algale in degradazione (clorofilla *a* pari a 7,46 µg/l). I massimi pari a 176,3 % sono stati misurati al fondo nella stazione TPO201 (agosto 2021) in condizioni ambientali di assenza di vento e temperatura dell'aria elevata (31°C). L'elevato valore di pH (8,6), la colorazione anomala (verde) e la relativa alta torbidità (6,8 NTU) suggeriscono la presenza di processi associati alla biomassa microalgale (tabella 11).

La variazione della concentrazione di clorofilla *a* è caratterizzata da valori relativamente bassi nel 2020 e 2022 (<5 µg/l), mentre nel 2021 la concentrazione era maggiore probabilmente associata ad un maggiore apporto di nutrienti che ha elevato la trofia del sistema (figura 7). La distribuzione spaziale evidenzia una significativa variabilità con valori mediani compresi tra i 0,60 µg/l della 46 SP e i 2,29 µg/l della TME201 (tabella 11; figura 8). I valori massimi sono stati misurati nel corpo idrico FM101 in febbraio 2020 (59,54 µg/l) corrispondenti ad una fioritura di nanoplancton, probabilmente associata alle anomale alte temperature per il periodo (temperatura dell'aria 15°C). Analogamente a quanto osservato nel triennio precedente, in FM101 si è verificata una proliferazione della macroalga *Chaetomorpha sp* sia maggio 2020 che giugno 2021, meno marcata nello stesso periodo del 2022.

Nel triennio 2020-2022 erano state installate delle sonde per il monitoraggio in continuo dell'ossigeno disciolto in alcuni corpi idrici come riportato nelle tabelle 12 e 13. A partire dal 2021 i valori sono stati registrati ogni 15 minuti a differenza di quanto avveniva fino al 2020, quando i dati venivano registrati ogni 30 minuti. In totale, durante il triennio sono stati registrati oltre 70.000 valori di ossigeno disciolto.

Corpo Idrico	2020	2021	2022
TME3	x		
TEU4	x	x	x
TEU2		x	x
TPO4		x	x

Tabella 12. Corpi idrici in cui è sono state posizionate le sonde fisse.

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo Idrico	anno	sonda	Latitudine WGS 84	Longitudine WGS 84
TME3	2020	SMATCH	45,7422	13,12963
TEU4	2020	SMATCH	45,732621	13,214206
TEU4	2021	WiMo	45,730268	13,232107
TEU2	2021	WiMo	45,717867	13,343004
TPO4	2021	WiMo	45,716727	13,128559
TEU4	2022	WiMo	45,730268	13,232107
TEU2	2022	WiMo	45,717867	13,343004
TPO4	2022	WiMo	45,716727	13,128559

Tabella 13. Coordinate dei punti in cui sono state posizionate le sonde nel triennio 2020-2022.

Dai dati raccolti i picchi massimi vengono registrati nel pomeriggio dopo che il processo di fotosintesi ha arricchito l'acqua di ossigeno. Nelle ore notturne, invece, in cui il processo prevalente risulta essere la respirazione, l'ossigeno viene consumato fino a raggiungere i valori minimi nelle prime ore della giornata.

In maggiore dettaglio, nel 2020 il corpo idrico TME3 ha registrato solamente due volte condizioni di ipossia (1-2 mg/l) e/o anossia (0-1 mg/l) durante il mese di agosto (15/8/2020) ed entrambi gli eventi hanno avuto luogo nella stessa giornata e con una durata pari o inferiore ai 30 minuti. Nel 2021 solo il corpo idrico TEU2, tra quelli monitorati, ha registrato condizioni di ipossia. I valori sono stati acquisiti tutti nel mese di agosto, in 4 giornate diverse (20/8-22/8-23/8-24/8). L'evento più lungo ha avuto una durata di 1 ora e mezza. Infine, nel 2022 tutti e tre i corpi idrici monitorati, TEU2, TEU4 e TPO4 hanno registrato condizioni di ipossia. In particolare, TEU2 e TEU4 hanno registrato anche brevi eventi al di sotto della soglia di anossia. Questi bassi valori di ossigeno disciolto sono stati osservati nel periodo compreso tra luglio e settembre e mostrano diverse giornate, anche consecutive, in cui l'evento si ripete. Non si registrano intere giornate con condizioni critiche e il periodo di ipossia/anossia di maggior durata è stato di 2 ore e 45 minuti. Visto l'elevato numero di eventi, in tabella 14, vengono riportate in dettaglio le giornate in cui sono state registrate le ipossie/anossie e il corpo idrico di riferimento.

Come riportato nel paragrafo A.4.4.2 – All.1 alla Parte terza del D.Lgs.152/06, nel caso in cui i corpi idrici vengano classificati in stato buono o elevato, ma si verificano condizioni di anossia/ipossia, essi possono venire declassati allo stato sufficiente in due situazioni:

- ❖ nel caso in cui si verificano condizioni di anossia (0-1 mg/l) per 1 o più giorni all'interno di un anno;
- ❖ se le condizioni di anossia siano di durata inferiore ad 1 giorno ma ripetute per più giorni consecutivi e/o si riscontrino condizioni di ipossia (1-2 mg/l) per più di 1 giorno/anno.

Pertanto, tra i corpi idrici monitorati, TEU2 e TEU4 evidenziano condizioni tali da poter essere declassati.

Il corpo idrico TEU4 presenta tutti gli EQB monitorati nel triennio in stato di qualità elevato o buono, compresi i macroinvertebrati bentonici. In considerazione del fatto che in questo corpo idrico le condizioni di ipossia/anossia sono state rilevate per un breve periodo in due giorni consecutivi e solo nel 2022, si è deciso di non declassare questo corpo idrico per il triennio 2020-2022, e di effettuare nei prossimi due anni il campionamento dei macroinvertebrati bentonici, per valutare se l'ipossia/anossia rilevata a luglio del 2022, abbia influenzato i popolamenti bentonici.

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo Idrico	anno	giorno	Evento
TEU2	2022	15-giu	Ipossia
TEU2	2022	16-giu	Ipossia
TEU2	2022	17-giu	Ipossia
TEU2	2022	18-giu	Ipossia
TEU2	2022	02-lug	Ipossia
TEU2	2022	05-lug	Ipossia
TEU2	2022	10-lug	Ipossia
TEU2	2022	11-lug	Ipossia
TEU2	2022	12-lug	Ipossia
TEU2	2022	13-lug	Anossia
TEU2	2022	14-lug	Anossia
TEU2	2022	15-lug	Anossia
TEU2	2022	16-lug	Anossia
TEU2	2022	17-lug	Ipossia
TEU2	2022	18-lug	Ipossia
TEU2	2022	28-lug	Ipossia
TEU2	2022	29-lug	Ipossia
TEU2	2022	07-ago	Ipossia
TEU2	2022	09-ago	Anossia
TEU2	2022	10-ago	Anossia
TEU2	2022	11-ago	Anossia
TEU2	2022	12-ago	Anossia
TEU2	2022	13-ago	Ipossia
TEU2	2022	14-ago	Anossia
TEU2	2022	28-ago	Ipossia
TEU2	2022	10-set	Ipossia
TEU4	2022	13-lug	Ipossia
TEU4	2022	14-lug	Anossia
TPO4	2022	30-ago	Ipossia

Tabella 14. Eventi di ipossia/anossia del 2022. Viene attribuita "anossia" nel caso che anche un solo valore di ossigeno sia stato registrato al di sotto della soglia di 1 mg/l.

### 2.3.5.b Nutrienti

Le concentrazioni di azoto inorganico disciolto (Dissolved Inorganic Nitrogen, DIN) risultante dalla somma delle tre specie azotate (ammonio,  $N-NH_4^+$ , nitrito,  $N-NO_2^-$  e nitrato;  $N-NO_3^-$ ) e di fosforo reattivo ( $P-PO_4^{3-}$ ) costituiscono elementi di qualità fisico-chimica a sostegno degli elementi biologici, e vengono pertanto presi in considerazione nella classificazione finale dello stato ecologico. In dettaglio, la classificazione segue le regole riportate nella tabella 15 seguente modificata dalla tabella 4.4.2/a. (G.U. 30 del 7 febbraio 2011). Si sottolinea come il valore dei sali nutritivi sia espresso come valore medio annuo e, considerata l'influenza degli apporti di acqua dolce, siano stati fissati dei limiti tipo-specifici in relazione alla salinità dei corpi idrici individuati.

Denominazione della sostanza	Salinità	Limiti di classe B/S
Azoto inorganico disciolto (DIN)	< 30 psu	30 $\mu$ M (420 $\mu$ g/l c.a.)
	> 30 psu	18 $\mu$ M (253 $\mu$ g/l c.a.)
Fosforo reattivo ( $P-PO_4^{3-}$ )	> 30 psu	0,48 $\mu$ M (15 $\mu$ g/l c.a.)

Tabella 15. Limiti di classe di azoto e fosforo in acque di transizione.

## ■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

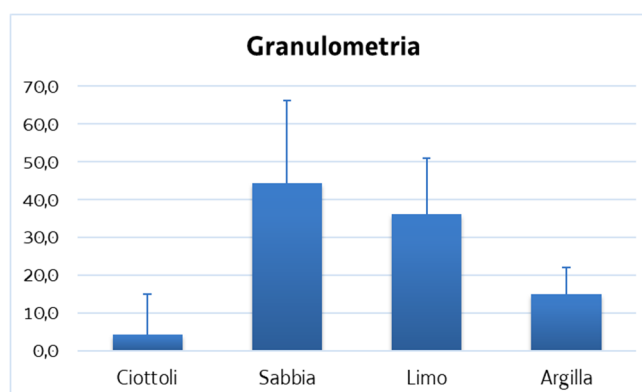
La distinzione di classe buono/sufficiente è riportata in tabella 16. Per quel che riguarda il fosforo reattivo la classificazione del triennio è buona per tutti i corpi idrici per i quali sono definiti i limiti di classe (tipologia eualina). Al contrario, la classificazione sulla base del DIN evidenzia una criticità diffusa sia nei corpi idrici con salinità < che > di 30 psu. Per questo motivo il dato aggregato assegna la condizione sufficiente a 10 dei 17 corpi idrici.

Corpo idrico	Macrotipo	DIN ( $\mu\text{M}$ )	P-PO <sub>4</sub> ( $\mu\text{M}$ )	STATO 2020-2022
TME1	M-AT-2	39,7	0,17	sufficiente
TME2	M-AT-2	118,3	0,11	sufficiente
TME3	M-AT-2	120,3	0,10	sufficiente
TME4	M-AT-2	95,4	0,09	sufficiente
TPO1	M-AT-2	11,0	0,14	buono
TPO2	M-AT-2	20,1	0,30	buono
TPO3	M-AT-2	31,8	0,25	sufficiente
TPO4	M-AT-2	55,7	0,18	sufficiente
TPO5	M-AT-2	82,8	0,10	sufficiente
TEU1	M-AT-3	11,1	0,11	buono
TEU2	M-AT-3	10,7	0,21	buono
TEU3	M-AT-3	21,5	0,11	sufficiente
TEU4	M-AT-3	20,8	0,11	sufficiente
FM1	M-AT-2	28,5	0,12	buono
FM2	M-AT-2	15,6	0,09	buono
FM3	M-AT-3	7,3	0,21	buono
FM4	M-AT-3	21,0	0,20	sufficiente

Tabella 16. Valori medi di azoto inorganico disciolto (DIN) e fosforo reattivo (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) e relativo stato ecologico.

### 2.3.5.c Granulometria

Le analisi granulometriche sono state condotte nelle stazioni monitorate per la determinazione dei macroinvertebrati bentonici (primavera 2021). I risultati sono riportati in tabella 17. La frazione più rappresentata è la sabbia con una media del  $44,4 \pm 21,7\%$ , seguita dal limo e dall'argilla ( $36,2 \pm 14,8\%$  e  $15,1 \pm 6,9\%$ , rispettivamente) (Figura 9). Tutte le frazioni sono quindi caratterizzate da una spiccata variabilità con la frazione più grossolana che prevale in prossimità delle bocche tidali e dei canali lagunari mentre le frazioni più fini prevalgono nei settori più interni della laguna come risultato del trasporto fluviale caratterizzato dal limo e dall'argilla.



Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Figura 9. Classi granulometriche nei sedimenti della Laguna di Marano e Grado.

Corpo idrico	Stazione	Ciottolo (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Classificazione
TME1	TME101	45,49	25,39	20,72	8,41	Ciottolo con sabbia
TME2	TME201	0,00	13,20	61,20	25,59	Limo con argilla
TME3	TME301	0,00	23,64	50,12	26,23	Limo con argilla
TME4	TME401	0,91	42,35	43,29	13,45	Limo con sabbia
	TME402	0,00	60,15	29,98	9,87	Sabbia con limo
TPO1	TPO102	2,26	30,80	45,50	21,43	Limo con sabbia
TPO2	TPO201	0,00	20,46	52,98	26,56	Limo con argilla
	TPO204	23,78	26,57	33,73	15,91	Limo con sabbia
TPO3	TPO301	0,00	53,43	32,42	14,15	Sabbia con limo
	TPO306	12,61	42,30	33,02	12,07	Sabbia con limo
TPO4	TPO401	0,00	54,78	33,19	12,03	Sabbia con limo
TPO5	TPO501	0,85	41,42	41,72	16,01	Limo con sabbia
	TPO502	0,00	43,96	38,30	17,74	Sabbia con limo
TEU1	TEU101	11,56	28,90	40,66	18,88	Limo con sabbia
TEU2	TEU201	0,00	50,07	36,80	13,13	Sabbia con limo
TEU3	TEU301	0,00	68,04	22,97	8,99	Sabbia limosa
TEU4	TEU401	0,00	52,22	33,26	14,52	Sabbia con limo
	TEU404	0,01	94,43	3,92	1,64	Sabbia
FM1	FM101	1,03	39,18	39,38	20,41	Limo con sabbia
FM2	FM202	0,00	73,91	18,07	8,02	Sabbia limosa
FM3	FM301	0,00	24,18	59,27	16,54	Limo sabbioso
FM4	FM401	0,00	23,12	53,71	23,16	Limo argilloso
	FM403	0,72	88,45	8,08	2,75	Sabbia debolmente limosa

Tabella 17. Risultati delle analisi granulometriche nel 2021.

**2.3.6 Elementi chimici a sostegno: sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nelle acque (tab.1/B D.Lgs.172/15)**

Annualmente sono state monitorate 19 stazioni, una per ciascun corpo idrico, per l'analisi delle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità, mantenendo una frequenza trimestrale. Le analisi hanno interessato le sostanze elencate nell'allegato 1. I risultati riportati in tabella 18 evidenziano lo stato buono relativo a tutti i corpi idrici monitorati.

Corpo idrico	Sostanze non prioritarie
TME1	buono
TME2	buono
TME3	buono
TME4	buono
TPO1	buono
TPO2	buono
TPO3	buono
TPO4	buono
TPO5	buono
TEU1	buono
TEU2	buono
TEU3	buono
TEU4	buono
FM1	buono
FM2	buono
FM3	buono
FM4	buono

Tabella 18. Risultati per le sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nelle acque di transizione.

## 2.4 Elementi per la classificazione dello Stato Chimico: risultati acqua e biota

### 2.4.1 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità nell'acqua (tab.1/A D.Lgs.172/15)

Annualmente sono state monitorate 19 stazioni, una per ciascun corpo idrico, per l'analisi delle sostanze prioritarie, mantenendo una frequenza trimestrale. Le analisi hanno interessato tutte le sostanze elencate nell'allegato 2, ad eccezione dei cloroalcani per i quali non si dispone del relativo metodo analitico e dei fenoli i cui risultati nei monitoraggi precedenti avevano evidenziato valori sempre inferiori al limite di quantificazione (LOQ). In dettaglio, nella tabella 1/A vengono distinte sostanze appartenenti a diverse classi di composti con i relativi CAS e i limiti delle concentrazioni sono definiti da due valori soglia che rappresentano le concentrazioni che identificano il buono stato chimico:

- ❖ standard di qualità ambientale espresso come concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA);
- ❖ standard di qualità ambientale medio annuo (SQA-MA);

Prendendo in considerazione i risultati ottenuti relativamente a superamenti dello SQA-CMA si è osservato il superamento in tutti i corpi idrici di transizione delle seguenti sostanze: Dichlorvos (biocida), Cypermetrina I, II, III, IV (fitosanitario) e Eptacloro + Eptacloro epossido (fitosanitario) caratterizzate dagli SQA-CMA rispettivamente di  $7 \times 10^{-5}$ ,  $6 \times 10^{-5}$  e  $3 \times 10^{-5}$  µg/l. Tuttavia, in considerazione del fatto che il LOQ calcolato in laboratorio per tutte e 3 le sostanze è pari a 0,0001 µg/l, quindi superiore all'SQA, il risultato per tali sostanze oggetto di misurazione non è stato preso in considerazione ai fini dello stato chimico globale dei corpi idrici (articolo 78-septies, comma 1-bis). In aggiunta, si consideri che l'Eptacloro + Eptacloro epossido viene ricercato nella matrice biota applicando un LOQ conforme a quanto richiesto. Nei corpi idrici TEU1 e AT212 c'è stato anche un superamento puntuale (1 campionamento su 12) della sostanza benzo(g,h,i)perilene (SQA-CMA =  $8,2 \times 10^{-4}$  µg/l) con  $1,1 \times 10^{-3}$  e  $1,8 \times 10^{-3}$  µg/l, rispettivamente. Tuttavia, considerando che per il gruppo di sostanze prioritarie "idrocarburi policiclici aromatici" l'SQA-MA in acqua si riferisce alla concentrazione del solo benzo(a)pirene e che quest'ultimo supera tale standard nei medesimi corpi idrici si è deciso di considerare solo il benzo(a)pirene come marker dello stato di qualità chimico.

Lo SQA-MA per il benzo(a)pirene ( $1,7 \times 10^{-4}$  µg/l) è stato superato anche nei corpi idrici TME1 e TPO1. E' da notare che nel corpo idrico TEU1 si è registrato anche il superamento per la sostanza fluorantene (idrocarburo policiclico aromatico) a causa di un superamento puntuale nel 2022 (dato anomalo).

La tabella 19 riporta la classificazione dello stato chimico per il triennio sulla base del monitoraggio in acqua.

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpi idrici	Matrice acqua
TME1	NON BUONO (Benzo(a)pirene)
TME2	BUONO
TME3	BUONO
TME4	BUONO
TPO1	NON BUONO (Benzo(a)pirene)
TPO2	BUONO
TPO3	BUONO
TPO4	BUONO
TPO5	BUONO
TEU1	NON BUONO (Benzo(a)pirene)
TEU2	BUONO
TEU3	BUONO
TEU4	BUONO
FM1	BUONO
FM2	BUONO
FM3	BUONO
FM4	BUONO
AT218	BUONO
AT212	NON BUONO (Benzo(a)pirene)

Tabella 19. Stato chimico nel triennio 2020-2022 (matrice acqua).

#### 2.4.2 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità nel biota (tab.1/A D.Lgs.172/15)

L'analisi delle sostanze appartenenti all'elenco di priorità nel biota è stata effettuata per ogni corpo idrico a cadenza annuale. Per quanto riguarda il biota pesci, le specie campionate ed analizzate sono state il cefalo dorato (*Chelon auratus*) nel 2021 e il latterino (*Atherina boyeri*) nel 2022. Le sostanze prioritarie ricercate, per le quali è stabilito l'SQA<sub>biota</sub> riferito ai pesci nel D.Lgs.172/2015, sono state: Difenileteri bromurati, DDT, Esaclorobenzene, Esaclorobutadiene, Mercurio, Dicofol, PFOS, Diossine, Esabromociclododecano (HBCDD), Eptacloro ed eptacloro epossido. La sostituzione della specie ittica da monitorare è stata causata dall'elevato contenuto in grassi del cefalo dorato, il quale determinava notevoli difficoltà nell'analisi delle sostanze. Il latterino inoltre, seppure di dimensioni nettamente più piccole rispetto al cefalo dorato, presenta una categoria trofica superiore.

L'SQA<sub>biota</sub> per il Fluorantene e il Benzo(a)pirene è riferito invece ai crostacei e molluschi. Pertanto la specie selezionata per le analisi è stata il mollusco bivalve *Mytilus galloprovincialis* (mitilo o cozza). I mitili sono stati raccolti in 15 corpi idrici, in quanto nei corpi idrici FM1 e TME2 non sono stati trovati.

La tabella 20 riporta la classificazione dello stato chimico nel biota sulla base del principio "one out all out". Tutti i corpi idrici non raggiungono lo stato buono a causa del superamento dell'SQA<sub>biota</sub> per il mercurio (Hg, 20 µg/kg di peso umido), per i Difenileteri bromurati (PBDE, 0,0085 µg/kg peso umido) e per l'Eptacloro-eptacloro epossido (0,0067 µg/kg).

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpi idrici	Matrice biota
<b>TME1</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TME2</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TME3</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TME4</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TPO1</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TPO2</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TPO3</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TPO4</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TPO5</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TEU1</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TEU2</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TEU3</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>TEU4</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>FM1</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>FM2</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>FM3</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>FM4</b>	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacoloro-Eptacoloro epossido)
<b>AT218</b>	n.c.
<b>AT212</b>	n.c.

Tabella 20. Classificazione dello stato chimico sulla base delle sostanze prioritarie nel biota.



## 2.5 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità e non prioritarie nei sedimenti (tab.3/A - 3/B D.Lgs.172/15): risultati

Nel 2021 il campionamento è stato effettuato in 19 stazioni, una per corpo idrico, comprese le foci fluviali, per le sostanze elencate nella tabella 3/A ad eccezione del naftalene, i cui risultati nei campionamenti degli anni precedenti, erano sempre inferiori al limite di quantificazione. In merito alla tab.3/B del D,Lgs 172/15, che riporta l'elenco delle sostanze non prioritarie, da considerare nel caso in cui siano necessari ulteriori elementi conoscitivi, sono stati analizzati tutti i parametri, con l'esclusione del Cromo VI, in quanto negli anni precedenti aveva evidenziato risultati non significativi.

Analizzando i risultati ottenuti si osserva la criticità diffusa (ad eccezione del corpo idrico AT212, foce del Fiume Tagliamento), in termini di superamento dello SQA fissato a 0,3 mg/kg s.s., relativa alla presenza dell'elemento mercurio (Hg) (Tab. 3/A) quale risultato della duplice contaminazione storica (miniere di Idria e impianto cloro-soda di Torviscosa). Tra i metalli pesanti è stato superato anche l'SQA fissato per il cromo (Cr, Tab. 3/B, 50 mg/kg) nei corpi idrici TME2 e TPO2 e per il cadmio (Cd, Tab. 3/A, 0,3 mg/kg) in FM1. Infine, in 4 corpi idrici, FM1, TEU2, TEU3 e TME3, viene superato lo standard di  $2 \times 10^{-3}$  mg/kg fissato come sommatoria della tossicità equivalente (T.E.) per diossine e furani (PCDD e PCDF). Pertanto i risultati ottenuti nella matrice sedimento sono riassunti nella seguente tabella 21.

Corpo idrico	Mercurio	Cadmio	Cromo	Σ T.E. PCDD, PCDF, PCB-DL
TME1				
TME2				
TME3				
TME4				
TPO1				
TPO2				
TPO3				
TPO4				
TPO5				
TEU1				
TEU2				
TEU3				
TEU4				
FM1				
FM2				
FM3				
FM4				
AT218				
AT212				

Tabella 21. Sostanze che superano gli SQA nei sedimenti (Tabb. 3/A e 3/B).

## 2.6 Classificazione dello Stato Ecologico

Lo **STATO ECOLOGICO** di un corpo idrico è classificato in base alla classe più bassa risultante dal monitoraggio dei seguenti tre gruppi di elementi:

- elementi biologici;
- elementi fisico-chimici a sostegno, ad eccezione di quelli utili ai soli fini interpretativi;
- elementi chimici a sostegno (altri inquinanti specifici).

Nel paragrafo A.4.6.1 dell'Allegato 1 alla Parte Terza del D.Lgs.152/06 sono indicate due fasi che permettono di giungere alla classificazione ecologica. La "Fase I" integra gli elementi biologici con quelli fisico-chimici, la "Fase II" integra i risultati della prima con gli elementi chimici a sostegno (altri inquinanti specifici) nelle acque superficiali. Per i corpi idrici fortemente modificati sono state applicate le stesse condizioni di riferimento ed i limiti di classe usati per la classificazione dei corpi idrici naturali per le tipologie corrispondenti.

Il risultato delle analisi dell'azoto inorganico disciolto avrebbe declassato il corpo idrico TEU4 a sufficiente ma, in base a quanto indicato nel paragrafo A.4.4.2 – All.1 alla Parte terza del D.Lgs.152/06, è prevista la possibilità di non declassare il corpo idrico, nel caso in cui gli elementi di qualità biologica più sensibili a questo tipo di pressione, fitoplancton e macrofite, siano in stato buono o elevato ed i nutrienti superino i limiti con un incremento inferiore al 75%; in questo corpo idrico sia l'indice per il fitoplancton, che quello per le macrofite hanno evidenziato uno stato elevato e l'incremento del DIN è risultato inferiore al 20%, la stessa condizione era stata evidenziata anche nel sessennio precedente, pertanto il corpo idrico TEU4 è stato classificato in stato ecologico buono.

Per valutare gli elementi chimici a sostegno degli EQB (tab.1/B D.Lgs.172/15) si utilizza il valore peggiore della media calcolata per ciascun anno, in conformità a quanto indicato nel par. A.4.5 del D.Lgs.152/06. Nel triennio 2020-22 i valori medi sono risultati sempre inferiori all'SQA-MA e, per gran parte degli analiti, inferiori al limite di quantificazione, pertanto lo stato di qualità per gli elementi chimici a sostegno è risultato buono per tutti i corpi idrici di transizione.

In base ai risultati degli EQB monitorati e degli elementi chimici e fisico-chimici a sostegno, lo stato ecologico dei corpi idrici lagunari per il triennio 2020-2022 risulta buono in 2 corpi idrici, sufficiente in 9, scarso in 4 e cattivo in 2 (figura 10 e tabella 19).

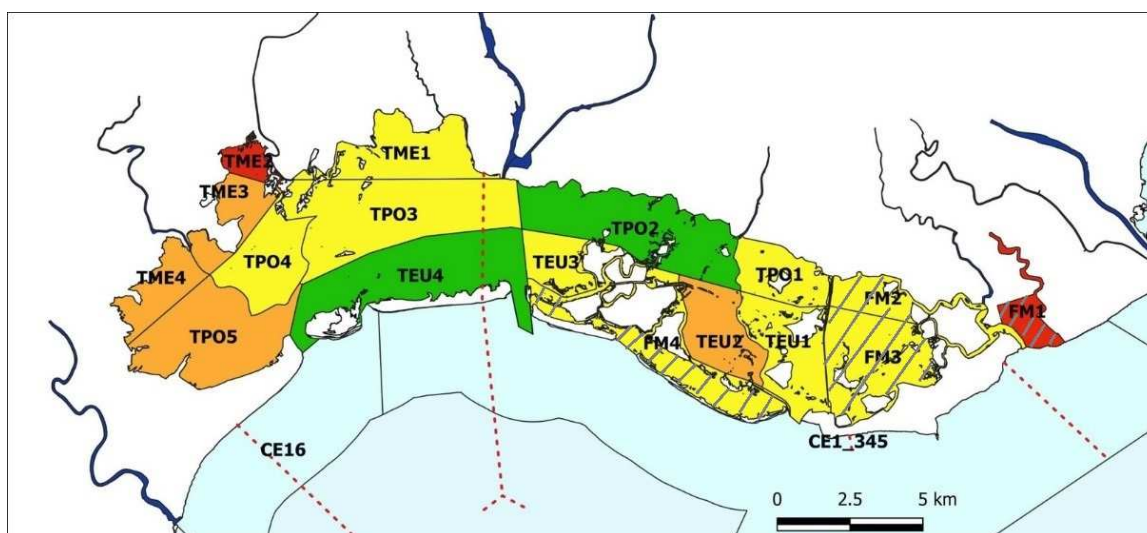


Figura 10. Mappa dello stato/potenziale ecologico (rigatura) dei corpi idrici lagunari nel triennio 2020-2022. (Verde=buono, giallo=sufficiente, arancione=scarso e rosso=cattivo).

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpi idrici	Fitoplancton	Macrofite	Macroinvertebrati bentonici	Fauna ittica	Nutrienti	Fase I	Sostanze non prioritarie	STATO/POTENZIALE ECOLOGICO 2020-2022
TME1	buono	sufficiente	elevato	sufficiente	sufficiente	sufficiente	buono	SUFFICIENTE
TME2	sufficiente	cattivo	scarso	sufficiente	sufficiente	cattivo	buono	CATTIVO
TME3	buono	scarso	buono	sufficiente	sufficiente	scarso	buono	SCARSO
TME4	buono	scarso	buono	scarso	sufficiente	scarso	buono	SCARSO
TPO1	buono	sufficiente	buono	sufficiente	buono	sufficiente	buono	SUFFICIENTE
TPO2	buono	elevato	elevato	buono	buono	buono	buono	BUONO
TPO3	elevato	elevato	buono	sufficiente	sufficiente	sufficiente	buono	SUFFICIENTE
TPO4	buono	sufficiente	buono	buono	sufficiente	sufficiente	buono	SUFFICIENTE
TPO5	buono	scarso	buono	buono	sufficiente	scarso	buono	SCARSO
TEU1	elevato	elevato	buono	sufficiente	buono	sufficiente	buono	SUFFICIENTE
TEU2	elevato	elevato	scarso	buono	buono	scarso	buono	SCARSO
TEU3	buono	elevato	buono	sufficiente	sufficiente	sufficiente	buono	SUFFICIENTE
TEU4	elevato	elevato	buono	elevato	sufficiente	buono	buono	BUONO
FM1	buono	scarso	cattivo	/	buono	cattivo	buono	P.CATTIVO
FM2	elevato	sufficiente	buono	buono	buono	sufficiente	buono	P.SUFFICIENTE
FM3	elevato	elevato	sufficiente	buono	buono	sufficiente	buono	P.SUFFICIENTE
FM4	elevato	elevato	sufficiente	sufficiente	sufficiente	sufficiente	buono	P.SUFFICIENTE

Tabella 22. Stato/potenziale ecologico dei corpi idrici lagunari nel triennio 2020-2022.

## 2.7 Classificazione dello Stato Chimico

In conformità a quanto riportato nel D.Lgs. 152/06 (All.1 alla Parte terza - par. A.4.6.3) per la definizione dello **STATO CHIMICO**, il corpo idrico che soddisfa, per le sostanze dell'elenco di priorità, tutti gli standard di qualità ambientale è classificato in buono stato chimico. In caso negativo si ha il mancato conseguimento dello stato buono. Considerando quindi le matrici acqua e biota i risultati dello stato chimico possono essere riassunti nella tabella 23.

Corpi idrici	Matrice acqua	Matrice Biota	STATO CHIMICO 2020-2022
TME1	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TME2	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TME3	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TME4	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TPO1	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TPO2	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TPO3	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TPO4	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TPO5	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TEU1	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TEU2	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TEU3	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TEU4	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
FM1	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
FM2	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
FM3	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
FM4	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
AT218	BUONO		BUONO
AT212	NON BUONO (Benzo(a)pirene)		NON BUONO

Tabella 23. Classificazione dello stato chimico sulla base delle sostanze prioritarie nelle matrici acqua e biota.

## 3 ACQUE MARINO COSTIERE

### 3.1 Quadro conoscitivo del Golfo di Trieste

Il litorale del Friuli Venezia Giulia si estende nella porzione nord-orientale del territorio italiano, compreso tra la foce del fiume Tagliamento e Punta Sottile (confine con la Slovenia) per circa 100 km. La costa regionale si differenzia sia dal punto di vista geologico, sia geomorfologico in due tratti fondamentali: il primo è compreso tra la foce del Fiume Tagliamento e quella del Fiume Timavo ed è caratterizzato da una costa bassa e sabbiosa; il secondo parte dalla foce del Timavo fino a Punta Sottile e presenta una costa alta e rocciosa.

Il golfo di Trieste presenta un fondale occidentale a dolce declivio, mentre più accentuato è invece quello orientale; la profondità media è di 17 m e la massima è di 26 m. Diversi fattori climatici e idrologici influenzano il bacino, tra i più importanti si evidenziano: la forte escursione termica tra inverno ed estate, gli apporti di acque dolci provenienti dai fiumi della pianura friulana e del Carso, l'influenza della corrente marina proveniente da Sud che lambisce la costa Istro-Dalmata e penetra nel bacino attraverso la soglia di punta Salvore, l'effetto della marea e l'azione dei venti, in particolare quello di Bora, che produce un mescolamento della colonna d'acqua e una corrente marina uscente dal golfo di Trieste, mentre venti da Sud-Est innescano correnti marine in senso contrario.

I principali corsi d'acqua che si riversano nel bacino sono i fiumi Tagliamento e Isonzo, caratterizzati dai cospicui apporti, liquidi e solidi, che hanno un ruolo determinante nell'assetto geomorfologico delle coste e delle lagune e nella distribuzione tessiturale dei sedimenti, oltre ad influenzare le caratteristiche termoaline e di torbidità delle acque marine.

La salinità, la temperatura e la stabilità verticale della colonna d'acqua sono soggette a una evidente ciclicità stagionale, dovuta oltre che agli apporti fluviali, anche alle caratteristiche fisiografiche e climatiche del bacino. Durante l'inverno la colonna d'acqua raggiunge i massimi gradi di salinità, i minimi di temperatura ed una scarsa o nulla differenziazione, mentre già in primavera, con l'inizio dell'inversione termica, la salinità superficiale diminuisce, anche per un incremento degli apporti fluviali, e incomincia a formarsi un picnoclino che durante l'estate raggiunge i 20 m di profondità.

### 3.2 Rete di monitoraggio, parametri e frequenze di campionamento

Per le acque marino-costiere, il primo ciclo di monitoraggio per l'applicazione della Direttiva europea 2000/60/CE, recepita nella legislazione italiana dal D.Lgs.152/06, è iniziato a fine 2009. In quel contesto erano stati individuati 17 corpi idrici, a cui sono stati aggiunti, a fine 2010, altri 2 corpi idrici, situati nell'area portuale di Trieste (CA36) e nella Baia di Muggia (CA35), definiti quali corpi idrici fortemente modificati, per un totale di 19 corpi idrici.

Nel 2017 alcuni corpi idrici con caratteristiche simili sono stati raggruppati seguendo le indicazioni dell'Allegato 1 alla Parte terza paragrafo A.3.3.5 del D.Lgs.152/06 ss.mm.ii.. A seguito del raggruppamento, il monitoraggio ha interessato 12 corpi idrici rispetto ai 19 iniziali, la classe di qualità risultante, dal monitoraggio dei corpi idrici rappresentativi del raggruppamento, è stata applicata a tutti i corpi idrici facenti parte dello stesso gruppo.

Per il triennio di monitoraggio operativo 2020-2022, si è ritenuto di effettuare una nuova perimetrazione rispetto a quanto definito all'inizio del primo piano di gestione. In base alle informazioni acquisite dai monitoraggi pregressi ed alla valutazione dei risultati della classificazione dei trienni 2009-2012 e 2014-2016, è stato possibile osservare

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

che alcuni corpi idrici contigui potevano essere uniti, in quanto le pressioni individuate nel 2009, a causa delle quali i corpi idrici erano stati definiti, erano risultate non significative; per tale motivo dal 2020 il numero di corpi idrici per le acque marino costiere è stato portato a sette (figura 11 e tabella 24). Inoltre è stato effettuato un nuovo calcolo della stabilità della colonna d'acqua, per confermare o meno, attraverso l'analisi dei dati più recenti (2014-2018) i tipi definiti nel 2009: in base a queste elaborazione i corpi idrici precedentemente inclusi nel Tipo 3 (bassa stabilità) sono stati inseriti nel Tipo 2 (media stabilità).

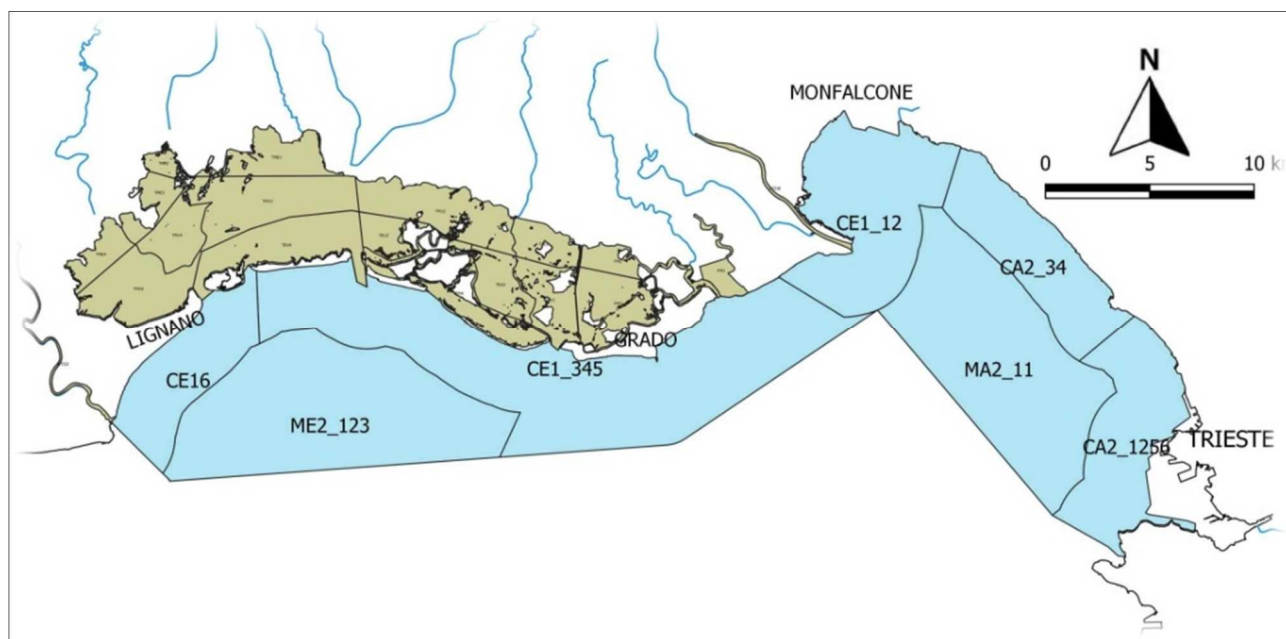


Figura 11. Corpi idrici delle acque marino-costiere.

Codice europeo CI	Codice regionale CI	Denominazione CI
ITACW00002101FR	CA2_1256	TRIESTE - MUGGIA
ITACW00001701FR	CA2_34	MIRAMARE - COSTIERA
ITACW00001801FR	MA2_11	TRIESTE - COSTIERA ESTERNO
ITACW00001501FR	CE1_12	BAIA DI PANZANO
ITACW00000901FR	CE1_345	PORTO BUSO - FOSSALON
ITACW00000600FR	CE16	LIGNANO - TAGLIAMENTO
ITACW00000701FR	ME2_123	LIGNANO - PORTO BUSO ESTERNO

Tabella 24. Elenco dei corpi idrici marino-costieri.

La rete di monitoraggio è stata pianificata in accordo con la Regione FVG e comprende, per ciascun corpo idrico, uno o più siti di campionamento, per un totale di 41 stazioni. Nella tabella 25 è riportato il piano di monitoraggio operativo del triennio. La frequenza per tutti i parametri campionati nelle acque è stata trimestrale, nei mesi di gennaio, aprile, luglio e ottobre, ad eccezione dei parametri da sonda multiparametrica, che sono stati misurati in alcune stazioni mensilmente. Nel 2020 il campionamento programmato ad aprile è stato spostato a maggio a causa dell'emergenza COVID-19.

## ■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

La frequenza di campionamento del fitoplancton e dei nutrienti quali elementi a sostegno, è stata ridotta da bimestrale a trimestrale, in quanto negli anni passati non sono state evidenziate particolari anomalie per questo EQB che, assieme ai valori dell'indice TRIX, ha portato sempre alla valutazione di stato buono o elevato.

Per quanto riguarda le sostanze dell'elenco di priorità per le acque (tab.1/A del D.Lgs.172/15), è stata mantenuta la frequenza trimestrale, invece che mensile, in base alla valutazione dei risultati ad oggi disponibili ed in relazione alla sostenibilità analitica da parte della S.O.C. Laboratorio.

La rete di monitoraggio dei corpi idrici marini costieri per il triennio 2020-2022 comprende un totale di 41 stazioni distribuite nei 7 corpi idrici in base al tipo di parametro esaminato (tabella 25).

Di seguito sono elencati i parametri e le rispettive frequenze di campionamento:

- ❖ *Composizione e abbondanza del fitoplancton*: frequenza trimestrale in 12 stazioni in ciascun anno del triennio;
- ❖ *composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici*: campionamento effettuato nel 2022 in 13 stazioni, nel periodo primaverile e in quello autunnale;
- ❖ *elementi idromorfologici*: nel 2022 sono state effettuate le analisi granulometriche e di contenuto in carbonio organico e azoto totale nel sedimento, in concomitanza ai campionamenti dei macroinvertebrati bentonici;
- ❖ *elementi fisico-chimici* (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla *a*, nutrienti): frequenza bimestrale/mensile in ciascun anno del triennio;
- ❖ *sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nelle acque superficiali* (tab.1/B – D.Lgs.172/15): frequenza trimestrale in ciascun anno del triennio, in 10 stazioni;
- ❖ *sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nei sedimenti* (tab.3/B – D.Lgs.172/15): frequenza annuale, campionamento effettuato nel 2022 in 19 stazioni;
- ❖ *sostanze dell'elenco di priorità nelle acque superficiali* (tab.1/A - D.Lgs.172/15): frequenza trimestrale, in 10 stazioni;
- ❖ *sostanze dell'elenco di priorità nei sedimenti* (tab.3/A - D.Lgs.172/15): frequenza annuale, campionamento effettuato nel 2022 in 19 stazioni.

Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo idrico	Stazione	Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)	Fitoplancton/elementi a sostegno	Macroinv.bentonici /elementi a sostegno	Chimica acque (tab. 1/A-1/B) D.Lgs.172/15	Chimica sedimento (tab. 3/A-3/B) D.Lgs.172/15	Chimica biota (tab.1/A D.Lgs 172/15)
	anno			2020-2021-2022	2022	2020-2021-2022	2022	2021-2022
	frequenza			trimestrale	semestrale	trimestrale	annuale	annuale
CA2_1256	CA312	45,61250	13,71417				x	
	CA321	45,62333	13,69667	x	x	x		
	CA351	45,61150	13,74283	x	x	x	x	
	CA361	45,65783	13,75067				x	
	CA32_8sp	45,66555	13,73393				x	
	CA321_CRB	45,63185	13,71961					x ( <i>Squilla mantis</i> )
	CA321_FIB	45,63028	13,71750					x ( <i>Gobius niger</i> )
CA2_34	CA331	45,70083	13,71000	x		x	x	
	CA332	45,69633	13,70300		x			
	CA341	45,72350	13,64490	x	x		x	
	CA341_CRB	45,70982	13,68700					x ( <i>Squilla mantis</i> )
	CA341_FIB	45,70694	13,69056					x ( <i>Gobius niger</i> )
MA2_11	MA312	45,69167	13,67667				x	
	MA212	45,71323	13,61915		x		x	
	MA213	45,66830	13,62650	x		x		
	MA212_CRB	45,65328	13,67087					x ( <i>Squilla mantis</i> )
	MA212_FIB	45,65194	13,66806					x ( <i>Gobius niger</i> )
CE1_12	CE111	45,76967	13,59667	x		x	x	
	CE112	45,77350	13,59350		x			
	CE121	45,75500	13,57583		x		x	
	CE122	45,71805	13,58342	x		x		
	CE122_CRB	45,72125	13,58314					x ( <i>Squilla mantis</i> )
	CE122_FIB	45,72432	13,58527					x ( <i>Gobius niger</i> )
CE1_345	CE131	45,68757	13,48042	x				
	CE132	45,68320	13,48687		x		x	
	CE141	45,67350	13,36183				x	
	CE152	45,68750	13,25167	x	x	x	x	
	ME121	45,64242	13,39235	x	x		x	
	ME111	45,67287	13,50423			x	x	
	ME121_CRB	45,64305	13,40535					x ( <i>Squilla mantis</i> )
	ME121_FIB	45,64306	13,40833					x ( <i>Gobius niger</i> )
CE16	CE161	45,67128	13,13838	x		x		
	CE162	45,67457	13,13438		x			
	CE163	45,65218	13,14208		x		x	
	CE163_CRB	45,63737	13,13117					x ( <i>Squilla mantis</i> )
	CE163_FIB	45,63917	13,13278					x ( <i>Gobius niger</i> )
ME2_123	ME211	45,65077	13,33552				x	
	ME222	45,66863	13,19185	x	x	x	x	
	ME231	45,63352	13,18853				x	
	ME222_CRB	45,66206	13,25357					x ( <i>Squilla mantis</i> )
	ME222_FIB	45,66194	13,25861					x ( <i>Gobius niger</i> )
<b>Tot. stazioni</b>	<b>41</b>			<b>12</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>14</b>

Tabella 25. Stazioni e parametri campionati nelle acque marino-costiere nel triennio 2020-2022.

### 3.3 Elementi per la classificazione dello Stato Ecologico: risultati

#### 3.3.1 Popolamenti fitoplanctonici e clorofilla a

L'analisi quali-quantitativa della comunità fitoplanctonica, nel triennio 2020-2022 è stata effettuata in 7 corpi idrici e 12 stazioni, con cadenza trimestrale. Complessivamente sono state effettuate 12 campagne nelle stesse stazioni in cui sono stati rilevati i parametri fisico-chimici della colonna d'acqua. In totale sono stati raccolti 144 campioni di fitoplancton, uno dei quali, nell'anno 2022, per motivi tecnici è risultato non determinabile.



## ■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

L'abbondanza media complessiva del triennio è di 1.628.066 cell/l; si rileva un consistente aumento delle abbondanze medie dal 2020 al 2022, da 917.631 cell/l nel 2020 a 2.509.191 cell/l nel 2022 (figura 12).

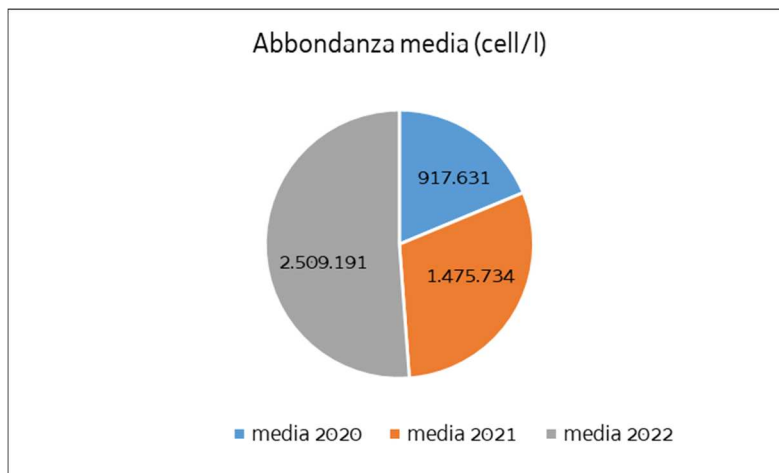


Figura 12. Valori medi di abbondanza annuali.

Il 2020 è caratterizzato dai valori di abbondanza più bassi del triennio e si rileva un'unica fioritura nella stazione CE152 a luglio con 6.206.683 cell/l costituita da nanoplancton (figura 13). Nel 2021 le abbondanze tendono ad aumentare rispetto all'anno precedente in tutti i corpi idrici, soprattutto nel periodo estivo e autunnale, con una fioritura di 4.114.825 cell/l di nanoplancton nella stazione CE111. Nel 2022 la comunità fitoplanctonica mostra la tipica evoluzione temporale stagionale con massimi in primavera-estate e minimi in inverno. Si rilevano fioriture particolarmente elevate in primavera a carico della diatomea *Chaetoceros* sp.p, che raggiunge il valore massimo di 6.827.697 cell/l nella stazione CA331 a discapito della frazione del nanoplancton; mentre il picco massimo che si osserva nell'estate del 2022 è principalmente determinato dalle abbondanze elevate di *Cryptophyceae* e altro fitoplancton indeterminato entrambi appartenenti alla frazione del nanoplancton. Nell'autunno del 2022 in quasi tutti i corpi idrici è stata rilevata la presenza di una comunità fitoplanctonica ricca e abbondante sia di grandi sia di piccole dimensioni. E' risultata ben rappresentata soprattutto la classe delle diatomee a carico dei generi *Chaetoceros* e *Leptocilindrus*, ma abbondanti erano anche le specie *Cerataulina pelagica*, *Pseudonitzschia* sp.p., *Asterionellopsis glacialis*, *Cyclotella* sp.p. e molte altre. Presenti anche diverse specie di dinoflagellati sia di grandi che di piccole dimensioni.

## Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

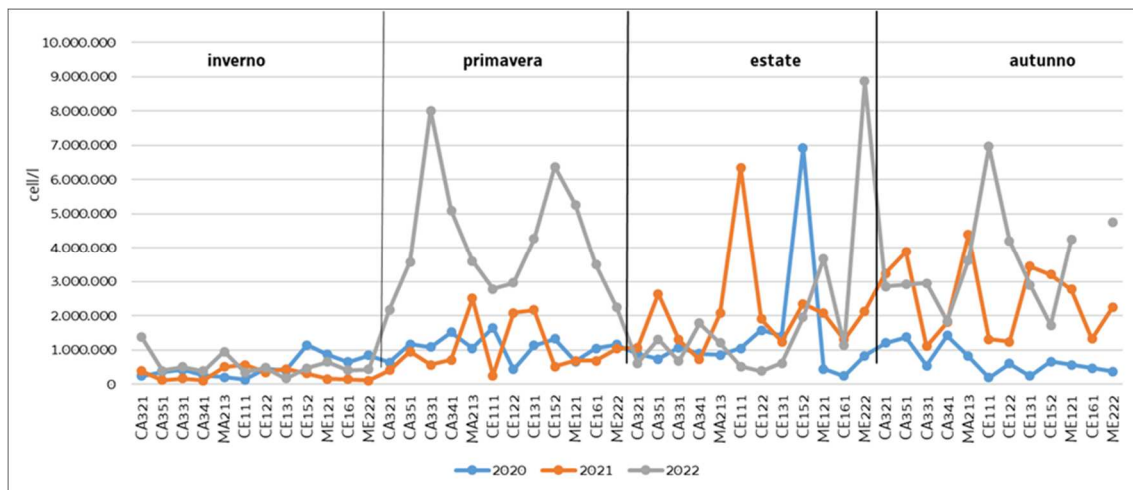


Figura 13. Abbondanza di fitoplancton nei tre anni di indagine.

L'EQB fitoplancton viene classificato in base alla concentrazione di clorofilla *a*, mentre il fitoplancton, come analisi delle specie presenti, non viene utilizzato nella classificazione in quanto, per le acque marino costiere, non è stato sviluppato alcun indice specifico che prenda in considerazione le informazioni relative alle specie e alla loro abbondanza, ciononostante la determinazione della qualità e abbondanza del fitoplancton viene comunque effettuata con campionamenti a frequenza trimestrale.

Il fitoplancton è formato da microrganismi vegetali autotrofi, che rappresentano i produttori primari della rete trofica marina. L'autotrofia è resa possibile dalla presenza di pigmenti fotosintetici, dei quali la clorofilla *a* è tra i più importanti, tanto da essere utilizzata come stima indiretta della biomassa microalgale. In questo contesto, la clorofilla *a* è la metrica più comunemente usata per lo studio del fitoplancton, in quanto rappresenta una misura semplice ed integrata della risposta della comunità all'arricchimento di nutrienti. Per tale motivo la valutazione dello stato di qualità dell'EQB fitoplancton viene effettuata attraverso l'elaborazione dei dati di clorofilla *a* misurata in superficie, il valore attribuito al corpo idrico corrisponde alla media dei valori di clorofilla *a* ottenuti per ciascuno dei tre anni di campionamento.

Attualmente nelle acque costiere regionali sono presenti due macrotipi: il macrotipo 1 (alta stabilità) comprende la fascia costiera tra la baia di Panzano e la foce del Tagliamento, il macrotipo 2 (media stabilità) corrisponde all'area più al largo (oltre i 3.000 m) davanti alle acque lagunari ed a tutta la parte orientale del golfo di Trieste.

I limiti di classe e le condizioni di riferimento per la classificazione di questo EQB corrispondono a quanto indicato nella Decisione (UE) 2018/229 del 12 febbraio 2018, che riporta i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall'esercizio di intercalibrazione e nel documento ISPRA "Criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere. Elemento di Qualità Biologica: Fitoplancton" (aprile 2018).

Le misurazioni del parametro clorofilla *a* (da sonda multiparametrica) sono stati effettuati con frequenza che varia da mensile a trimestrale, a seconda del punto di campionamento.

Dall'elaborazione dei dati, 6 corpi idrici mostrano uno stato elevato e, solo il corpo idrico ME2\_123, uno stato buono (tabella 26).

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo idrico	Macrotipo	Clorofilla (RQE)	STATO 2020-2022
CA2_1256	2	0,86	elevato
CA2_34	2	0,85	elevato
MA2_11	2	0,84	elevato
CE1_12	1	1,17	elevato
CE1_345	1	1,16	elevato
CE16	1	1,11	elevato
ME2_123	2	0,77	buono

Tabella 26. Stato di qualità del fitoplancton nel triennio 2020-2022.

### 3.3.2 Macroinvertebrati bentonici

I macroinvertebrati bentonici sono organismi di dimensioni superiori ad 1 mm, che vivono sul fondo marino o sono strettamente associati a esso. I gruppi maggiormente rappresentati nelle acque marino costiere sono i policheti, i molluschi, i crostacei e gli echinodermi.

Il monitoraggio è stato eseguito nel 2022 nella stagione primaverile (marzo-aprile) ed in quella autunnale (ottobre) in 13 stazioni. Il prelievo è stato effettuato per mezzo di una benna van Veen, con superficie di presa pari a 0,1 m<sup>2</sup>; in ogni stazione sono state raccolte tre repliche ed il sedimento è stato setacciato su maglie da 1 mm di lato. In laboratorio è stato effettuato il sorting e la determinazione del numero di specie e di individui presenti in ciascun campione.

Complessivamente sono stati identificati 362 taxa, di cui 168 appartenenti ai policheti, 77 ai molluschi, 65 ai crostacei, 19 agli echinodermi e 33 ad altri taxa, per un totale di 14.608 individui conteggiati.

Le specie più abbondanti, distribuite in tutto il golfo, sono i policheti *Pseudoleiocapitella fauveli* e *Lumbrineris geldia*, l'echinoderma *Amphiura chiajei* ed il crostaceo *Ampelisca intermedia*.

Il numero di taxa e di individui è tendenzialmente più elevato nei corpi idrici della parte più occidentale del golfo di Trieste, tra la foce del Tagliamento e quella dell'Isonzo, caratterizzati da un sedimento misto, mentre i corpi idrici nella parte più orientale del golfo, dove il sedimento è maggiormente pelitico, presentano valori leggermente più bassi dei parametri strutturali (figure 14 e 15).

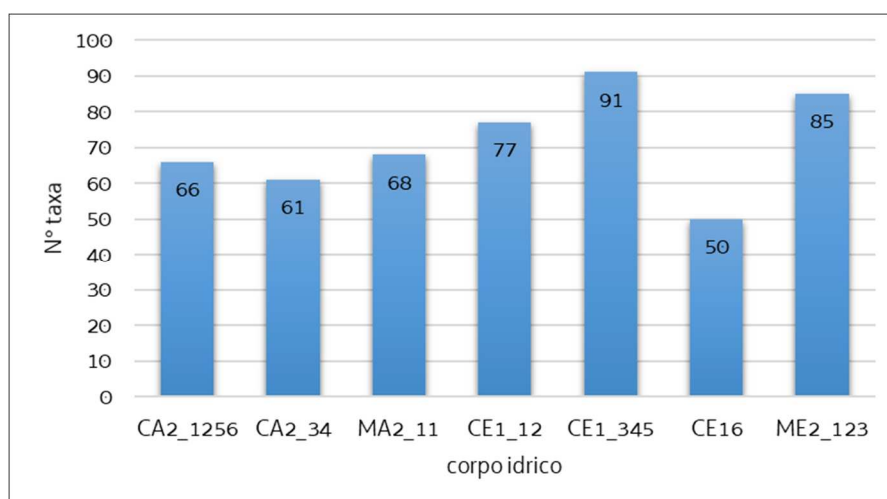


Figura 14. Media annuale del numero di taxa per corpo idrico.

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

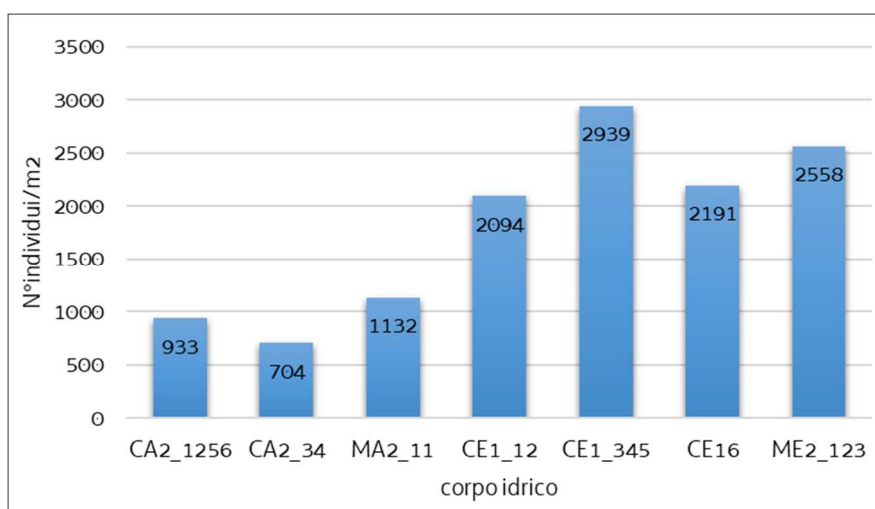


Figura 15. Media annuale del numero di individui/m<sup>2</sup> per corpo idrico.

Per la valutazione dello stato di qualità di questo EQB è stato applicato l'indice M-AMBI il cui valore è compreso tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE).

In riferimento alla Decisione (UE) 2018/229 del 12 febbraio 2018 che riporta i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall'esercizio di intercalibrazione e al documento ISPRA ("Implementazione della direttiva 2000/60/CE. Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere - EQB Macroalghe, Macroinvertebrati bentonici, Angiosperme") i limiti di classe e le condizioni di riferimento utilizzate per la classificazione sono riportate in tabella 27.

Valori di riferimento			RQE	
AMBI	H'	S	E/B	B/S
0,5	4,8	50	0,81	0,61

Tabella 27. Valori di riferimento e valori di RQE relativi al limite Buono/Sufficiente ed Elevato/Buono riferiti all'unica tipologia proposta per il Mediterraneo "coste sabbiose sedimentarie - fondale basso".

Per classificare il corpo idrico è stata calcolata la media dei campionamenti primaverili ed autunnali. Dall'analisi dei risultati dell'indice M-AMBI, 6 corpi idrici ricadono nello stato di qualità elevato ed uno nello stato buono (tabella 28).

Corpo idrico	Macrotipo	Indice AMBI	Diversità(H')	N°specie (S)	Indice M-AMBI	STATO 2020-2022
CA2_1256	2	2,16	4,87	66	0,89	elevato
CA2_34	2	1,55	5,11	61	0,95	elevato
MA2_11	2	1,72	4,93	68	0,94	elevato
CE1_12	1	2,32	4,87	77	0,90	elevato
CE1_345	1	2,04	4,49	91	0,94	elevato
CE16	1	1,74	3,39	50	0,78	buono
ME2_123	2	2,15	5,00	85	0,92	elevato

Tabella 28. Valori medi dell'indice AMBI, dell'indice di diversità (H'), del numero di specie (S) e dell'indice M-AMBI, con relativo stato di qualità dei macroinvertebrati bentonici per ogni corpo idrico.

### 3.3.3 Elementi fisico-chimici a sostegno

In tutti i corpi idrici sono stati monitorati i seguenti parametri:

- ❖ temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla “a”, utilizzando una sonda multiparametrica;
- ❖ trasparenza con il disco Secchi;
- ❖ analisi dei nutrienti (azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, fosforo ortofosfato, fosforo totale, azoto totale, silice reattiva)

#### 3.3.3.a Indice TRIX

I nutrienti, l'ossigeno disciolto e la clorofilla *a* vengono utilizzati nel calcolo dell'indice TRIX, che definisce il grado di trofia ed il livello di produttività delle acque marino-costiere. l'indice comprende sia i fattori nutrizionali che concorrono all'incremento della biomassa algale che gli effetti dell'aumento della biomassa stessa. Questo permette di valutare il rischio di distrofie nei corpi idrici marino-costieri interessati da cospicui apporti fluviali, e di segnalare scostamenti significativi dalle condizioni di trofia tipiche di aree naturalmente a basso livello trofico. Il calcolo avviene secondo la seguente equazione:

$$\{\text{Log} [\text{Chl } a \times |\text{OD}\%| \times \text{DIN} \times \text{P}_{\text{tot}}] - [-1,5]\} / 1,2$$

dove Chl *a* rappresenta il contenuto di clorofilla *a* espresso in µg/l, OD% è l'ossigeno disciolto espresso in percentuale come variazione in valore assoluto dalla saturazione, DIN è la somma delle specie azotate disciolte (ammonio, nitrito e nitrato) espressa in µg/l e P<sub>tot</sub> è il fosforo totale della colonna d'acqua espresso in µg/l.

In tabella 29 sono riportati i valori di TRIX per il triennio di monitoraggio operativo 2020-2022, calcolati in base alla media dei valori ottenuti per ciascuno dei 3 anni di campionamento. I risultati evidenziano uno stato di qualità buono per tutti i corpi idrici marino-costieri.

Corpo idrico	Macrotipo	TRIX	STATO 2020-2022
CA2_1256	2	3,22	buono
CA2_34	2	3,53	buono
MA2_11	2	3,38	buono
CE1_12	1	4,07	buono
CE1_345	1	3,84	buono
CE16	1	4,23	buono
ME2_123	2	3,73	buono

Tabella 29. Valori dell'indice TRIX e stato ecologico.

### 3.3.3.b Granulometrie e carbonio organico

Le analisi granulometriche ed il contenuto di carbonio organico nei sedimenti sono stati rilevati nelle stesse stazioni in cui sono stati raccolti i campioni per i macroinvertebrati bentonici, in primavera ed autunno del 2022. Le percentuali di sabbia variano da un minimo di 9,84% in CA332 nel campionamento primaverile ad un massimo di 96,62%, nella stazione CE162. Le stazioni situate nella parte più orientale del golfo presentano sedimenti caratterizzati da limo argilloso, mentre dalla foce dell'Isonzo al Tagliamento il contenuto in sabbia tende ad aumentare, ad eccezione della stazione CE163 posizionata sulle peliti tilaventine.

Nelle tabelle 30 e 31 sono riportati i risultati delle analisi granulometriche nelle due stagioni.

Primavera						
Corpo idrico	Stazione	Ciottolo (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Classificazione
CA2_1256	CA321	0,00	15,02	49,82	35,17	Limo con argilla
	CA351	0,45	14,59	53,08	31,89	Limo con argilla
CA2_34	CA332	1,08	9,84	47,09	41,99	Limo con argilla
	CA341	0,00	25,25	40,42	34,34	Limo con argilla
MA2_11	MA212	0,00	10,94	47,02	42,04	Limo con argilla
CE1_12	CE112	1,73	62,62	27,63	8,02	Sabbia con limo
	CE121	0,00	11,31	49,70	38,99	Limo con argilla
CE1_345	CE132	6,10	85,61	5,60	2,69	Sabbia ciottolosa
	CE152	0,20	81,33	14,35	4,11	Sabbia limosa
	ME121	0,38	64,62	19,63	15,37	Sabbia limosa
CE16	CE162	0,00	96,62	1,93	1,45	Sabbia
	CE163	0,00	20,27	58,14	21,59	Limo argilloso
ME2_123	ME222	2,26	43,72	40,41	13,62	Sabbia con limo

Tabella 30. Risultati delle analisi granulometriche del campionamento primaverile (2022).

Autunno						
Corpo idrico	Stazione	Ciottolo (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Classificazione
CA2_1256	CA321	0	39,65	34,58	25,77	Sabbia con limo
	CA351	0	21,96	49,12	28,92	Limo con argilla
CA2_34	CA332	0,48	20,67	40,78	38,08	Limo con argilla
	CA341	0	18,25	41,25	40,5	Limo con argilla
MA2_11	MA212	0	23,78	39,69	36,53	Limo con argilla
CE1_12	CE112	0	56,7	34,02	9,28	Sabbia con limo
	CE121	0	23,78	42,91	33,31	Limo con argilla
CE1_345	CE132	2,21	70,95	16,79	10,06	Sabbia limosa
	CE152	0,04	73,31	20,67	5,98	Sabbia limosa
	ME121	1,81	65,67	17,99	14,53	Sabbia limosa
CE16	CE162	0	95,19	3,06	1,75	Sabbia
	CE163	0	12,35	58,78	28,88	Limo con argilla
ME2_123	ME222	5,43	45,4	35,61	13,56	Sabbia con limo

Tabella 31. Risultati delle analisi granulometriche del campionamento autunnale (2022).

Il carbonio organico totale è un parametro che viene utilizzato a supporto delle analisi sulle comunità macrobentoniche. I valori ritrovati nelle due campagne primaverile ed autunnale sono riportati in tabella 32.

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo idrico	Stazione	Primavera	Autunno
		Carbonio organico (%)	Carbonio organico (%)
CA2_1256	CA321	1,00	1,46
	CA351	1,46	1,45
CA2_34	CA332	1,35	1,23
	CA341	1,17	0,97
MA2_11	MA212	0,99	1,13
CE1_12	CE112	0,70	0,67
	CE121	1,31	1,17
CE1_345	CE132	0,10	0,31
	CE152	0,36	0,38
	ME121	0,38	0,37
CE16	CE162	0,26	0,07
	CE163	0,59	0,89
ME2_123	ME222	0,81	0,8

Tabella 32. Valori di carbonio organico nelle campagne primaverili e autunnali (2022).

Il carbonio organico varia da un massimo di 1,46% nella stazione CA321 caratterizzata da sedimento prevalentemente pelitico, ad un minimo di 0,07% nella stazione CE162, in cui il sedimento è costituito da sabbia. La variabilità della sostanza organica è in parte dovuta alla diversa composizione sedimentologica dei campioni analizzati, che evidenziano una correlazione significativa tra le percentuali di carbonio organico e quelle di pelite (limo+argilla). I bassi tenori di carbonio sono infatti associati al sedimento più grossolano, che ha una minore capacità di trattenere la sostanza organica. Il valore medio per le 13 stazioni nei due periodi di campionamento è di  $0,81 \pm 0,45\%$  in primavera e  $0,84 \pm 0,45\%$  in autunno.

### 3.3.4 Elementi chimici a sostegno: sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nelle acque (tab. 1/B – D.Lgs. 172/15)

Sono state monitorate 10 stazioni distribuite nei sette corpi idrici per l'analisi delle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nelle acque, mantenendo una frequenza trimestrale. Le analisi hanno interessato le sostanze elencate in allegato 1. I risultati riportati in tabella 33 evidenziano lo stato buono relativo a tutti i corpi idrici monitorati.

Corpo idrico	Macrotipo	STATO 2020-2022
CA2_1256	2	buono
CA2_34	2	buono
MA2_11	2	buono
CE1_12	1	buono
CE1_345	1	buono
CE16	1	buono
ME2_123	2	buono

Tabella 33. Risultati per le sostanze non appartenenti all'elenco di priorità nelle acque marino-costiere.

## 3.4 Elementi per la classificazione dello Stato Chimico: risultati

### 3.4.1 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità nell'acqua (tab.1/A D.Lgs.172/15)

Sono state monitorate 10 stazioni distribuite nei sette corpi idrici per l'analisi delle sostanze prioritarie nelle acque, mantenendo una frequenza trimestrale in ciascun anno di indagine. Le analisi hanno interessato le sostanze elencate nell'allegato 2. Come già osservato per i corpi idrici di transizione e per le stesse motivazioni i cloroalcani e i fenoli non sono compresi in questa trattazione e, anche in questo caso le sostanze prese in considerazione sono caratterizzate dagli stessi standard di qualità ambientale.

I superamenti dello SQA-CMA comprendono le stesse sostanze osservate nei corpi idrici di transizione (Dichlorvos, Cypermetrina I, II, III, IV e Eptacloro + Eptacloro epossido) ed anche in questo caso non sono state prese in considerazione a causa dei LOQ non adeguati (articolo 78-septies, comma 1-bis).

I superamenti dello SQA-MA sono riportati in tabella 34.

Codice regionale CI	MATRICE ACQUA
CA2_1256	NON BUONO (Benzo(a)pirene)
CA2_34	NON BUONO (Pb)
MA2_11	NON BUONO (Benzo(a)pirene)
CE1_12	BUONO
CE1_345	NON BUONO (Benzo(a)pirene)
CE16	BUONO
ME2_123	BUONO

Tabella 34. Stato chimico nel triennio 2020-2022 (matrice acqua).

In particolare, il benzo(a)pirene supera il limite fissato ( $1,7 \times 10^{-4}$  µg/l) nel 2020 e 2021 in CA2\_1256 ( $2,3 \times 10^{-4}$  e  $5 \times 10^{-4}$  µg/l, rispettivamente), MA2\_11 nel 2022 ( $2,6 \times 10^{-4}$  µg/l) e in CE1\_345 nel 2021 ( $1,8 \times 10^{-4}$  µg/l). Inoltre vi è stato anche il superamento relativo al piombo (Pb) in CA2\_34 con una media di 1,67 µg/l nel 2022.

### 3.4.2 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità nel biota (tab.1/A D.Lgs.172/15)

L'analisi delle sostanze appartenenti all'elenco di priorità nel biota è stata effettuata in ogni corpo idrico. La specie ittica selezionata è il ghiozzo nero (*Gobius niger*) e le sostanze prioritarie analizzate, per le quali è stabilito l'SQA<sub>biota</sub> riferito ai pesci secondo il D.Lgs. 172/2015 sono: Difenileteri bromurati, DDT, Esaclorobenzene, Esaclorobutadiene, Mercurio, Dicofol, PFOS, Diossine, Esabromociclododecano (HBCDD), Eptacloro ed eptacloro epossido. L'SQA<sub>biota</sub> per il Fluorantene e il Benzo(a)pirene è riferito invece ai crostacei e molluschi. Pertanto la specie campionata ed analizzata è il crostaceo *Squilla mantis* (canocchia).

La tabella 35 riporta la classificazione dello stato chimico nel biota sulla base del principio "one out all out". Tutti i corpi idrici non raggiungono lo stato buono a causa del superamento dell'SQA<sub>biota</sub> per il mercurio (Hg) pari a 20 µg/kg di peso umido, per i Difenileteri bromurati (PBDE) pari a 0,0085 µg/kg peso umido e per l'eptacloro-eptacloro epossido pari a 0,0067 µg/kg peso umido. La concentrazione di eptacloro-eptacloro epossido è risultata conforme all' SQA<sub>biota</sub> solamente nei corpi idrici CA2\_1256 e CA2\_34.



■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Corpo idrico	Classificazione biota 2020-2022
CA2_1256	NON BUONO (PBDE, Hg)
CA2_34	NON BUONO (PBDE, Hg)
MA2_11	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)
CE1_12	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)
CE1_345	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)
CE16	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)
ME2_123	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)

Tabella 35. Classificazione dello stato chimico sulla base delle sostanze prioritarie nel biota.

### 3.5 Sostanze appartenenti all'elenco di priorità e non prioritarie nei sedimenti: risultati

Il campionamento di sedimento è stato condotto nel 2022 in tutti i 19 corpi idrici marino-costieri. Sono state effettuate tutte le analisi previste delle sostanze elencate nelle tabelle 3/A e 3/B - All.1 alla Parte terza del D.Lgs. 152/06. Tuttavia, sulla base dei risultati ottenuti nel sessennio precedente, alcuni analiti non sono stati presi in considerazione. Tra questi il naftalene e il cromo VI i cui valori di concentrazione erano sempre stati inferiori al limite di quantificazione (LOQ).

I risultati relativi ai superamenti degli SQA  $\pm 20\%$  (in considerazione della variabilità della matrice sedimentaria) sono riportati in tabella 36. In termini generali, e analogamente a quanto osservato nei corpi idrici di transizione, vi è un superamento diffuso relativo al Hg (in questo caso derivante esclusivamente dagli apporti di materiale contaminato proveniente dagli scarti delle miniere di Idrija) ad eccezione della stazione ME111 (corpo idrico CE1\_345). Quest'ultimo è caratterizzato da una granulometria ascrivibile a materiale sabbioso che non favorisce il legame con il metallo. Un altro carattere generale è il superamento degli SQA nei corpi idrici della costiera triestina (da Monfalcone a Punta Sottile-Punta Sdobba). La maggior parte delle sostanze che superano gli SQA proposti corrispondono alla classe di composti degli IPA (idrocarburi policiclici aromatici): Benzo(a)Pirene, Benzo(b)Fluorantene, Benzo(k)Fluorantene, Benzo(g,h,i)Perilene, Antracene, Fluorantene e Indeno(2,3,c,d)Pirene. Tuttavia, si osserva anche il superamento per il piombo (Pb) e per il cromo (Cr) e, in misura minore (stazioni CA312 e CA361) per l'arsenico (As). Infine, il calcolo relativo alla sommatoria della tossicità equivalente per Diossine, Furani e PCB-Diossina simili ( $\Sigma$  T.E. PCDD, PCDF, PCB-DL) e quello relativo ai PCB totali, conferma le criticità osservate nei corpi idrici maggiormente soggetti ad attività antropiche.

Corpo idrico	Stazione	Mercurio	Piombo	Benzo(a)pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(g,h,i)perilene	Indenopirene	Antracene	Fluorantene	Σ T.E. PCDD, PCDF, PCB-DL	PCB totali	Arsenico	Cromo
CA2_1256	CA312													
	CA32_8sp													
	CA351													
	CA361													
CA2_34	CA331													
	CA341													
MA2_11	MA312													
	MA212													
CE1_12	CE111													
	CE121													
CE1_345	CE132													
	CE141													
	CE152													
	ME111													
	ME121													
CE16	CE163													
ME2_123	ME211													
	ME222													
	ME231													

Tabella 36. Sostanze che superano gli SQA nei sedimenti marino-costieri (Tabb. 3/A e 3/B).

### 3.6 Classificazione dello Stato Ecologico

Lo **STATO ECOLOGICO** di un corpo idrico è classificato in base alla classe più bassa risultante dal monitoraggio dei seguenti tre gruppi di elementi: elementi biologici, elementi fisico-chimici a sostegno, ad eccezione di quelli utili ai soli fini interpretativi, elementi chimici a sostegno (altri inquinanti specifici).

Nel D.Lgs.152/06 ss.mm.ii. – All.1 alla Parte terza - par. A.4.6.1 sono indicate due fasi per giungere alla classificazione ecologica. La “Fase I” integra gli elementi biologici con quelli fisico-chimici, la “Fase II” integra i risultati della prima con gli elementi chimici a sostegno (altri inquinanti specifici) nelle acque superficiali.

Per valutare gli elementi chimici a sostegno degli EQB (tab.1/B D.Lgs.172/15) si utilizza il valore peggiore della media calcolata per ciascun anno, in conformità a quanto indicato nel par. A.4.5 del D.Lgs.152/06. Nel triennio 2020-22 i valori medi sono risultati sempre inferiori all'SQA-MA e, per gran parte degli analiti, inferiori al limite di quantificazione, pertanto lo stato di qualità per gli elementi chimici a sostegno è risultato buono per tutti i corpi idrici marino-costieri.

In base ai risultati degli EQB monitorati e degli elementi chimici e fisico-chimici a sostegno, lo stato ecologico di tutti i corpi idrici marino-costieri per il triennio 2020-2022 è buono (figura 16 e tabella 37).

■ Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

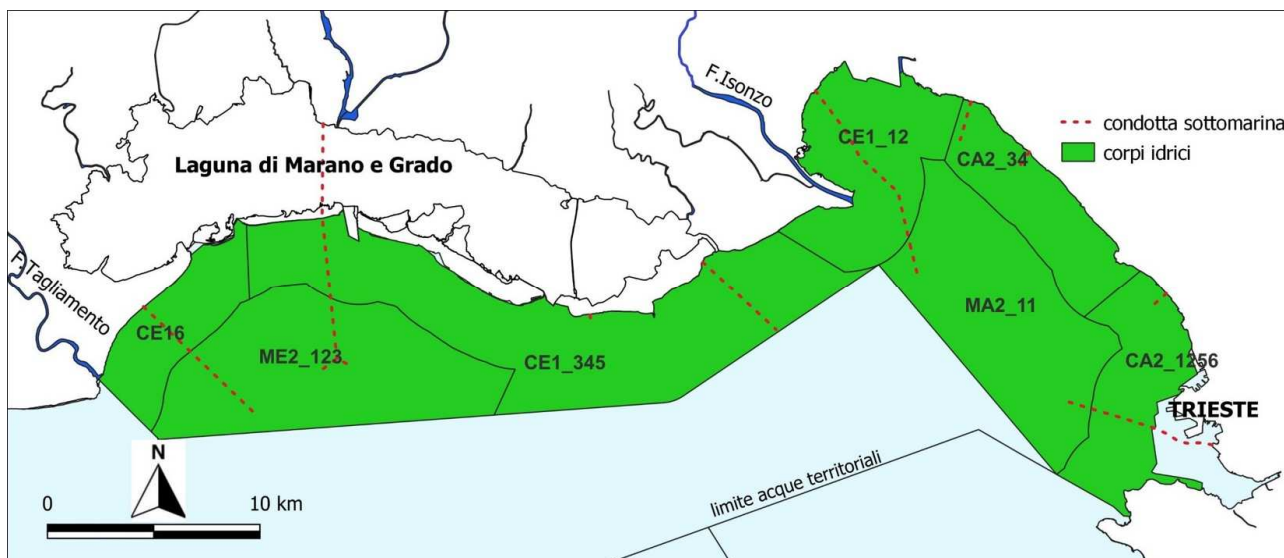


Figura 16. Mappa dello stato ecologico dei corpi idrici marino-costieri nel triennio 2020-2022.

Corpi idrici	Fitoplancton	Macroinvertebrati bentonici	Indice TRIX	FASE I	Sostanze non prioritarie	STATO ECOLOGICO 2020-2022
CA2_1256	elevato	elevato	buono	elevato	buono	BUONO
CA2_34	elevato	elevato	buono	elevato	buono	BUONO
MA2_11	elevato	elevato	buono	elevato	buono	BUONO
CE1_12	elevato	elevato	buono	elevato	buono	BUONO
CE1_345	elevato	elevato	buono	elevato	buono	BUONO
CE16	elevato	buono	buono	buono	buono	BUONO
ME2_123	buono	elevato	buono	buono	buono	BUONO

Tabella 37. Stato ecologico dei corpi idrici marino-costieri nel triennio 2020-2022.

### 3.7 Classificazione dello Stato Chimico

In conformità a quanto riportato nel D.Lgs. 152/06 (All.1 alla Parte terza - par. A.4.6.3) per la definizione dello STATO CHIMICO, il corpo idrico che soddisfa, per le sostanze dell'elenco di priorità, tutti gli standard di qualità ambientale è classificato in buono stato chimico. In caso negativo si ha il mancato conseguimento dello stato buono. Considerando quindi le matrici acqua e biota i risultati dello stato chimico possono essere riassunti nella tabella 38.

Corpi idrici	Matrice acqua	Matrice Biota	2020-2022
CA2_1256	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg)	NON BUONO
CA2_34	NON BUONO (Pb)	NON BUONO (PBDE, Hg)	NON BUONO
MA2_11	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
CE1_12	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
CE1_345	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
CE16	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
ME2_123	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO

Tabella 38. Stato chimico dei corpi idrici marino-costieri nel triennio 2020-2022.

Stato ecologico e stato chimico delle acque di transizione e marino-costiere del Friuli Venezia Giulia. Triennio 2020-2022

Allegato 1.

<b>Sostanze analizzate nel triennio 2020-22 (tab. 1/B D.Lgs.172/15)</b>		
1,1,1-Tricloroetano	TriPhenilStagno (come catione)	Methoxyfenozide
1,2-Diclorobenzene	Cromo totale	Metolachlor
1,3-Diclorobenzene	Cymoxanil	Metolachlor ESA
1,4-Diclorobenzene	Cyprodinil	Metribuzin
2,4,5-T	Desetilatrazina	Mevinphos (cis+trans)
2,4,5-Triclorofenolo	Desetilterbutilazina	Monolinuron
2,4,6-Triclorofenolo	Desisopropilatrazina	Monuron
2,4-D	Diazinon	Nicosulfuron
2,4-Diclorofenolo	Diethofencarb	Omethoate
2-Clorofenolo	Difenoconazole	Oxadiazon
2-Clorotoluene	Dimethoate	Oxadixil
2-idrossiatrazina	Dimethomorph E,Z	Oxydemeton-methyl
2-idrossiterbutilazina	Endosulfan Sulfate	Parathion-Etile
3-Clorofenolo	Ethion	Parathion-Metile
3-Clorotoluene	Fenexhamide	Penconazolo
3-hydroxy-carbofuran	Fenitrothion	Pendimetalin
4-Clorofenolo	Fenthion	Pethoxamid
4-Clorotoluene	Fluazifop-Butyl	Piperonyl Butoxide
Acetamiprid	Fludioxonil	Pirimiphos (Etile+Metile)
Acetochlor	Flufenacet	Prochloraz
Acido 4-Chloro-2-methylphenoxyacetic (MCPA)	Fluopicolide	Propazina
Acido Perfluorobutanoico (PFBA)	Fluopyram	Propyzamide
Acido Perfluoroetanoico (PFHxA)	Heptenophos	Pyraclostrobin
Acido Perfluoroetanoico (PFHxS)	Imazalil	Pyridaphenthion
Acido Perfluoroottanoico (PFOA)	Imazamox	Pyrimethanil
Acido Perfluoropentanoico (PFPeA)	Imidacloprid	Sebutilazina
Arsenico	Ipconazolo	Sommatoria di Fitofarmaci
Azinphos Etile	Iprovalicarb	Spiroxamina
Azinphos Metile	Kresoxim-methyl	Tebuconazole
Azoxystrobin	Lenacil	Temephos
Bentazone	Linuron	Terbutilazina
Boscalid	Malathion	Tetrachlorvinphos
Bromacil	Mandipropamid	Tetraconazolo
Carbendazim	Mecoprop	Thiacloprid
Carbofuran	Metalaxyl	Thiamethoxam
Chlorantraniprole	Metazachlor	Thiophanate-Methyl
Chlordane cis+trans	Metconazolo	Toluene
Chloridazon	Methidathion	Tri-allate
Cianazina	Methiocarb	Xileni (somma di o-, m- e p-)
Clorobenzene	Methoxychlor	Zoxamide
Clothianidin		

Allegato 2.

<b>Sostanze analizzate nel triennio 2020-22 (tab. 1/A D.Lgs.172/15 )</b>	
1,2-Dicloroetano	Endrin
4-tert-octilfenolo	Eptacloro+Eptacloroepossido
Aclonifen	Esaclorobenzene
Alachlor	Esaclorobutadiene
Aldrin	Esaclorocicloesano-abdg
Antracene	Fluorantene
Atrazina	Indeno (1,2,3-c,d) Pirene
Benzene	Isodrin
Benzo (a) Pirene	Isoproturon
Benzo (b+j) Fluorantene	Mercurio
Benzo (ghi) Perilene	Naftalene
Benzo (k) Fluorantene	Nichel
Bifenox	Pentaclorobenzene
bis-(2-etilesil)-ftalato - DEHP	Pentaclorofenolo
Cadmio	Piombo
Chlorfenvinphos	Quinoxifen
Chlorpiriphos	Simazina
TriButilStagno (come catione)	Sommatoria antiparassitari ciclodiene
Cybutryne	Terbutrina
Cypermotrina I, II, III, IV	Tetracloroetilene (PCE)
DDT pp	Tetraclorometano (Tetracloruro di carbonio)
Dichlorvos	Total DDT
Diclorometano	Triclorobenzene
Dieldrin	Tricloroetilene
Diuron	Triclorometano (Cloroformio)
Endosulfan (alfa+beta)	Trifluralin