

MONITORAGGIO DELLA LAGUNA DI VENEZIA AI SENSI DELLA DIRETTIVA 2000/60/CE

FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DELLO STATO ECOLOGICO

DECRETO LEGISLATIVO N. 152/2006 e ss.mm.ii.

Valutazione dei dati acquisiti nel monitoraggio ecologico 2023-2024 ai fini della classificazione ecologica dei corpi idrici lagunari

(elementi di qualità fisico-chimica e chimici, ad esclusione delle sostanze non prioritarie della colonna d'acqua a supporto dello stato ecologico, elementi di qualità biologica)

Marzo 2025

ISPRA

Responsabile Centro Nazionale per la caratterizzazione ambientale e la protezione della fascia costiera e l'oceanografia operativa

Dott. Giordano Giorgi

Responsabile Area Maree e Lagune

Ing. Andrea Bonometto

Responsabile Tecnico Scientifico

Dott.ssa Rossella Boscolo Brusà

Coordinamento Tecnico-scientifico delle attività di monitoraggio e classificazione dello stato ecologico della Laguna di Venezia

Dott.ssa Federica Cacciatore

Referenti Tecnico-scientifici

Dott.ssa Valentina Bernarello, Dott.ssa Federica Oselladore, Dott. Emanuele Ponis, Dott. Michele Cornello

ARPAV

Direttore del Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente

Dirigente ad interim dell'Unità Organizzativa Monitoraggio Acque Marine e Lagunari

Ing. Fabio Strazzabosco

Collaboratori Tecnico-professionali

Ing. Marta Novello, Dott. Daniele Bon, Dott.ssa Alessandra Girolimetto, Dott. Massimo Zorzi

In collaborazione con:

Dipartimento Regionale Laboratori – Sedi di Venezia e Treviso

INDICE

PREMESSA	4
1 INTRODUZIONE	6
2 MONITORAGGIO OPERATIVO.....	8
2.1 Macroinvertebrati bentonici	14
2.1.1 Rete di monitoraggio.....	14
2.1.2 Campionamento e analisi.....	15
2.1.3 Indice per la classificazione dello stato ecologico: M-AMBI	15
2.1.1 Confronti tra Cicli di Monitoraggio.....	20
2.2 Macrofite	23
2.2.1 Rete di monitoraggio.....	23
2.2.2 Campionamento e analisi.....	25
2.2.3 Indice per la classificazione dello stato ecologico: MaQI	25
2.2.1 Confronti tra Cicli di Monitoraggio.....	32
2.3 Elementi di qualità fisico-chimica a supporto della classificazione ecologica: Elementi generali ..	36
2.3.1 Rete di monitoraggio.....	36
2.4 Metodiche di campionamento e analisi dei parametri chimico-fisici	39
2.4.1 Parametri.....	39
2.4.2 Campionamento.....	39
2.4.3 Specifiche per l'esecuzione delle analisi	40
2.4.4 Confronto con i limiti di classe Buono/Sufficiente: Fosforo reattivo (P-PO ₄) e Azoto inorganico disciolto (DIN).....	41
2.4.5 Altri parametri.....	44
2.4.6 Trend dei parametri DIN e P-PO ₄	44
3 PRIMA IDENTIFICAZIONE DELLO STATO ECOLOGICO AI SENSI DEL DLGS. 152/2006 ss.mm.ii.	55
3.1 Elementi di Qualità Biologica.....	55
5 CONCLUSIONI	58
6 BIBLIOGRAFIA	60
ALLEGATO 1.....	62

PREMESSA

In data 10/11/2023 è stato sottoscritto l'Accordo di Collaborazione ai sensi dell'Art. 15 L. n. 241/1990 e ss.mm.ii. tra ISPRA e ARPAV (Progetto Mo.V.Eco. V) con scadenza 31/05/2025, nell'ambito del monitoraggio della Laguna di Venezia. Il presente documento, redatto dall'ISPRA e dall'U.O. Monitoraggio Acque Marine e Lagunari di ARPAV, risponde a quanto richiesto all'Art. 2, comma 2.1 lett. d), comma 2.2 e al comma 2.3 lett. b) del suddetto Accordo, elaborare e valutare i dati del monitoraggio degli elementi di qualità chimico - fisica a supporto della classificazione ecologica (elementi generali ad esclusione delle sostanze non prioritarie), e i dati di monitoraggio degli elementi di qualità biologica (ove disponibili) entro il 31/03/2025 ai fini della classificazione ecologica dei corpi idrici lagunari.

Nell'ambito del precedente accordo di collaborazione, sottoscritto il 16/03/2022, ISPRA e ARPAV hanno predisposto il "*Piano di monitoraggio dei corpi idrici della Laguna di Venezia ai sensi della Direttiva 2000/60/CE finalizzato alla definizione dello stato ecologico, Decreto Legislativo n. 152/2006 s.m.i., Piano di gestione 2021-2027, Ciclo di monitoraggio 2023-2025*" di giugno 2022 (di seguito "Piano di Monitoraggio, 2022").

Ai fini, inoltre, di allineare i sessenni di monitoraggio all'interno dei rispettivi bacini idrografici e di poter disporre in fase di aggiornamento del Piano di Gestione di dati di monitoraggio validati il più recenti possibile, si è ritenuto opportuno già dallo scorso Piano di Gestione di svincolare i sessenni di monitoraggio dai cicli di pianificazione. Pertanto, il Piano di Gestione vigente 2021-2027, dal punto di vista dei monitoraggi, fa riferimento al sessennio 2020-2025, suddiviso nei trienni di monitoraggio operativo 2020-2022 e 2023-2025. Considerato che l'attuale triennio di monitoraggio è ancora in corso, i risultati presentati in questo documento fanno riferimento ai dati disponibili al 31/03/2025.

Come descritto nel suddetto documento di progettazione (Piano di monitoraggio 2022), in ottemperanza al D.Lgs. 152/2006 e ss.m.ii, Tab. 3.7, ed in continuità con quanto eseguito nei cicli di monitoraggio precedenti, la frequenza di campionamento dei parametri fisico-chimici in colonna d'acqua (Condizioni termiche, Ossigenazione, Salinità e Stato dei nutrienti) per il triennio 2023-2025 è stata e sarà, per ogni anno, trimestrale e in coincidenza con i campionamenti degli EQB fitoplancton, macrofite e fauna ittica quando in corso. Gli EQB macrofite sono stati campionati nel 2023, i macroinvertebrati bentonici e la fauna ittica nel 2024, mentre il fitoplancton è stato e sarà monitorato annualmente dal 2023 al 2025 con cadenza trimestrale.

Il campionamento degli elementi generali nell'acqua e del fitoplancton è stato eseguito da ARPAV, nei mesi di febbraio/marzo, aprile/maggio/giugno, luglio/agosto/settembre e novembre. Per tali elementi ARPAV ha svolto anche tutta l'attività analitica. Per ciò che concerne la valutazione dello stato di ossigenazione dei corpi idrici, in continuità con i precedenti cicli di monitoraggio, ci si avvarrà dei dati provenienti dalle sonde di rilevamento in continuo dell'ossigeno della rete U.T.A. (o SAMANET) quando disponibili. Per quanto riguarda queste attività si è fatto riferimento a quanto programmato da parte del Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il Veneto – Trentino Alto Adige –

Friuli Venezia Giulia (di seguito riportato come “Provveditorato per le Opere Pubbliche”). Come avvenuto a partire dal 2013, i dati relativi alle condizioni di ossigenazione non sono più elaborati dal Provveditorato per le Opere Pubbliche, ma vengono trasferiti come database all’ARPAV.

Il campionamento, l’analisi tassonomica e la stesura delle relazioni per l’EQB macrofite sono stati eseguiti dall’Università Ca’ Foscari di Venezia - Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica (DAIS). L’analisi tassonomica e le elaborazioni per l’EQB macroinvertebrati bentonici, nonché il campionamento della fauna ittica, sono stati svolti da SELC Soc. Coop.

Il campionamento dei macroinvertebrati bentonici, l’analisi tassonomica della fauna ittica e le analisi sui campioni di sedimento a supporto degli EQB macrofite e macroinvertebrati bentonici sono stati svolti interamente da ARPAV.

I dati attualmente disponibili fanno riferimento alle macrofite e al macrozoobenthos, che insieme ai parametri chimico fisici del 2023, sono oggetto del presente report.

1 INTRODUZIONE

Il Piano di Gestione della sub unità idrografica Bacino Scolante, Laguna di Venezia e mare antistante ha classificato tutti i corpi idrici della laguna di Venezia come "a rischio" di non raggiungere gli obiettivi previsti dalla Direttiva 2000/60/CE. Tale valutazione di rischio è stata riconfermata dai successivi aggiornamenti del Piano di Gestione. Ai sensi della Direttiva e della normativa nazionale di recepimento (D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.)) è stato pertanto applicato il monitoraggio operativo a tutti i corpi idrici lagunari.

Il Piano di monitoraggio (2020) predisposto da ISPRA e ARPAV prevedeva, in continuità con i precedenti piani (Piani di Monitoraggio, 2010, 2013 e 2016), due distinte linee di attività:

- il **monitoraggio operativo**, che, come previsto dalla Direttiva, in base alle pressioni insistenti sui corpi idrici della laguna, ha avuto come oggetto di indagine gli **EQB Macroalghe, Fanerogame e Macroinvertebrati bentonici** e i **parametri fisico-chimici e chimici e idromorfologici** a supporto dei parametri biologici;
- il **monitoraggio addizionale**, che è stato aggiunto al monitoraggio operativo allo scopo di fornire un'informazione più completa dello stato lagunare. Per il monitoraggio addizionale è stato individuato un sottoinsieme di stazioni del monitoraggio operativo sul quale sono stati monitorati anche gli **EQB Fauna ittica e Fitoplancton**.

Ai sensi della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE) e della normativa nazionale di recepimento (D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.) lo stato ecologico dei corpi idrici è classificato in base alla classe più bassa, risultante dai dati di monitoraggio, relativa agli:

- Elementi biologici (EQB);
- Elementi fisico-chimici a sostegno, ad eccezione di quelli indicati all'Allegato 1 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., come utili ai fini interpretativi;
- Elementi chimici a sostegno (altre sostanze non appartenenti all'elenco di priorità).

Il D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. definisce il sistema di classificazione (metriche, indici, condizioni di riferimento, soglie) da utilizzare per gli elementi di qualità biologica macroalghe, fanerogame, macroinvertebrati bentonici.

Per gli elementi di qualità fitoplancton e fauna ittica (utilizzati in Laguna di Venezia per il solo monitoraggio addizionale) si è fatto riferimento alla Decisione 2018/229/UE. Le misure dei parametri fisico-chimici della colonna d'acqua rientrano propriamente fra gli elementi a supporto dei parametri biologici. Il D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. definisce all'articolo A.4.4.2. i criteri tecnici per la classificazione sulla base degli elementi di qualità fisico-chimica a sostegno.

In base a quanto richiesto dalla normativa di riferimento, nella classificazione dello stato ecologico delle acque di transizione, gli elementi fisico-chimici a sostegno del biologico da utilizzare sono:

- Azoto inorganico disciolto (DIN);
- Fosforo reattivo (P-PO₄);
- Ossigeno disciolto.

Per ciascuno di questi tre elementi il D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. definisce un limite di classe Buono/Sufficiente (cfr. tabella 4.4.2/a).

2 MONITORAGGIO OPERATIVO

Per la progettazione del Piano di monitoraggio del 2013 è stata fatta un'accurata analisi della variabilità spaziale interna ai corpi idrici sulla base dei risultati del monitoraggio condotto nel 2011, al fine di ottimizzare lo sforzo di campionamento e garantire al tempo stesso un'adeguata affidabilità della classificazione dei corpi idrici. Tali valutazioni sono state fatte esclusivamente per gli EQB selezionati per il monitoraggio operativo e utilizzati quindi per la classificazione. Per i Piani di monitoraggio successivi si è mantenuto quanto previsto nel Piano di Monitoraggio 2013. In Tabella 1 è riportato lo sforzo di campionamento definito per ciascun EQB nei diversi corpi idrici naturali e nei corpi idrici fortemente modificati "Valli laguna Nord" e "Valli laguna Centro Sud". Per quest'ultimo corpo idrico (VLCS) sono state previste ulteriori stazioni di monitoraggio sia per gli EQB del monitoraggio operativo che per i parametri chimico-fisici a supporto e per il fitoplancton. I risultati di queste stazioni integrative saranno trattati in un apposito report. In Tabella 2 sono elencate le stazioni selezionate per i due EQB oggetto di monitoraggio operativo e le relative coordinate in Gauss-Boaga fuso est.

Anche per questo triennio di monitoraggio operativo, pur nella necessità di soddisfare le esigenze specifiche stabilite dai protocolli per ciascun EQB, si è cercato il più possibile di mantenere la sovrapposizione delle griglie di campionamento, sia per ottenere una valutazione integrata dello stato dell'ecosistema, sia per minimizzare lo sforzo operativo (Figura 1).

Tabella 1. Sforzo di campionamento per gli EQB Invertebrati bentonici e Macrofite.

TIPO	Codice CORPO IDRICO	Invertebrati bentonici N° stazioni	Macrofite N° stazioni
<i>Polialino Confinato</i>	PC1	6	5
	PC2	10	4
	PC3	5	3
	PC4	4	3
<i>Eualino Confinato</i>	EC	7	13
<i>Eualino Non Confinato</i>	ENC1	16	22
	ENC2	4	8
	ENC3	3	3
	ENC4	6	10
<i>Polialino Non Confinato</i>	PNC1	5	5
	PNC2	9	9
<i>Fortemente Modificati</i>	VLN	1	2
	VLS	1	1
Totale numero stazioni		77	88
Frequenza annuale di campionamento		1	2
N° stazioni x frequenza annuale di campionamento		77	176

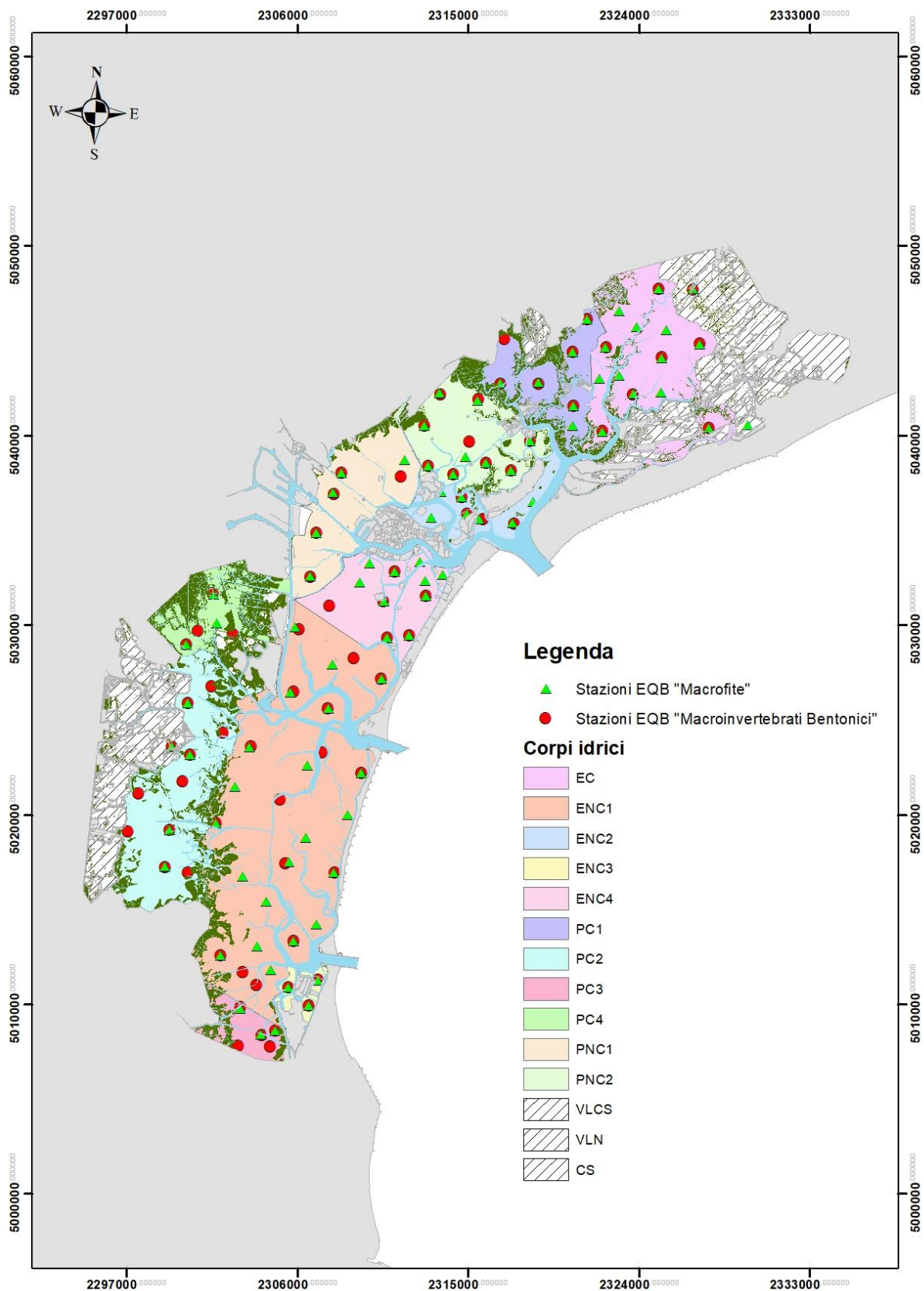


Figura 1. Localizzazione complessiva delle stazioni di campionamento degli EQB per il monitoraggio operativo.

Tabella 2. Stazioni, coordinate in Gauss Boaga Fuso EST ed Elementi di Qualità Biologica (MMF = Macrofite, B = Macroinvertebrati bentonici) del monitoraggio operativo della laguna di Venezia.

Stazioni	Gauss Boaga Fuso Est		Elementi di Qualità Biologica
	x	y	
EC_1	2325056	5047735	MMF, B
EC_2	2325228	5044097	MMF, B
EC_3	2323894	5045728	MMF
EC_4	2327230	5044822	MMF, B
EC_5	2322272	5044634	MMF, B
EC_6	2321944	5043022	MMF
EC_7	2327717	5040396	MMF, B
EC_8	2322078	5040210	MMF, B
EC_9	2325201	5042278	MMF
EC_10	2322967	5046569	MMF
EC_11	2322978	5043162	MMF
EC_12	2325457	5045569	MMF
EC_Ve-8	2323743	5042182	MMF, B
ENC1_1	2309391	5022175	MMF, B
ENC1_2	2305813	5013339	MMF, B
ENC1_3	2301947	5012547	MMF, B
ENC1_4	2303480	5023542	MMF, B
ENC1_5	2305904	5029869	MMF, B
ENC1_6	2308986	5028254	B
ENC1_7	2310456	5027166	MMF, B
ENC1_8	2307849	5027931	MMF
ENC1_9	2305664	5026434	MMF, B
ENC1_10	2307304	5023278	B
ENC1_12	2306555	5022592	MMF
ENC1_13	2302712	5021457	MMF
ENC1_14_bis	2305088	5020790	B
ENC1_15	2308670	5019983	MMF
ENC1_16	2306471	5018762	MMF
ENC1_17	2301708	5019550	MMF, B
ENC1_18	2303130	5016740	MMF, B

Stazioni	Gauss Boaga Fuso Est		Elementi di Qualità Biologica
	x	y	
ENC1_19	2307952	5016926	MMF, B
ENC1_21	2304385	5015425	MMF
ENC1_22	2307030	5014209	MMF
ENC1_23	2304621	5011806	MMF
ENC1_24	2303881	5013027	MMF
ENC1_25	2304000	5011100	B
ENC1_FI	2307650	5025604	MMF, B
ENC1_VS	2305545	5017438	B
ENC1_VS_bis	2305560	5017509	MMF
ENC2_1	2317348	5035381	MMF, B
ENC2_2	2315617	5035573	MMF, B
ENC2_3	2314938	5035878	MMF, B
ENC2_4	2313612	5037049	MMF
ENC2_5	2313075	5035660	MMF
ENC2_6	2319645	5038753	MMF
ENC2_8	2318442	5036493	MMF
ENC2_VG	2314676	5036743	MMF, B
ENC3_1	2305538	5010881	MMF, B
ENC3_2	2306606	5009932	MMF, B
ENC3_CH	2307093	5011256	MMF, B
ENC4_1	2312798	5031519	MMF, B
ENC4_2	2311146	5032813	MMF, B
ENC4_3	2312752	5032347	MMF
ENC4_4	2310752	5029317	MMF, B
ENC4_5	2311901	5029455	MMF, B
ENC4_6	2309809	5033265	MMF
ENC4_7	2312471	5033340	MMF
ENC4_8	2313663	5032668	MMF
ENC4_9	2309287	5032255	MMF
ENC4_10	2307700	5031100	B
ENC4_Ve-6	2310582	5031242	MMF, B

Stazioni	Gauss Boaga Fuso Est		Elementi di Qualità Biologica
	x	y	
PC1_1	2320575	5041541	MMF, B
PC1_1B	2316729	5042749	MMF, B
PC1_2	2321303	5046124	MMF, B
PC1_3	2318741	5042803	MMF, B
PC1_4	2320533	5044389	MMF, B
PC1_8	2320553	5040515	MMF
PC1_9	2316939	5045021	B
PC2_1	2300377	5023162	MMF, B
PC2_2	2301501	5026784	B
PC2_3	2299958	5021762	B
PC2_4	2297076	5019101	B
PC2_5	2299046	5017235	MMF, B
PC2_6	2300210	5016937	B
PC2_11	2297600	5021100	B
PC2_12	2302100	5024300	B
PC2_16B	2299280	5019185	MMF, B
PC2_CC	2300247	5025863	MMF, B
PC3_1	2303002	5009757	MMF, B
PC3_2	2304835	5008577	MMF, B
PC3_4	2302862	5007826	B
PC3_5	2304561	5007724	B
PC3_VDB	2304072	5008377	MMF, B
PC4_1	2300154	5028954	MMF, B
PC4_2	2300779	5029699	B
PC4_3	2302602	5029511	B
PC4_5	2301773	5030072	MMF
PC4_10B	2301587	5031628	MMF, B
PNC1_1	2311678	5038706	MMF, B
PNC1_3	2307917	5036990	MMF, B
PNC1_4	2307021	5034876	MMF, B
PNC1_7B	2308338	5038011	MMF, B

Stazioni	Gauss Boaga Fuso Est		Elementi di Qualità Biologica
	x	y	
PNC1_Ve-1	2306701	5032556	MMF, B
PNC2_1	2318288	5039719	MMF, B
PNC2_2	2315523	5041857	MMF, B
PNC2_3	2313522	5042248	MMF, B
PNC2_4	2312730	5040521	MMF, B
PNC2_5	2312908	5038401	MMF, B
PNC2_6	2314251	5037934	MMF, B
PNC2_7	2317280	5038162	MMF, B
PNC2_9	2314880	5038872	MMF
PNC2_10	2315100	5039700	B
PNC2_SG	2315953	5038555	MMF, B
VLCS_VLS	2299393	5023610	MMF, B
VLN_VLN1	2326873	5047729	MMF, B
VLN_VLN2	2329761	5040556	MMF

2.1 Macroinvertebrati bentonici

2.1.1 Rete di monitoraggio

In Figura 2 è riportata la localizzazione spaziale delle 77 stazioni di campionamento per l'EQB "macroinvertebrati bentonici". Il campionamento per il monitoraggio operativo è avvenuto in un'unica campagna primaverile (maggio/giugno 2024).

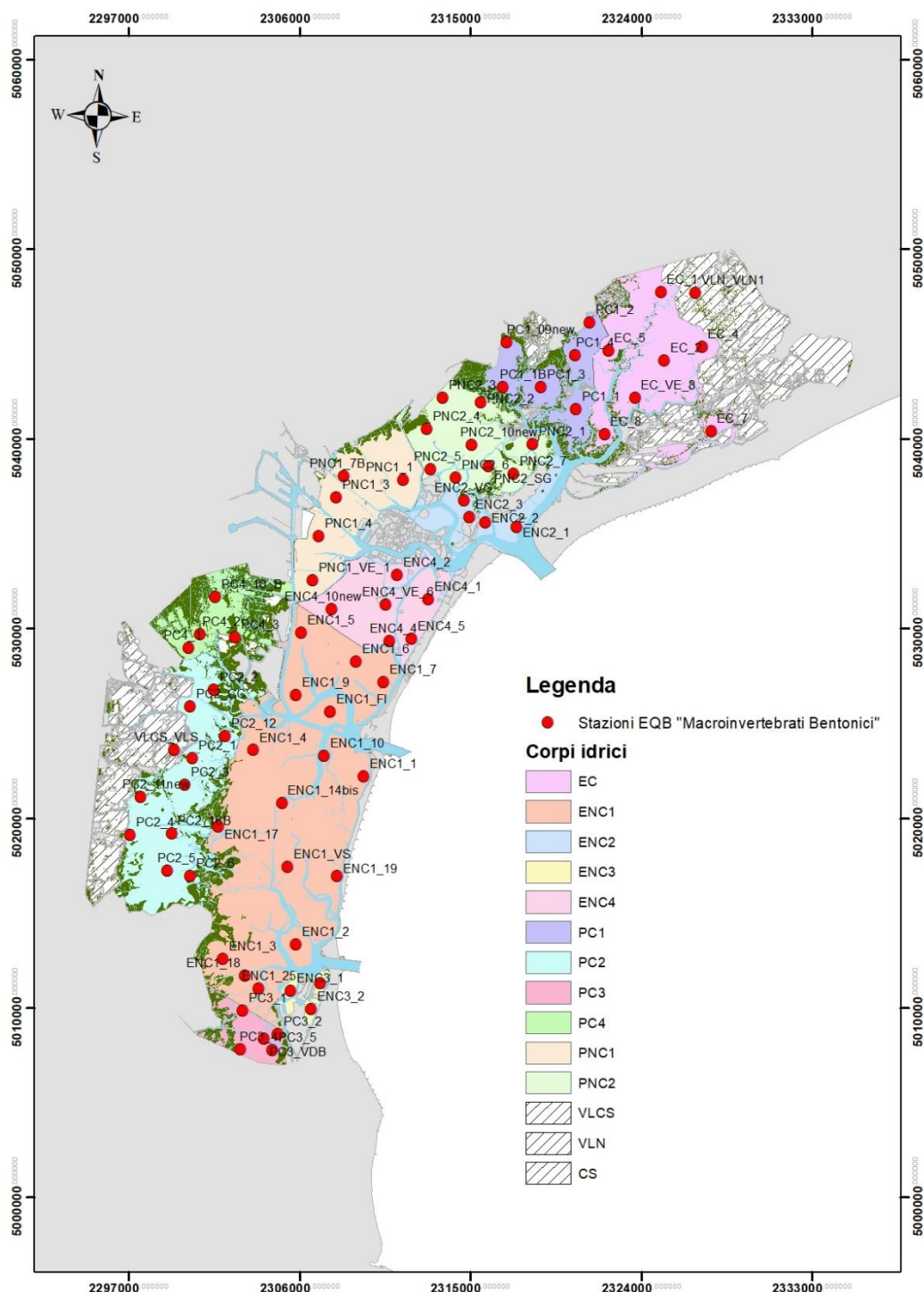


Figura 2. Localizzazione delle 77 stazioni di campionamento dell'EQB "Macroinvertebrati Bentonici".

2.1.2 Campionamento e analisi

I campioni di macrozoobenthos sono stati raccolti con una benna Ekman-Birge di superficie 15×15 cm (225 cm^2), in grado di penetrare il sedimento verticalmente fino a circa 20 cm. Per ciascuna stazione sono stati prelevati 3 sub-campioni, con una superficie di presa complessiva pari a 0.0675 m^2 . Le tre aliquote di sedimento sono state vagliate separatamente con un setaccio con maglia di luce 1 mm. Il materiale trattenuto dal setaccio è stato trasferito in una soluzione anestetizzante allo scopo di evitare che gli organismi si contraggano rendendo difficile il processo di identificazione. I campioni sono stati quindi posti in contenitori di plastica ed immersi in alcol etilico al 70% quale soluzione conservante.

In laboratorio il campione è stato sottoposto a smistamento ("sorting"). I macroinvertebrati sono stati inizialmente suddivisi per macrogruppi tassonomici (molluschi, crostacei, policheti, etc.) e quindi sottoposti a classificazione più fine da personale laureato, specializzato nei diversi settori della sistematica.

Gli organismi sono stati ordinati e conformati secondo la nomenclatura tassonomica considerata nella Checklist della Fauna marina italiana, pubblicata dalla Società Italiana di Biologia Marina (SIBM, 2008, 2010). In caso di specie non contemplate dalla checklist italiana si è fatto riferimento al World Register of Marine Species (WORMS, 2015; <http://www.marinespecies.org/>).

Il dataset è stato organizzato in una matrice di composizione della comunità in termini di abbondanza delle unità tassonomiche.

Per ogni stazione sono stati calcolati i seguenti macrodescrittori ed indici univariati: abbondanza totale, densità, ricchezza (numero di taxa), indice di ricchezza di Margalef (Margalef, 1958), indice di diversità di Shannon (Shannon & Weaver, 1949) e indice di omogeneità di Pielou (Pielou, 1966).

2.1.3 Indice per la classificazione dello stato ecologico: M-AMBI

L'indice M-AMBI (Borja *et al.*, 2004; Muxika *et al.*, 2007) è un indice multivariato che deriva da un'evoluzione dell'AMBI (BC), a cui si integra l'Indice di diversità di Shannon (H') ed il numero di specie (S). Il calcolo di AMBI (BC) si basa su un ampio database di taxa ai quali è stato assegnato un gruppo ecologico (da 1 a 5) in relazione alle diverse sensibilità alle pressioni ambientali. Richiede dei valori di riferimento predefiniti relativi a un massimo ed un minimo di qualità. Il valore minimo corrisponde a condizioni teoriche ($S = 0$, $H' = 0$, $BC = 6$), mentre quello massimo è il riferimento introdotto dal D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. (nello specifico D.M. 260/2010) in funzione del tipo di corpo idrico (vedi Tabella 3). L'indice M-AMBI produce direttamente un valore di RQE (rapporto di qualità ecologica), in base alla proiezione del campione lungo la retta identificata dai riferimenti nello spazio multidimensionale (a tre dimensioni) identificato da analisi fattoriale. Per il calcolo dell'indice è stato utilizzato il software gratuito applicato con gli aggiornamenti disponibili della lista delle specie alla data dell'elaborazione dei dati (<http://ambi.azti.es/>).

Tabella 3. Valori di riferimento tipo-specifici previsti per il calcolo degli indici (D.M. 260 del 8/11/2010).

Macrotipo	Geomorfologia	Escursione di marea	Salinità	AMBI	Diversità di Shannon	Ricchezza	BITS
M-AT-1	laguna costiera	non tidale	-	1.85	3.3	25	2.80
M-AT-2	laguna costiera	microtidale	oligo-, meso-, polialina	2.14	3.40	28	3.40
M-AT-3	laguna costiera	microtidale	eu-, iperalina	0.63	4.23	46	3.40

L'attribuzione del campione ad una classe di qualità ecologica (ELEVATO, BUONO, SUFFICIENTE, SCARSO, CATTIVO) avviene poi sulla base di intervalli definiti sempre dal D.M. 260/2010 (Tabella 4).

Tabella 4. Limiti di classe in termini di RQE per l'indice ecologico M-AMBI.

Limiti di Classe - RQE M-AMBI			
Elevato/Buono	Buono/Sufficiente	Sufficiente/Scarso	Scarso/Cattivo
0.96	0.71	0.57	0.46

In Tabella 5 sono riportati i valori RQE delle 77 stazioni secondo l'indice M-AMBI e la rispettiva classificazione per la campagna primaverile 2024. Il calcolo dell'RQE e l'assegnazione della rispettiva classe di qualità per le due valli VLCS e VLN è stata calcolata considerando i due corpi idrici fortemente modificati come M-AT-1, lagune costiere non tidali, in quanto non sottoposte a regime di marea, ma controllate artificialmente.

Tabella 5. Risultati delle stazioni secondo l'indice M-AMBI. Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).

Corpo Idrico	Stazione	Punteggio M-AMBI	Classe	Corpo Idrico	Stazione	Punteggio M-AMBI	Classe
EC	EC_1	0.47	Scarso	PC1	PC1_4	0.97	Elevato
EC	EC_2	0.49	Scarso	PC1	PC1_9NEW	0.46	Scarso
EC	EC_4	0.45	Cattivo	PC1	PC1_1B	0.41	Cattivo
EC	EC_5	0.70	Sufficiente	PC2	PC2_1	0.52	Scarso
EC	EC_7	0.60	Sufficiente	PC2	PC2_2	0.76	Buono
EC	EC_8	0.66	Sufficiente	PC2	PC2_3	0.58	Sufficiente
EC	EC_VE-8	0.58	Sufficiente	PC2	PC2_4	0.49	Scarso
ENC1	ENC1_1	0.74	Buono	PC2	PC2_5	0.53	Scarso
ENC1	ENC1_2	0.67	Sufficiente	PC2	PC2_6	0.63	Sufficiente
ENC1	ENC1_3	0.80	Buono	PC2	PC2_11new	0.65	Sufficiente
ENC1	ENC1_4	0.78	Buono	PC2	PC2_12	0.62	Sufficiente
ENC1	ENC1_5	0.81	Buono	PC2	PC2_16B	0.60	Sufficiente
ENC1	ENC1_6	0.70	Sufficiente	PC2	PC2_CC	0.97	Elevato
ENC1	ENC1_7	0.64	Sufficiente	PC3	PC3_1	0.78	Buono
ENC1	ENC1_9	0.62	Sufficiente	PC3	PC3_2	0.49	Scarso
ENC1	ENC1_10	0.78	Buono	PC3	PC3_4	0.42	Cattivo
ENC1	ENC1_14bis	0.82	Buono	PC3	PC3_5	0.68	Sufficiente
ENC1	ENC1_17	0.72	Buono	PC3	PC3_VDB	0.70	Sufficiente
ENC1	ENC1_18	0.58	Sufficiente	PC4	PC4_1	0.33	Cattivo
ENC1	ENC1_19	0.67	Sufficiente	PC4	PC4_2	0.61	Sufficiente
ENC1	ENC1_25	0.63	Sufficiente	PC4	PC4_3	0.64	Sufficiente
ENC1	ENC1_FI	0.84	Buono	PC4	PC4_10b	0.84	Buono
ENC1	ENC1_VS	0.59	Sufficiente	PNC1	PNC1_1	1	Elevato
ENC2	ENC2_1	0.63	Sufficiente	PNC1	PNC1_3	0.46	Cattivo
ENC2	ENC2_2	0.64	Sufficiente	PNC1	PNC1_4	0.91	Buono
ENC2	ENC2_3	0.95	Buono	PNC1	PNC1_7B	0.54	Scarso
ENC2	ENC2_VG	0.55	Scarso	PNC1	PNC1_VE1	0.46	Cattivo
ENC3	ENC3_1	0.60	Sufficiente	PNC2	PNC2_1	0.65	Sufficiente
ENC3	ENC3_2	0.42	Cattivo	PNC2	PNC2_2	0.45	Cattivo
ENC3	ENC3_CH	0.56	Scarso	PNC2	PNC2_3	0.50	Scarso
ENC4	ENC4_1	0.72	Buono	PNC2	PNC2_4	0.55	Scarso
ENC4	ENC4_2	0.68	Sufficiente	PNC2	PNC2_5	0.69	Sufficiente
ENC4	ENC4_4	0.72	Buono	PNC2	PNC2_6	0.98	Elevato
ENC4	ENC4_5	0.62	Sufficiente	PNC2	PNC2_7	0.77	Buono
ENC4	ENC4_10new	0.61	Sufficiente	PNC2	PNC2_10NEW	0.71	Buono
ENC4	ENC4_Ve-6	0.62	Sufficiente	PNC2	PNC2_SG	0.75	Buono
PC1	PC1_1	0.83	Buono	VLN	VLN_VLN_1	0.70	Sufficiente
PC1	PC1_2	0.65	Sufficiente	VLCS	VLCS_VLS	0.72	Buono
PC1	PC1_3	0.60	Sufficiente				

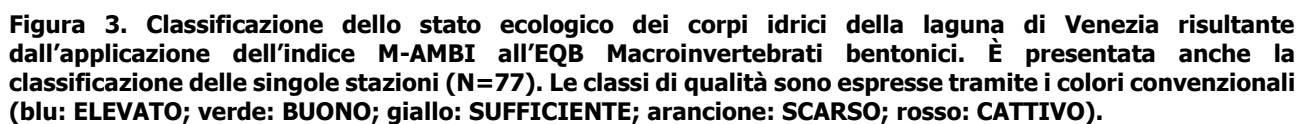
La classificazione per corpo idrico è stata ottenuta come media semplice tra tutte le stazioni in esso presenti. La Tabella 6 riporta per ogni corpo idrico i valori di RQE e la classificazione nelle cinque classi di qualità. Sono stati esclusi dalla classificazione i CI "fortemente modificati" VLN e VLCS, ovvero le valli da pesca della laguna nord e centro-sud, in quanto descritti da una singola stazione e localizzati presso valli arginate, indipendenti e gestite in modo autonomo.

Tabella 6. Media semplice degli EQR per l'indice M-AMBI calcolata su ciascuno dei Copri Idrici (esclusi i CI fortemente modificati). Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).

Corpo Idrico	Punteggio M-AMBI	Classe
EC	0.56	Scarso
ENC1	0.71	Buono
ENC2	0.69	Sufficiente
ENC3	0.53	Scarso
ENC4	0.66	Sufficiente
PC1	0.65	Sufficiente
PC2	0.63	Sufficiente
PC3	0.62	Sufficiente
PC4	0.60	Sufficiente
PNC1	0.69	Sufficiente
PNC2	0.67	Sufficiente

La classificazione basata sull'indice M-AMBI definisce lo stato dei corpi idrici ENC2, ENC4, PC1, PC2, PC3, PC4, PNC1 e PNC2 come SUFFICIENTE, i corpi idrici EC e ENC3 sono classificati in stato SCARSO e il solo corpo idrico ENC1 è classificato in stato BUONO.

In Figura 3 è riportata la classificazione dei corpi idrici secondo l'indice M-AMBI.



2.1.1 Confronti tra Cicli di Monitoraggio

2.1.1.1 M-AMBI

In Tabella 7 vengono confrontati i valori di RQE dell'indice M-AMBI relativi ai cicli di monitoraggio effettuati fino ad oggi, le cui campagne sono state eseguite nel 2011, 2014, 2019, 2022 e 2024, rispettivamente.

Tabella 7. Valori di RQE dell'indice M-AMBI per le singole stazioni, per i diversi cicli di monitoraggio operativo, i cui campionamenti sono stati eseguiti negli anni: 2011, 2014, 2019, 2022 e 2024. Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancione: SCARSO; rosso: CATTIVO).

Corpo idrico	Stazione	M-AMBI 2011	M-AMBI 2014	M-AMBI 2019	M-AMBI 2022	M-AMBI 2024	Corpo idrico	Stazione	M-AMBI 2011	M-AMBI 2014	M-AMBI 2019	M-AMBI 2022	M-AMBI 2024
EC	EC_1	0.61	0.66	0.54	0.43	0.47	PC1	PC1_4	0.29	0.82	0.67	0.61	0.97
	EC_2	0.37	0.69	0.44	0.29	0.49		PC1_9 new		0.52	0.49	0.42	0.46
	EC_4	0.48	0.67	0.53	0.63	0.45		PC1_1 B	0.59	0.83	0.44	0.55	0.41
	EC_5	0.7	0.75	0.72	0.58	0.70	PC2	PC2_1	0.95	0.7	0.68	0.55	0.52
	EC_7	0.41	0.48	0.49	0.54	0.60		PC2_2	0.78	0.7	0.4	0.55	0.76
	EC_8	0.41	0.72	0.66	0.64	0.66		PC2_3	0.97	0.83	0.83	0.59	0.58
	EC_V e-8	0.57	0.61	0.61	0.63	0.58		PC2_4	0.58	0.51	0.68	0.53	0.49
ENC1	ENC1_1	0.77	0.53	0.77	0.40	0.74		PC2_5	0.68	0.67	0.56	0.41	0.53
	ENC1_2	0.88	0.54	0.74	0.66	0.67	PC2	PC2_6	0.86	0.83	0.69	0.81	0.63
	ENC1_3	0.58	0.53	0.47	0.49	0.80		PC2_1 new		0.35	0.92	0.62	0.65
	ENC1_4	0.74	0.56	0.58	0.77	0.78		PC2_1 2		0.87	0.93	0.59	0.62
	ENC1_5	0.48	0.5	0.72	0.69	0.81		PC2_1 6B	0.52	0.68	0.82	0.48	0.60
	ENC1_6	0.76	0.63	0.72	0.80	0.70		PC2_C C	0.58	0.58	0.87	0.85	0.97
	ENC1_7	0.54	0.55	0.78	0.66	0.64	PC3	PC3_1	0.64	0.92	0.65	0.48	0.78
	ENC1_9	0.76	0.82	0.63	0.62	0.62		PC3_2	0.53	0.95	0.64	0.78	0.49
	ENC1_10	0.82	0.67	0.89	0.63	0.78		PC3_4	0.7	0.86	0.57	0.75	0.42
	ENC1_14bis		0.62	0.46	0.66	0.82		PC3_5	0.7	0.79	0.49	0.78	0.68
	ENC1_17	0.55	0.61	0.55	0.46	0.72		PC3_V DB	0.86	0.54	0.74	0.67	0.70
	ENC1_18	0.69	0.85	0.55	0.67	0.58	PC4	PC4_1	0.76	0.55	0.43	0.44	0.33

Corpo idrico	Stazioni	M-AMBI 2011	M-AMBI 2014	M-AMBI 2019	M-AMBI 2022	M-AMBI 2024	Corpo idrico	Stazioni	M-AMBI 2011	M-AMBI 2014	M-AMBI 2019	M-AMBI 2022	M-AMBI 2024
ENC1	ENC1_19	0.8	0.62	0.71	0.54	0.67	PC4	PC4_2	0.67	0.73	0.53	0.43	0.61
	ENC1_25		0.8	0.55	0.49	0.63		PC4_3	0.59	0.69	0.84	0.57	0.64
	ENC1_FI	0.95	0.59	0.81	0.68	0.84		PC4_10B	0.76	0.45	0.65	0.73	0.84
	ENC1_VS	0.62	0.64	0.62	0.55	0.59	PNC1	PNC1_1	0.57	0.73	0.69	0.73	1.06
ENC2	ENC2_1	0.74	0.55	0.84	0.56	0.63		PNC1_3	0.56	0.68	0.4	0.50	0.46
	ENC2_2	0.65	0.82	0.91	0.50	0.64		PNC1_4	0.71	0.64	0.91	0.83	0.91
	ENC2_3	0.48	0.58	0.76	0.52	0.95		PNC1_7B	0.44	0.6	0.54	0.53	0.54
	ENC2_VG	0.68	0.6	0.75	0.59	0.55		PNC1_Ve-1	0.68	0.7	0.67	0.70	0.46
ENC3	ENC3_1	0.58	0.5	0.5	0.58	0.60	PNC2	PNC2_1	0.53	0.87	0.67	0.60	0.65
	ENC3_2	0.5	0.61	0.55	0.56	0.42		PNC2_2	0.46	0.56	0.5	0.71	0.45
	ENC3_CH	0.72	0.81	0.73	0.65	0.56		PNC2_3	0.44	0.4	0.47	0.55	0.50
ENC4	ENC4_1	0.58	0.54	0.91	0.71	0.72		PNC2_4	0.54	0.74	0.62	0.55	0.55
	ENC4_2	0.45	0.56	0.65	0.55	0.68		PNC2_5	0.77	0.54	1.07	0.58	0.69
	ENC4_4	0.67	0.65	0.71	0.48	0.72		PNC2_6	0.86	0.63	0.77	0.70	0.98
	ENC4_5	0.52	0.67	0.67	0.63	0.62		PNC2_7	0.74	0.72	0.48	0.78	0.77
	ENC4_10new		0.45	0.6	0.42	0.61		PNC2_10new		0.76	0.96	0.81	0.71
	ENC4_Ve-6	0.8	0.56	0.62	0.61	0.62		PNC2_SG	0.96	0.78	1.03	1.01	0.75
PC1	PC1_1	0.89	0.88	1.13	0.70	0.83	VLCS	VLCS_VLS	0.52	0.6	0.56	0.54	0.72
	PC1_2	0.57	0.4	0.55	0.57	0.65	VLN	VLN_1	0.83	0.59	0.69	0.30	0.70
	PC1_3	0.72	0.65	0.94	0.97	0.60							

In Tabella 8 si riportano i valori di RQE dell'indice M-AMBI relativi ai corpi idrici, esclusi quelli fortemente modificati, calcolati come media dei valori relativi alle stazioni, per i diversi cicli di monitoraggio sopracitati.

Tabella 8. Valori di RQE dell'indice M-AMBI per gli 11 corpi idrici per i cicli di monitoraggio operativo effettuati fino ad oggi, le cui campagne sono state eseguite nel 2011, 2014, 2019, 2022 e 2024. Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancione: SCARSO; rosso: CATTIVO).

CORPI IDRICI	I Ciclo 2011	II Ciclo 2014	III Ciclo 2019	IV Ciclo 2022	V Ciclo 2024
EC	0.54	0.65	0.57	0.54	0.56
ENC1	0.74	0.63	0.66	0.61	0.71
ENC2	0.64	0.64	0.82	0.54	0.69
ENC3	0.60	0.67	0.59	0.60	0.53
ENC4	0.62	0.57	0.69	0.57	0.66
PC1	0.61	0.68	0.70	0.64	0.65
PC2	0.74	0.67	0.74	0.60	0.63
PC3	0.69	0.81	0.62	0.69	0.62
PC4	0.70	0.6	0.61	0.54	0.60
PNC1	0.58	0.67	0.64	0.66	0.69
PNC2	0.66	0.67	0.73	0.70	0.67

Per il quinto ciclo di monitoraggio, l'indice M-AMBI conferma quanto rilevato nel ciclo precedente e cioè un range di valori relativamente più ristretto rispetto ai cicli precedenti (0.54-0.74 nel 2011; 0.57-0.81 nel 2014; 0.57-0.82 nel 2019; 0.54-0.70 nel 2022; 0.53-0.71 nel 2024). Nel 2011, i corpi idrici erano classificati tutti in stato SUFFICIENTE, fatta eccezione per ENC1 e PC2 (BUONO) ed EC (SCARSO). Nel 2014, l'indice definisce lo stato di tutti i corpi idrici come SUFFICIENTE, eccetto PC3 (BUONO) ed ENC4 (SCARSO). Nel 2019, l'indice definisce lo stato di tre corpi idrici come BUONO (ENC2, PC2 e PNC2), mentre tutti gli altri corpi idrici vengono classificati come SUFFICIENTE (EC, ENC1, ENC3, ENC4, PC1, PC3, PC4, PNC1). Nel 2022 nessun corpo idrico risulta in stato BUONO, quattro in stato SCARSO (EC, ENC2, ENC4 e PC4) e tutti gli altri in stato SUFFICIENTE. Nel 2024 il corpo idrico ENC1 ritorna allo stato BUONO, tutti gli altri corpi idrici sono classificati in stato SUFFICIENTE (ENC2, ENC4, PC1, PC2, PC3, PC4, PNC1, PNC2) ad eccezione dei corpi idrici EC e ENC3 che, invece, risultano in stato SCARSO.

Rispetto al 2011, nel 2024 si osserva il peggioramento di due corpi idrici (ENC3, che risulta SCARSO per la prima volta dal 2011 e PC2 che risultava BUONO). Rispetto al 2014 si osserva il peggioramento di tre corpi idrici (EC, ENC3 che da SUFFICIENTE passano a SCARSO e PC3 che passa da BUONO a SUFFICIENTE) e il miglioramento di due corpi idrici (ENC1 che dallo stato SUFFICIENTE passa allo stato BUONO e ENC4 da SCARSO a SUFFICIENTE); gli altri corpi idrici rimangono inalterati. Rispetto al 2019 vi è il peggioramento di 5 corpi idrici (EC e ENC3 passano dallo stato SUFFICIENTE a SCARSO, ENC2, PC2 e PNC2 passano da BUONO a SUFFICIENTE) e il miglioramento del corpo idrico ENC1 che da SUFFICIENTE passa a BUONO. Rispetto infine al 2022, nel 2024 un solo corpo idrico viene declassato dallo stato SUFFICIENTE a SCARSO (ENC3), per quattro corpi idrici si osserva un miglioramento nella classificazione (ENC2, ENC4, PC4 passano da SCARSO a SUFFICIENTE e ENC1 da SUFFICIENTE a BUONO), mentre per gli altri la classificazione rimane invariata.

2.2 *Macrofite*

2.2.1 *Rete di monitoraggio*

In Figura 4 è riportata la localizzazione spaziale delle stazioni di campionamento per l'elemento biologico "macrofite". Gli EQB macroalghe e fanerogame sono stati campionati in 88 stazioni: 85 distribuite negli 11 corpi idrici naturali della laguna di Venezia aperta alle espansioni di marea e 3 stazioni all'interno dei CIFM VLCS (1 in Valle Zappa – VLCS_VLS) e VLN (1 in Val Dogà VLN_VLN1 e 1 in Val Cavallino VLN_VLN2). Per la definizione dell'EQB macrofite si sono effettuate due campagne nel 2023: la prima in tarda primavera/estate (tra maggio e luglio), la seconda in autunno (ottobre-dicembre).



2.2.2 Campionamento e analisi

In tutte le stazioni, la copertura delle macroalghe e delle fanerogame marine è stata determinata mediante Visual Census in presenza di acque limpide o toccando il fondale con un rastrello quando la torbidità non permetteva di vedere il fondo. In tal caso il fondale è stato saggiato 20 volte in un raggio di 15-30 metri per rilevare la presenza/assenza di biomassa in modo da discriminare la presenza di macrofite in almeno il 5% del fondale come richiesto dall'indice MaQI. Questo valore di copertura è stato fissato con lo scopo di capire se nell'area in esame le macrofite sono in grado di crescere o la loro presenza è impedita da qualche fattore di stress, come un'elevata torbidità o concentrazioni di nutrienti così elevate da favorire la crescita di fitoplancton e cianobatteri anziché di macroalghe e fanerogame marine.

Il campionamento delle macrofite per la determinazione tassonomica e per determinare la dominanza delle Chlorophyta (alghe verdi) o delle Rhodophyta (alghe rosse) è avvenuto trascinando il rastrello 3-6 volte sul fondale delle stazioni per ca. 1 metro. Il numero di campioni variava in funzione della biomassa presente. La determinazione della dominanza delle alghe verdi e delle alghe rosse è stata ottenuta per pesatura delle due classi di macroalghe con una bilancia elettronica (precisione: 1 g) riportando i valori alla copertura totale rilevata con i 20 saggi del fondale.

Campioni rappresentativi delle macrofite campionate sono stati preservati in formaldeide tamponata al 4% per la determinazione tassonomica a livello inter e intraspecifico. Questa avviene in laboratorio mediante l'utilizzo di uno stereoscopio e di un microscopio biologico, utilizzando quando necessario il contrasto di fase, soprattutto per le piccole specie epifite. In molti casi la presenza di specie dubbie o criptiche ha richiesto campionamenti *ad hoc* per prelevare materiale fresco delle specie in questione da indagare mediante la tecnica molecolare del DNA barcoding (Hebert et al. 2003) che, affiancata all'osservazione al microscopio, permette di individuare le specie di difficile classificazione. Tale metodologia molecolare utilizza un marcatore genetico corto e ben definito nel DNA (DNA barcode) e garantisce una sicura individuazione tassonomica delle macroalghe.

Il dataset è stato organizzato in tabelle che includono tutte le specie algali attualmente presenti nella laguna veneta, i parametri necessari per l'applicazione dell'indice MaQI e la classificazione dello stato delle macrofite (EQR).

2.2.3 Indice per la classificazione dello stato ecologico: MaQI

L'indice MaQI (Macrophyte Quality Index), proposto per valutare lo stato ecologico degli ambienti di transizione dell'eco-regione Mediterranea (Sfriso et al., 2007; 2009; 2014), è stato inizialmente messo a punto in due versioni, una esperta (E-MaQI: Sfriso et al., 2009) ed una rapida (R-MaQI: Sfriso et al., 2007; Sfriso, 2010), è stato definitivamente approvato in una forma che tiene conto delle disposizioni della WFD 2000/60/CE (European Commission, 2013; Sfriso et al., 2014)

L'indice si basa sulla determinazione delle principali associazioni di macroalghe e fanerogame marine presenti nelle aree di studio e assegna un punteggio ecologico ad ogni *taxon* macroalgale (0 = specie opportuniste; 1 = specie indifferenti, 2 = specie sensibili) e si calcola tramite la matrice a due entrate (macroalghe e fanerogame) riportata in Figura 5.

Macrophyte Quality Index (MaQI)									
Macroalgae (1)	Taxa				Ecological Status (EQR)				
	Opportunistic score 0	Indifferent score 1	Sensitive score 2						
	Any cover		N°	%	0.85			1	
			>2	≥25					
				15-25					0.65
	Total cover ≤5%		2	≤15	0.55	0.55	0.65	0.85	
	Total cover >5%	Wet Abundance Rhodophyta > Chlorophyta	≤2	-	0.45				
		Wet Abundance Chlorophyta > Rhodophyta			0.35				
	Total coverage ≤5%		1	0	0.25				
			0		0.15				
Absent				0					
<i>Ruppia cirrhosa</i> , <i>R. maritima</i> , <i>Nanozostera noltii</i>				Absent	<50%	50-75%	>75%		
<i>Zostera marina</i>					<25%	25-75%	>75%		
<i>Cymodocea nodosa</i>				Absent		<25%	≥25%		
<i>Posidonia oceanica</i>				Absent			Present		
				Taxa cover %					
				Aquatic angiosperms					
(1)	The Xanthophyceae <i>Vaucheria</i> spp. should not be taken into account in the total cover								

Figura 5. Matrice per il calcolo dell'indice MaQI.

In Tabella 9 sono riportati i valori degli RQE delle 88 stazioni campionate nel 2023 e la rispettiva classificazione secondo l'EQB Macrofite.

Tabella 9. Risultati delle stazioni secondo l'indice MaQI. Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancione: SCARSO; rosso: CATTIVO).

Corpi idrici	Stazioni	RQE MaQI	Classe
EC	EC_1	1.00	Elevato
EC	EC_2	0.85	Elevato
EC	EC_3	0.85	Elevato
EC	EC_4	1.00	Elevato
EC	EC_5	0.65	Buono
EC	EC_6	0.85	Elevato
EC	EC_7	0.75	Buono
EC	EC_8	0.85	Elevato
EC	EC_9	0.85	Elevato
EC	EC_10	0.65	Buono
EC	EC_11	0.85	Elevato
EC	EC_12	0.85	Elevato
EC	EC_Ve-8	0.85	Elevato
ENC1	ENC1_1	1.00	Elevato
ENC1	ENC1_2	1.00	Elevato
ENC1	ENC1_3	0.85	Elevato
ENC1	ENC1_4	1.00	Elevato
ENC1	ENC1_5	0.55	Sufficiente
ENC1	ENC1_7	0.85	Elevato
ENC1	ENC1_8	0.85	Elevato
ENC1	ENC1_9	0.85	Elevato
ENC1	ENC1_12	1.00	Elevato
ENC1	ENC1_13	0.65	Buono
ENC1	ENC1_15	0.85	Elevato
ENC1	ENC1_16	1.00	Elevato
ENC1	ENC1_17	0.55	Sufficiente
ENC1	ENC1_18	0.85	Elevato
ENC1	ENC1_19	0.85	Elevato
ENC1	ENC1_21	1.00	Elevato
ENC1	ENC1_22	1.00	Elevato
ENC1	ENC1_23	1.00	Elevato
ENC1	ENC1_24	0.85	Elevato
ENC1	ENC1_VS	0.85	Elevato

Corpi idrici	Stazioni	RQE MaQI	Classe
ENC1	ENC1_FI	1.00	Elevato
ENC2	ENC2_1	1.00	Elevato
ENC2	ENC2_2	1.00	Elevato
ENC2	ENC2_3	0.85	Elevato
ENC2	ENC2_4	0.65	Buono
ENC2	ENC2_5	0.35	Scarso
ENC2	ENC2_6	1.00	Elevato
ENC2	ENC2_8 (New)	1.00	Elevato
ENC2	ENC2_VG	0.75	Buono
ENC3	ENC3_1	0.65	Buono
ENC3	ENC3_2	0.65	Buono
ENC3	ENC3_CH	0.65	Buono
ENC4	ENC4_1	0.65	Buono
ENC4	ENC4_2	0.65	Buono
ENC4	ENC4_3	0.55	Sufficiente
ENC4	ENC4_4	0.85	Elevato
ENC4	ENC4_5	0.85	Elevato
ENC4	ENC4_6	0.35	Scarso
ENC4	ENC4_7	0.85	Elevato
ENC4	ENC4_8	1.00	Elevato
ENC4	ENC4_9	0.55	Sufficiente
ENC4	ENC4_Ve-6	0.65	Buono
PC1	PC1_1	0.85	Elevato
PC1	PC1_1B	0.55	Sufficiente
PC1	PC1_2	0.85	Elevato
PC1	PC1_3	0.65	Buono
PC1	PC1_4	0.85	Elevato
PC1	PC1_8	0.75	Buono
PC2	PC2_1	0.65	Buono
PC2	PC2_5	0.65	Buono
PC2	PC2_16B	0.55	Sufficiente
PC2	PC2_CC	0.55	Sufficiente
PC3	PC3_1	0.85	Elevato
PC3	PC3_2	0.65	Buono

Corpi idrici	Stazioni	RQE MaQI	Classe
PC3	PC3_VDB	0.55	Sufficiente
PC4	PC4_1	0.35	Scarso
PC4	PC4_5	0.55	Sufficiente
PC4	PC4_10B	0.35	Scarso
PNC1	PNC1_1	0.15	Cattivo
PNC1	PNC1_3	0.35	Scarso
PNC1	PNC1_4	0.65	Buono
PNC1	PNC1_7B	0.35	Scarso
PNC1	PNC1_Ve-1	0.35	Scarso
PNC2	PNC2_1	0.65	Buono
PNC2	PNC2_2	0.35	Scarso
PNC2	PNC2_3	0.35	Scarso
PNC2	PNC2_4	0.00	Cattivo
PNC2	PNC2_5	0.55	Sufficiente
PNC2	PNC2_6	0.35	Scarso
PNC2	PNC2_7	0.65	Buono
PNC2	PNC2_9	0.35	Scarso
PNC2	PNC2_SG	0.85	Elevato
VLCS	VLCS_VLS	0.25	Scarso
VLN	VLN_VLN1	0.85	Elevato
VLN	VLN_VLN2	0.65	Buono

La maggioranza delle stazioni risulta classificata in classe "elevata" (43 stazioni, pari al 48.9% del totale) e "buona" (21 stazioni, pari al 23.9% del totale). Le altre stazioni sono classificate, in ordine decrescente, in stato "scarso" (12 stazioni, pari al 13.6% del totale), stato "sufficiente" (10 stazioni pari al 11.4% del totale) e il 2.3% (2 stazioni) in stato "cattivo".

La classificazione per corpo idrico è stata ottenuta come media semplice tra tutte le stazioni in esso presenti. La Tabella 10 riporta per ogni corpo idrico i valori di RQE e la classificazione nelle cinque classi di qualità. Sono stati esclusi dalla classificazione i CIFM VLN e VLCS, ovvero le valli da pesca della laguna nord e centro-sud, in quanto descritti da una o due stazioni.

Tabella 10. Media semplice degli RQE per l'indice MaQI calcolata su ciascuno dei Corpi Idrici (esclusi i CI fortemente modificati). Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).

Corpi idrici	Punteggio MaQI	Classe
EC	0.84	Elevato
ENC1	0.89	Elevato
ENC2	0.80	Elevato
ENC3	0.65	Buono
ENC4	0.70	Buono
PC1	0.73	Buono
PC2	0.60	Buono
PC3	0.68	Buono
PC4	0.42	Sufficiente
PNC1	0.37	Scarso
PNC2	0.46	Sufficiente

Dalla classificazione dei corpi idrici basata sull'EQB Macrofite, tre risultano in stato "elevato" (EC, ENC1, ENC2), cinque in stato "buono" (ENC3, ENC4, PC1, PC2, PC3), tre in stato "sufficiente" (PC4, PNC2) e uno in stato "scarso" (PNC1).

In Figura 6 è riportata la classificazione dei corpi idrici secondo l'indice MaQI.

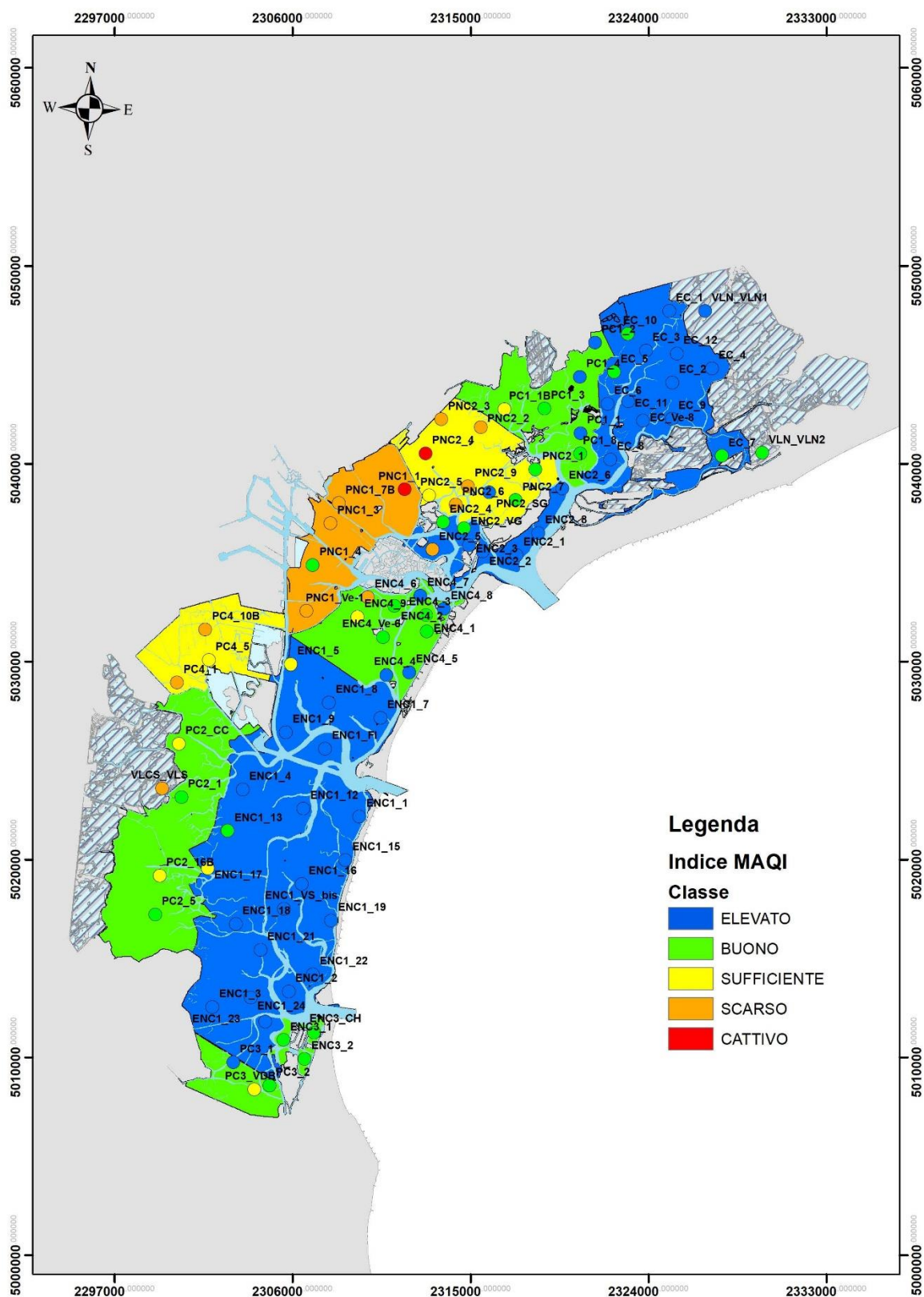


Figura 6. Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici della laguna di Venezia risultante dall'applicazione dell'indice MaQI all'EQB Macrofiti. È presentata anche la classificazione delle singole stazioni (N=88). Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).

Le stazioni in classe “buono” ed “elevato” prevalgono in gran parte della laguna, ad eccezione delle aree più confinate della parte centrale, caratterizzate da basso idrodinamismo e maggiormente influenzate dagli impatti antropici (aree industriali, insediamenti urbani), dove sono più diffuse stazioni in stato “sufficiente” e “scarso”.

2.2.1 Confronti tra Cicli di Monitoraggio

In Tabella 11 vengono confrontati i valori di RQE dell'indice MaQI relativi ai cicli di monitoraggio effettuati (campionamenti eseguiti rispettivamente nel 2011, 2014, 2018, 2021 e 2023). Considerato che dal primo ciclo di monitoraggio del secondo aggiornamento del Piano di Gestione il campionamento è stato effettuato su un numero ridotto di stazioni, per il 2011 si è tenuto conto solo delle 88 stazioni campionate anche negli anni successivi. Per omogeneità di calcolo, i valori degli RQE delle stazioni campionate nel 2011 sono stati aggiornati tenendo conto delle modifiche apportate all'indice MaQI a seguito della Decisione 2013/480/UE.

Tabella 11. Valori di RQE dell'indice MaQI per le singole stazioni per i diversi cicli di monitoraggio operativo (campionamenti effettuati nel 2011, 2014, 2018, 2021 e 2023 rispettivamente). Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancione: SCARSO; rosso: CATTIVO).

CORPI IDRICI	Stazioni	MaQI 2011	MaQI 2014	MaQI 2018	MaQI 2021	MaQI 2023
EC	EC_1	0.55	0.85	1.00	1.00	1.00
	EC_2	0.35	0.65	0.85	0.85	0.85
	EC_3	0.25	0.55	1.00	0.85	0.85
	EC_4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	EC_5	0.35	0.55	0.85	0.65	0.65
	EC_6	0.35	0.25	0.55	0.65	0.85
	EC_7	0.25	0.55	0.85	0.55	0.75
	EC_8	0.45	0.65	0.85	1.00	0.85
	EC_9	0.45	0.85	1.00	1.00	0.85
	EC_10	0.35	0.55	0.55	0.85	0.65
	EC_11	0.15	0.55	0.75	0.65	0.85
	EC_12	0.15	0.65	0.85	0.65	0.85
	EC_Ve-8	0.65	0.75	1.00	0.85	0.85
ENC1	ENC1_1	0.85	1.00	0.85	1.00	1.00
	ENC1_2	0.85	1.00	0.85	1.00	1.00
	ENC1_3	0.25	0.35	0.65	0.85	0.85
	ENC1_4	0.85	1.00	0.85	0.85	1.00
	ENC1_5	0.25	0.55	0.35	0.35	0.55
	ENC1_7	0.65	0.65	0.65	0.85	0.85
	ENC1_8	0.65	0.65	0.35	0.75	0.85
	ENC1_9	0.35	0.65	0.85	0.85	0.85
	ENC1_12	1.00	1.00	0.85	1.00	1.00

CORPI IDRICI	Stazioni	MaQI 2011	MaQI 2014	MaQI 2018	MaQI 2021	MaQI 2023
	ENC1_13	0.55	0.65	0.65	0.55	0.65
	ENC1_15	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85
	ENC1_16	0.25	0.75	0.65	1.00	1.00
	ENC1_17	0.55	0.55	0.65	0.75	0.55
	ENC1_18	0.65	0.55	0.55	0.65	0.85
	ENC1_19	1.00	0.85	0.85	1.00	0.85
	ENC1_21	1.00	1.00	0.85	1.00	1.00
	ENC1_22	1.00	0.85	0.85	1.00	1.00
	ENC1_23	0.85	0.85	1.00	1.00	1.00
	ENC1_24	0.55	0.85	0.85	0.85	0.85
	ENC1_VS	1.00	0.85	1.00	1.00	0.85
	ENC1_FI	0.65	0.85	1.00	1.00	1.00
ENC2	ENC2_1	0.85	0.85	1.00	1.00	1.00
	ENC2_2	0.85	0.85	0.85	0.85	1.00
	ENC2_3	0.55	0.65	0.85	0.55	0.85
	ENC2_4	0.15	0.55	0.55	0.55	0.65
	ENC2_5	0.35	0.25	0.35	0.35	0.35
	ENC2_6	0.55	0.55	0.85	0.85	1.00
	ENC2_8(New)	-	1.00	1.00	0.85	1.00
	ENC2_VG	0.15	0.55	0.55	0.55	0.75
ENC3	ENC3_1	0.65	0.55	0.85	0.85	0.65
	ENC3_2	0.25	0.25	0.65	0.65	0.65
	ENC3_CH	0.35	0.65	0.75	0.85	0.65
ENC4	ENC4_1	0.55	0.25	0.65	0.35	0.65
	ENC4_2	0.25	0.25	0.55	0.55	0.65
	ENC4_3	0.35	0.55	0.55	0.55	0.55
	ENC4_4	0.85	0.85	0.55	0.65	0.85
	ENC4_5	0.35	0.25	0.35	0.65	0.85
	ENC4_6	0.25	0.25	0.35	0.55	0.35
	ENC4_7	0.65	0.85	0.75	0.65	0.85
	ENC4_8	0.85	0.85	0.65	1.00	1.00
	ENC4_9	0.35	0.25	0.35	0.35	0.55
	ENC4_Ve-6	0.55	0.55	0.55	0.85	0.65
PC1	PC1_1	0.35	0.25	0.55	0.85	0.85
	PC1_1B	0.15	0.35	0.25	0.25	0.55
	PC1_2	0.35	0.25	0.65	0.35	0.85
	PC1_3	0.35	0.25	0.65	0.35	0.65
	PC1_4	0.35	0.25	0.55	0.65	0.85
	PC1_8	0.35	0.65	0.55	0.35	0.75
PC2	PC2_1	0.25	0.25	0.25	0.65	0.65

CORPI IDRICI	Stazioni	MaQI 2011	MaQI 2014	MaQI 2018	MaQI 2021	MaQI 2023
	PC2_5	0.35	0.35	0.35	0.65	0.65
	PC2_16B	0.35	0.55	0.55	0.65	0.55
	PC2_CC	0.35	0.25	0.35	0.55	0.55
PC3	PC3_1	0.35	0.35	0.55	0.75	0.85
	PC3_2	0.35	0.25	0.25	0.35	0.65
	PC3_VDB	0.25	0.25	0.25	0.25	0.55
PC4	PC4_1	0.35	0.25	0.35	0.35	0.35
	PC4_5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.55
	PC4_10B	0.35	0.35	0.35	0.25	0.35
PNC1	PNC1_1	0.35	0.35	0.35	0.35	0.15
	PNC1_3	0.25	0.35	0.35	0.35	0.35
	PNC1_4	0.35	0.35	0.35	0.35	0.65
	PNC1_7B	0.35	0.35	0.25	0.35	0.35
	PNC1_Ve-1	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
PNC2	PNC2_1	0.35	0.25	0.25	0.35	0.65
	PNC2_2	0.35	0.35	0.25	0.35	0.35
	PNC2_3	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	PNC2_4	0.35	0.35	0.35	0.25	0.00
	PNC2_5	0.15	0.35	0.35	0.65	0.55
	PNC2_6	0.15	0.15	0.35	0.25	0.35
	PNC2_7	0.35	0.65	0.55	0.65	0.65
	PNC2_9	0.15	0.15	0.25	0.25	0.35
	PNC2_SG	0.55	0.55	0.85	0.55	0.85
VLCS	VLCS_VLS	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
VLN	VLN_VLN1	0.85	0.75	1.00	1.00	0.85
	VLN_VLN2	1.00	0.85	0.85	0.85	0.65

Dal confronto del RQE delle stazioni appartenenti a corpi idrici naturali comuni a tutti i cicli di monitoraggio si osserva tra i vari cicli di monitoraggio un costante aumento del valore medio dell'indice a scala lagunare, cui corrisponde un incremento di classe, da "sufficiente" nei primi due monitoraggi (0.48 nel 2011, 0.55 nel 2014) a "buono" negli altri tre (0.62 nel 2018, 0.66 nel 2021, 0.71 nel 2023). A livello di stazione si assiste a: un costante incremento di quelle in stato "buono" ed "elevato", che complessivamente viene rilevato nel 27.6% delle stazioni nel 2011 e nel 72.7% nel ciclo 2023; delle fluttuazioni non molto marcate nelle stazioni classificate in stato "sufficiente", che nel corso dei diversi monitoraggi rappresentano una percentuale pari a 11.4-18.2% del totale; un costante decremento delle stazioni in stato "scarso", riscontrato nel 50.6% delle stazioni nel 2011 e nel 13.6% delle stazioni nel 2023; una riduzione importante delle stazioni in stato "cattivo" già a partire dal 2013 (9.2% delle stazioni nel 2010, ≤ 2.3% negli altri cicli di monitoraggio).

Tabella 12. Valori di EQR dell'indice MaQI per gli 11 CI (esclusi quelli fortemente modificati), calcolati come media semplice dei valori relativi alle stazioni, per i diversi cicli di monitoraggio operativo (campionamenti effettuati nel 2011, 2014, 2018, 2021 e 2023 rispettivamente. Il calcolo del 2011 è stato effettuato tenendo conto solo delle 88 stazioni campionate nel 2014 e 2018; nella colonna del 2014 nel Corpo Idrico ENC2 sono riportati 2 valori: il primo è stato ottenuto considerando tutti i valori completi del 2014, mentre nel secondo non è stata considerata la stazione ENC2_8New poiché non era presente nel 2011.

CORPI IDRICI	MaQI 2011	MaQI 2014	MaQI 2018	MaQI 2021	MaQI 2023
EC	0.41	0.65	0.84	0.81	0.83
ENC1	0.69	0.78	0.77	0.87	0.89
ENC2	0.48	0.61 (0.66)	0.75	0.69	0.80
ENC3	0.42	0.48	0.75	0.78	0.65
ENC4	0.52	0.49	0.54	0.62	0.70
PC1	0.32	0.33	0.53	0.47	0.73
PC2	0.36	0.35	0.38	0.63	0.60
PC3	0.32	0.28	0.35	0.45	0.68
PC4	0.32	0.28	0.32	0.28	0.42
PNC1	0.33	0.35	0.33	0.35	0.37
PNC2	0.26	0.35	0.39	0.41	0.46

Le condizioni ecologiche dei corpi idrici valutate sulla base dell'EQB Macrofitte (Tabella 12. Valori di EQR dell'indice MaQI per gli 11 CI (esclusi quelli fortemente modificati), calcolati come media semplice dei valori relativi alle stazioni, per i diversi cicli di monitoraggio operativo (campionamenti effettuati nel 2011, 2014, 2018, 2021 e 2023 rispettivamente. Il calcolo del 2011 è stato effettuato tenendo conto solo delle 88 stazioni campionate nel 2014 e 2018; nella colonna del 2014 nel Corpo Idrico ENC2 sono riportati 2 valori: il primo è stato ottenuto considerando tutti i valori completi del 2014, mentre nel secondo non è stata considerata la stazione ENC2_8New poiché non era presente nel 2011.) appaiono generalmente in miglioramento, con valori di RQE in progressivo aumento. Tutti i CI hanno mostrato un corrispettivo incremento della classe di qualità rispetto al primo ciclo di monitoraggio, ad eccezione di PNC1 che resta sempre in stato scarso in tutti i cicli di monitoraggio. In particolare, nel 2011 solo ENC1 presentava uno stato "buono", mentre i restanti CI erano classificati in stato "sufficiente" o "scarso". Nel 2023, tre CI sono stati classificati in stato "elevato", sei CI in stato "buono", due CI in stato "sufficiente" e uno CI in stato "scarso". I miglioramenti più evidenti, con incremento di due classi di qualità tra primo e quinto ciclo, sono stati rilevati per i corpi idrici EC, PC1 e ENC2 in laguna nord e PC3 in laguna sud.

2.3 Elementi di qualità fisico-chimica a supporto della classificazione ecologica: Elementi generali

2.3.1 Rete di monitoraggio

Per il triennio 2023-2025 sono state mantenute le 30 stazioni di campionamento dei parametri fisico-chimici a supporto (Figura 7) definite nei precedenti Piani di monitoraggio 2010, 2013, 2020 e 2022 comprendenti le 16 stazioni individuate dal Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per il monitoraggio delle sostanze non prioritarie a supporto della classificazione ecologica. Il campionamento degli elementi generali nell'acqua è stato eseguito a febbraio/marzo, aprile/maggio/giugno, luglio/agosto/settembre e novembre 2023-2024. Le coordinate delle 30 stazioni campionate sono riportate in Tabella 13.

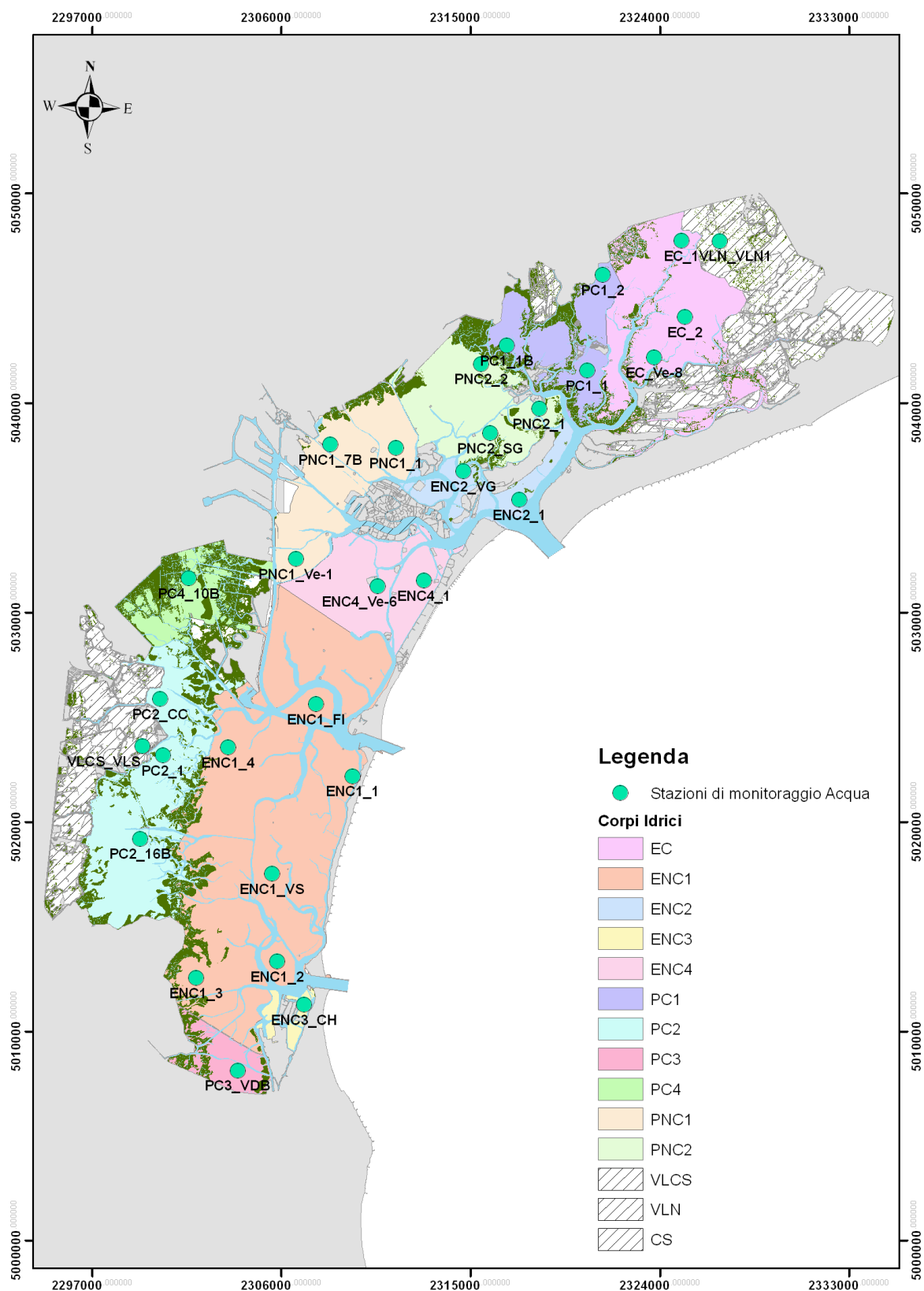


Figura 7. Localizzazione delle 30 stazioni di monitoraggio dell'acqua per l'analisi degli elementi di qualità fisico-chimica a supporto della classificazione ecologica.

Tabella 13. Coordinate geografiche delle 30 stazioni di monitoraggio dell'acqua per l'analisi degli elementi di qualità fisico-chimica.

Corpo idrico	Stazione	Coordinate Gauss Boaga Fuso-Est	
		x	y
EC	EC_1	2325056	5047735
	EC_2	2325228	5044097
	EC_Ve-8	2323743	5042182
ENC1	ENC1_1	2309391	5022175
	ENC1_2	2301947	5012547
	ENC1_3	2303480	5023542
	ENC1_4	2307650	5025604
	ENC1_FI	2305560	5017509
	ENC1_VS	2309391	5022175
ENC2	ENC2_1	2317348	5035381
	ENC2_VG	2314676	5036743
ENC3	ENC3_CH	2307093	5011256
ENC4	ENC4_1	2312798	5031519
	ENC4_Ve-6	2310582	5031242
PC1	PC1_1	2320575	5041541
	PC1_1B	2316729	5042749
	PC1_2	2321303	5046124
PC2	PC2_1	2300377	5023162
	PC2_16B	2299280	5019185
	PC2_CC	2300247	5025863
PC3	PC3_VDB	2303924	5008122
PC4	PC4_10B	2301587	5031628
PNC1	PNC1_1	2311459	5037837
	PNC1_7B	2308338	5038011
	PNC1_Ve-1	2306701	5032556
PNC2	PNC2_1	2318288	5039719
	PNC2_2	2315523	5041857
	PNC2_SG	2315953	5038555
VLCS	VLCS_VLS	2299393	5023610
VLN	VLN_VLN1	2326873	5047729

2.4 Metodiche di campionamento e analisi dei parametri chimico-fisici

2.4.1 Parametri

I parametri determinati per le acque sono stati:

- solidi sospesi (TSS);
- clorofilla *a*;
- feopigmenti;
- carbonio organico particellato (POC);
- carbonio organico disciolto (DOC);
- carbonio organico totale (TOC)⁽¹⁾;
- azoto totale disciolto (TDN);
- azoto totale particellato (TPN);
- azoto ammoniacale (N-NH₄);
- azoto ossidato (N-NO_x);
- azoto sotto forma di nitrato (N-NO₃);
- azoto sotto forma di nitrito (N-NO₂);
- fosforo disciolto totale (TDP);
- fosforo reattivo (P-PO₄);
- silicati disciolti (SiO₄);
- solfuri liberi.

2.4.2 Campionamento

2.4.2.1 Carbonio organico disciolto (DOC)

Per la determinazione del DOC i campioni d'acqua sono stati prelevati direttamente mediante Niskin. Con siringhe da 60 ml con attacco LuerLock, sono stati filtrati 250 ml di acqua mediante filtri GF/F (fibra di vetro) con porosità nominale da 0.7 µm e conservati in bottiglie di policarbonato. I campioni sono stati mantenuti refrigerati durante il trasporto e congelati a -20°C in laboratorio fino al momento delle analisi.

2.4.2.2 Nutrienti: TDN, N-NH₄, NO_x, N-NO₃, N-NO₂, TDP, P-PO₄, Si-SiO₄

Per l'analisi dei nutrienti i campioni d'acqua sono stati prelevati direttamente mediante Niskin. I campioni sono stati filtrati in campo utilizzando filtri in acetato di cellulosa con porosità 0.45 µm e raccolti in barattoli monouso in PE da 500 ml. I campioni d'acqua sono stati mantenuti refrigerati durante il trasporto e congelati a -20°C in laboratorio.

⁽¹⁾ TOC ottenuto per somma DOC+POC

2.4.2.3 Solfuri liberi

Per la determinazione dei solfuri liberi è stato prelevato mediante Niskin un campione d'acqua. Con siringhe da 10 ml con attacco LuerLock sono stati filtrati 5 ml mediante filtri GF/F (fibra di vetro) da 0.7 μm . Il filtrato è stato direttamente versato su cuvette monouso fornite dal kit Hach Lange LCK653 per la determinazione dei solfuri (range 0.1-2 mg/l per S^{2-}).

2.4.2.4 Solidi sospesi totali (TSS), clorofilla-a (Chl-a), carbonio organico particellato (POC) ed azoto totale particellato (TPN)

Per la determinazione dei solidi sospesi è stato prelevato, mediante Niskin, un campione d'acqua di circa 1 litro. Il campione è stato conservato in bottiglie scure opportunamente pretrattate con acido cloridrico (HCl al 25% p/v), risciacquate con acqua deionizzata (18 M Ω) e poi avvindate con l'acqua del campionamento. I campioni d'acqua sono stati mantenuti refrigerati durante il trasporto fino al laboratorio, dove sono stati filtrati su filtri in fibra di vetro GF/F con porosità nominale 0.7 μm . I filtri, opportunamente risciacquati con acqua distillata, sono stati conservati a -20°C fino al momento della determinazione analitica.

Per la determinazione della clorofilla *a* viene prelevato mediante Niskin un campione d'acqua di circa 1 litro. Il campione viene filtrato in campo utilizzando filtri in fibra di vetro GF/F con porosità nominale da 0.7 μm . I filtri vengono trasportati a temperatura refrigerata e conservati a -20°C fino al momento della determinazione analitica.

Per la determinazione del POC e del TPN viene prelevato mediante Niskin un campione d'acqua di circa 1 litro. Il campione viene poi filtrato utilizzando filtri in fibra di vetro da 0.7 μm pre-muffolati in laboratorio a 450°C per 24 h. I filtri vengono poi trasportati a temperatura refrigerata e conservati a -20°C fino al momento della determinazione analitica.

2.4.3 Specifiche per l'esecuzione delle analisi

Le analisi relative ai singoli parametri nella matrice acqua sono state effettuate da personale specializzato presso le sedi ARPAV del Dipartimento Regionale Laboratori di Venezia e di Treviso.

La determinazione del DOC e del TOC è stata effettuata mediante combustione catalitica e successiva determinazione mediante detector ad infrarossi Shimadzu (Katz et al., 1954).

Le analisi dei seguenti nutrienti N-NH_4 , NO_x , N-NO_3 , N-NO_2 e TDN vengono eseguite mediante analizzatore a flusso continuo della ditta Syssta, mentre P-PO_4 e Si-SiO_2 mediante metodo spettrofotometrico con apparecchio Aquakem, infine il TDP mediante spettrofotometro Shimadzu UV 1800 (Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010 e APAT IRSA-CNR, 2003).

La determinazione dei solfuri è stata effettuata mediante test in cuvetta impiegando per la lettura lo spettrofotometro DR3900 della ditta Hach-Lange (Cline, 1969).

La determinazione dei TSS è stata ottenuta mediante pesata dopo trattamento del filtro a 105°C per 2 ore (APAT IRSA-CNR, 2003).

L'analisi della clorofilla *a* è stata eseguita mediante lettura spettrofluorimetrica previa estrazione dei filtri con acetone al 90% (Parson et al., 1984).

Le analisi di POC e TPN sono state effettuate mediante combustione con analizzatore elementare Flash EA1112NC della ditta Thermo Fisher Scientific (Hedges and Stern, 1984). Il POC è stato determinato, dopo esposizione dei filtri (Whatman GF/F) a vapori di HCl per l'eliminazione del carbonio inorganico.

I limiti di quantificazione sono riportati in Tabella 14.

Tabella 14. Limiti di quantificazione delle metodiche analitiche di ogni singolo analita/parametro.

Analita/ parametro	Limiti di quantificazione
DOC	1000 µg/L
TDN	10 µg/L
N-NH ₄	8 µg/L
N-NO _x	10 µg/L
N-NO ₃	10 µg/L fino a 2019; 11 µg/L dal 2020
N-NO ₂	3 µg/L fino a 2020; 2 µg/L dal 2021
TDP	5 µg/L fino a 2017; 1 µg/L dal 2018
P-PO ₄	1 µg/L fino al 2015; 5 µg/L nel 2016-2017; 1 µg/L dal 2018
SiO ₄	10 µg/L
Solfuri liberi	0.1 mg/L
TSS	1.0 mg/L
Chl <i>a</i> feopigmenti	0.1 µg/l
POC	50 µg/L
TPN	30 µg/L

2.4.4 Confronto con i limiti di classe Buono/Sufficiente: Fosforo reattivo (P-PO₄) e Azoto inorganico disciolto (DIN)

Al fine di applicare i limiti di classe Buono/Sufficiente per la valutazione dello stato ecologico è stata calcolata la media annuale per l'anno di campionamento considerato (2023), considerando per il calcolo tutte le stazioni e le stagioni monitorate per ciascun corpo idrico. In Tabella 15 è riportato il numero (N) di campioni disponibili per ciascun corpo idrico per il 2023.

Ai fini dell'elaborazione delle medie degli elementi di qualità fisico-chimica, nei casi in cui i risultati analitici siano stati inferiori ai limiti di quantificazione (LOQ) della metodica analitica riportati in Tabella 14 è stato utilizzato il 50% del valore del LOQ. Nel caso del DIN, essendo il risultato di una sommatoria di NH₃, NO₂ e NO₃, i risultati inferiori al LOQ delle singole sostanze sono stati considerati pari a zero. Nel caso in cui tutti e tre i composti siano risultati inferiori al LOQ, la sommatoria è stata sostituita con il valore di LOQ più alto tra i tre composti considerati. Nel caso in cui il 90% dei risultati analitici siano stati sotto al LOQ non è stata

effettuata la media dei valori: il risultato è stato invece riportato come “minore del limite di quantificazione” (<LOQ).

Tabella 15. Numero di campioni (N) per ciascun corpo idrico nel 2023.

Corpo idrico	N 2023
EC	12
ENC1	24
ENC2	8
ENC3	4
ENC4	8
PC1	12
PC2	12
PC3	4
PC4	4
PNC1	12
PNC2	12
VLCS	4
VLN	4

2.4.4.1 Ortofosfato

In Tabella 16 sono riportate le statistiche descrittive effettuate con i valori di P-PO₄ per l'anno di monitoraggio 2023. Sempre nella tabella sono stati indicati i limiti di classe Buono/Sufficiente previsti dal D.M. 260/2010, la numerosità dei campioni e la numerosità dei valori analitici risultati superiori al limite di quantificazione (LOQ). In Figura 8 è invece rappresentato il box plot dei valori.

Per quanto riguarda il parametro P-PO₄ non si sono osservati superamenti del limite di classe per i corpi idrici con classe di salinità >30.

Tabella 16. Medie, deviazioni standard, minimi, massimi, con relative numerosità e valori superiori al limite di quantificazione del parametro P-PO₄, calcolati per ciascun corpo idrico nel 2023.

P-PO ₄ (μM) anno 2023								
Tipo	Corpi idrici	limiti di classe B/S	Media	Dev.St.	Min	Max	N	N valori > LOQ
Eualino	EC	0.48	0.10	0.06	0.06	0.26	12	12
	ENC1		0.09	0.09	<0.03	0.36	24	24
	ENC2		0.07	0.05	<0.03	0.16	8	8
	ENC3		0.07	0.04	<0.03	0.10	4	4
	ENC4		0.08	0.05	<0.03	0.13	8	8
Polialino	PC1	/	0.28	0.40	<0.03	1.42	12	12
	PC2		0.07	0.04	<0.03	0.16	12	12
	PC3		0.08	0.05	<0.03	0.13	4	4
	PC4		0.36	0.40	0.10	0.94	4	4

P-PO₄ (μM) anno 2023								
Tipo	Corpi idrici	limiti di classe B/S	Media	Dev.St.	Min	Max	N	N valori > LOQ
	PNC1		0.32	0.27	<0.03	0.77	12	12
	PNC2		0.17	0.23	<0.03	0.87	12	12
Polialino	VLCS	/	0.10	0.05	0.03	0.16	4	4
Eualino	VLN	0.48	0.11	0.03	0.10	0.16	4	4

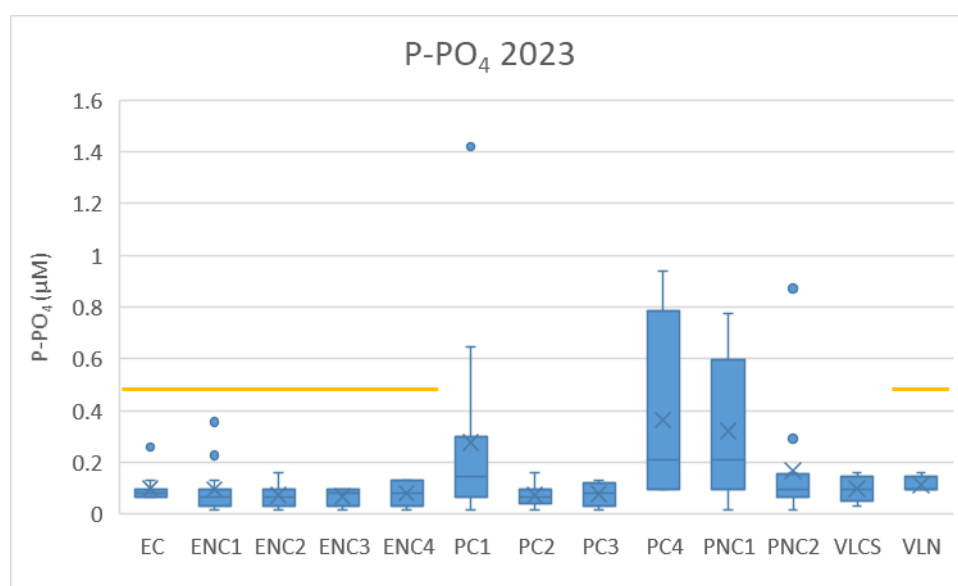


Figura 8. Box plot dei valori di P-PO₄ determinati nell'anno di monitoraggio 2023 nei campioni di acqua della laguna di Venezia raggruppati per corpo idrico. La linea arancione orizzontale corrisponde al limite di classe B/S (0.48μM) indicato dal D.M. 260/2010 per i tipi di corpo idrico con salinità >30 (eualini).

2.4.4.2 Azoto Inorganico Disciolto

In Tabella 17 sono riportate le statistiche descrittive effettuate con i valori di DIN (NH₃ + NO₂ + NO₃) per l'anno di monitoraggio 2023. Sempre nella tabella sono stati indicati i limiti di classe Buono/Sufficiente previsti dal D.M. 260/2010, la numerosità dei campioni e la numerosità dei valori analitici risultati superiori al limite di quantificazione (LOQ). In Figura 9 sono invece rappresentati i box plot dei valori.

Per quanto riguarda il parametro DIN, nel 2023 sono 6 i corpi idrici che hanno superato i limiti di classe B/S: EC per i CI eualini, PC1, PC3, PC4 e PNC2 per i polialini ed entrambi i CIFM VLCS e VLN.

Tabella 17. Medie, deviazioni standard, minimi, massimi annuali, con relative numerosità e valori superiori al limite di quantificazione del parametro DIN, calcolati per ciascun corpo idrico l'anno di monitoraggio 2023.

DIN(μM) anno 2023								
Tipo	Corpi idrici	limiti di classe B/S	Media	Dev.St.	Min	Max	N	N valori > LOQ
Eualino	EC	18	24	27	1	97	12	5
	ENC1		12	8	0	27	24	6

DIN(μM) anno 2023								
Tipo	Corpi idrici	limiti di classe B/S	Media	Dev.St.	Min	Max	N	N valori > LOQ
Polialino	ENC2		16	13	3	36	8	2
	ENC3		15	15	2	35	4	2
	ENC4		17	11	1	28	8	4
	PC1		54	45	9	151	12	7
	PC2		22	16	3	49	12	4
	PC3	30	61	80	1	175	4	2
	PC4		38	19	10	51	4	3
	PNC1		26	21	5	66	12	4
	PNC2		33	31	3	98	12	5
Polialino	VLCS	30	30	12	12	39	4	3
Eualino	VLN	18	42	25	14	64	4	3

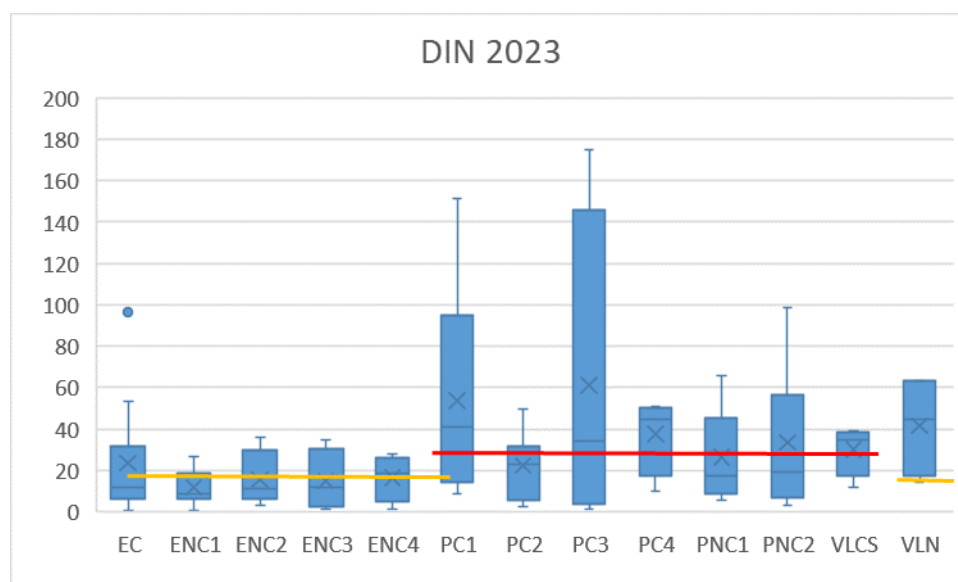


Figura 9. Box plot dei valori di DIN determinati nei campioni di acqua della laguna di Venezia, raggruppati per corpo idrico. Le linee orizzontali corrispondono ai due rispettivi limiti di classe B/S indicati dal D.M. 260/2010 per le diverse classi di salinità (<30 = 18 μ M; >30 = 30 μ M).

2.4.5 Altri parametri

In ALLEGATO 1 sono riportate le statistiche descrittive (media, deviazione standard, minimo, massimo e conteggio dei casi) dei parametri fisico-chimici a sostegno indicati nei protocolli di monitoraggio ISPRA, ma per i quali non sono stati definiti valori soglia.

2.4.6 Trend dei parametri DIN e P-PO₄

Al fine di valutare l'andamento dei valori di concentrazione di P-PO₄ e DIN nei diversi anni, dal 2011 al 2023, è stato applicato il Seasonal Kendall Test ai dati (Software R Studio,

pacchetto Kendall). Per ogni CI è stata calcolata la media delle stazioni per stagione e per anno al fine di verificare la presenza di tendenze significative.

2.4.6.1 Ortofosfato

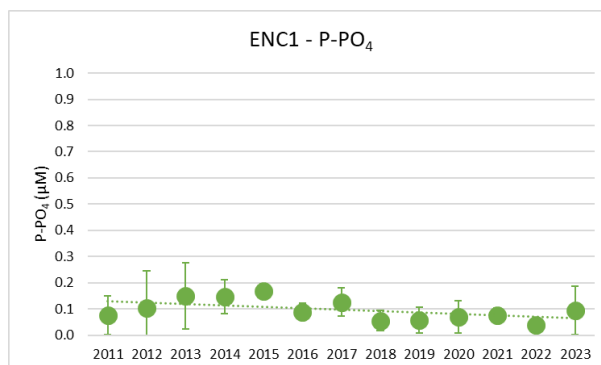
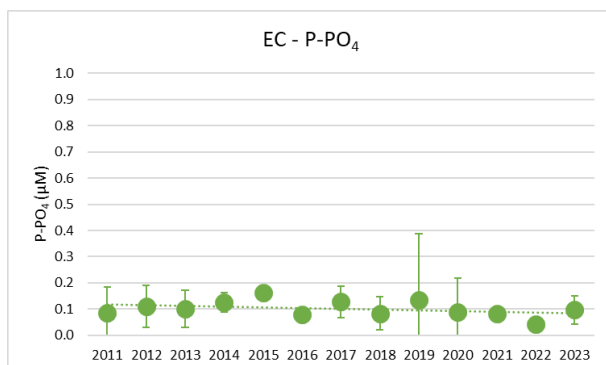
Per i composti del fosforo sono stati analizzati sia l'ortofosfato ($P-PO_4$), sia il fosforo totale disciolto (TDP).

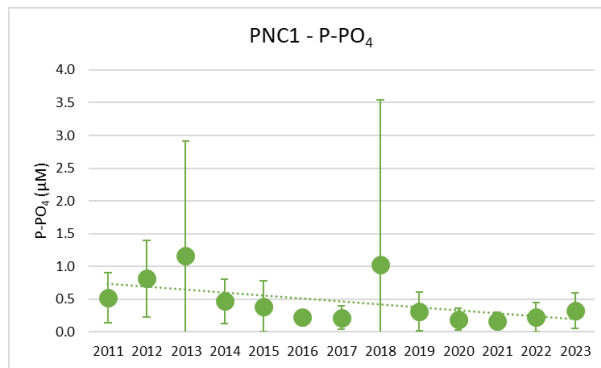
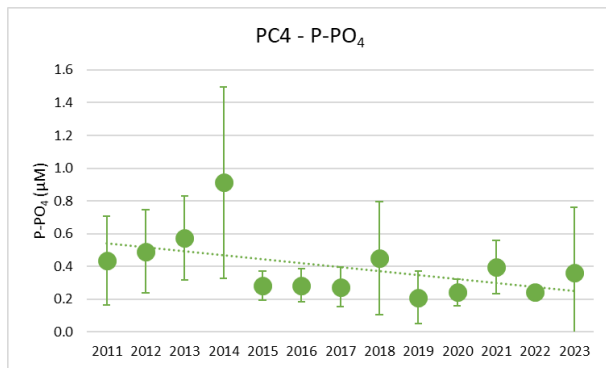
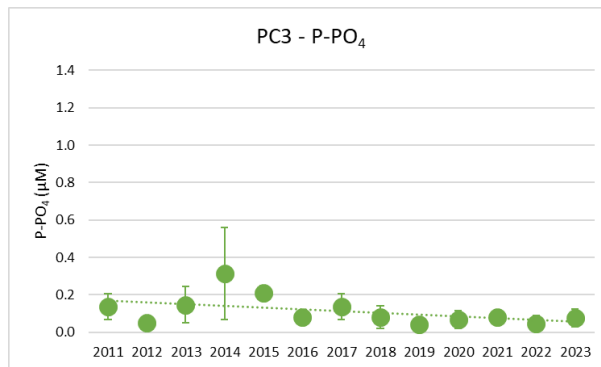
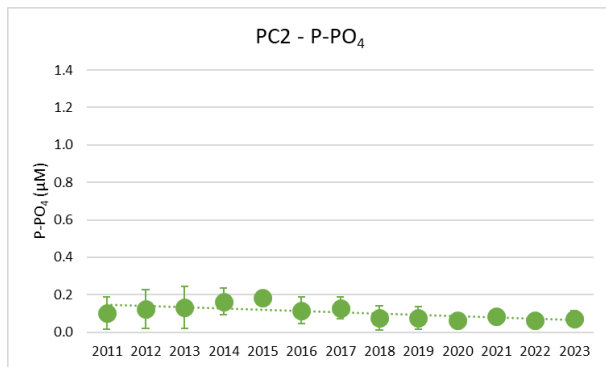
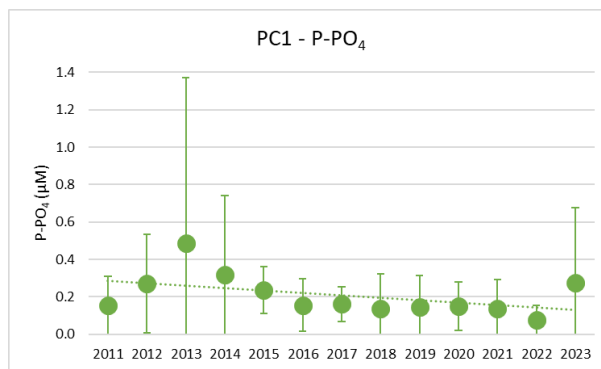
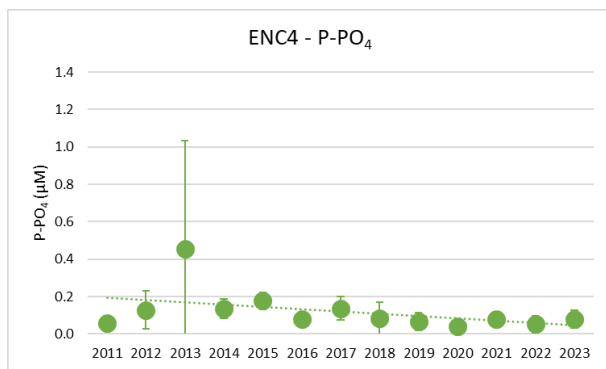
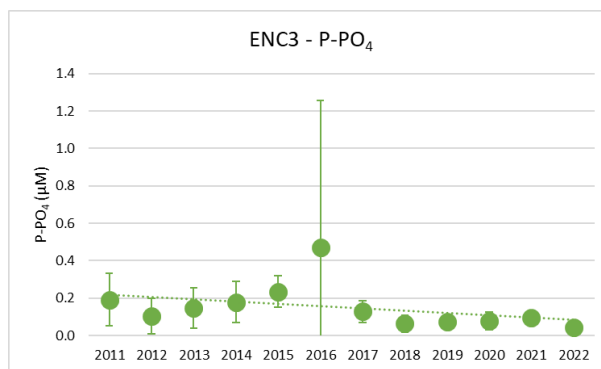
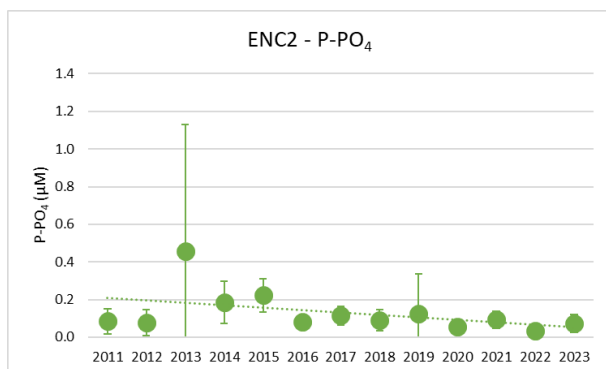
Per l'ortofosfato tutti i corpi idrici hanno una diminuzione significativa delle concentrazioni nel tempo, eccezion fatta per il CIFM VLN per il quale vi è un trend negativo, ma non statisticamente significativo (Tabella 18).

Tabella 18. Risultati del Seasonal Kendall Test applicato ai valori di $P-PO_4$ (ortofosfato) ai diversi corpi ai diversi corpi idrici della laguna di Venezia. Vengono riportati: la tendenza, il valore Tau del test e la significatività. Significatività: ns (non significativo) = $p > 0.05$, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.001$.**

PO_4	Corpo Idrico	Tendenza	Tau	Significatività
	EC	↘	-0.231	*
	ENC1	↘	-0.288	**
	ENC2	↘	-0.279	*
	ENC3	↘	-0.338	**
	ENC4	↘	0.253	*
	PC1	↘	-0.305	**
	PC2	↘	-0.253	*
	PC3	↘	-0.264	**
	PC4	↘	-0.339	**
	PNC1	↘	-0.302	**
	PNC2	↘	-0.446	***
	VLCS	↘	-0.346	**
	VLN	↘	-0.171	ns

Gli andamenti dei CI per i quali il Seasonal Kendall Test è risultato significativo vengono riportati in Figura 10.





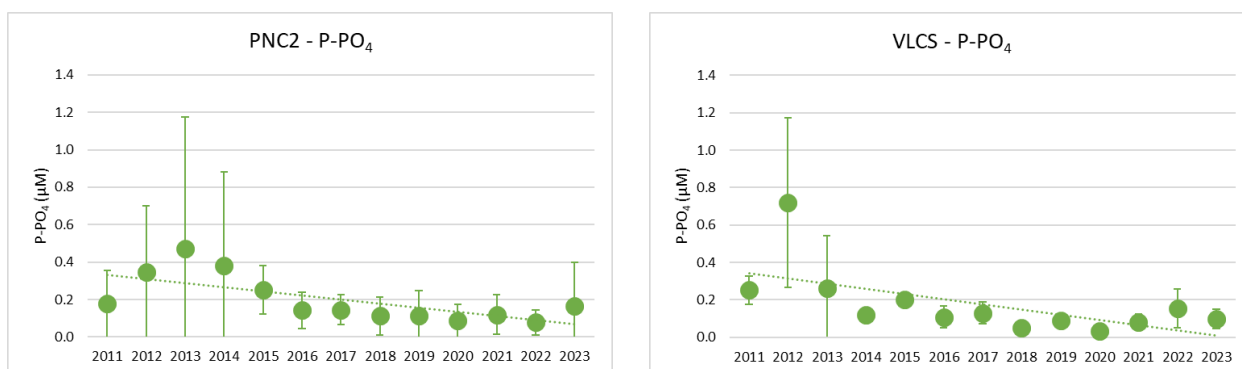


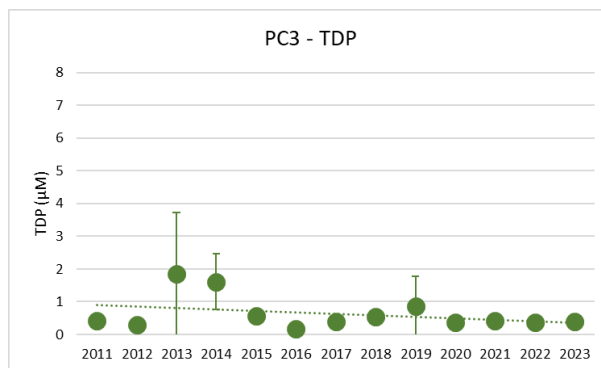
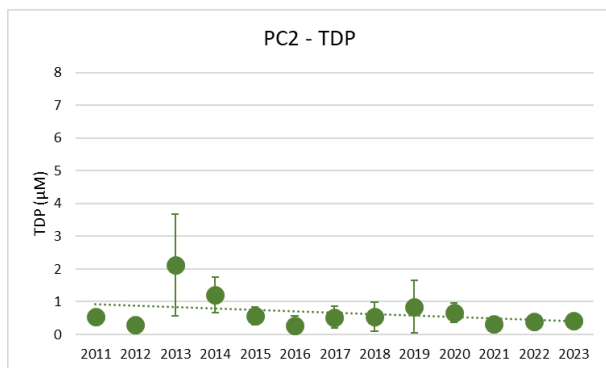
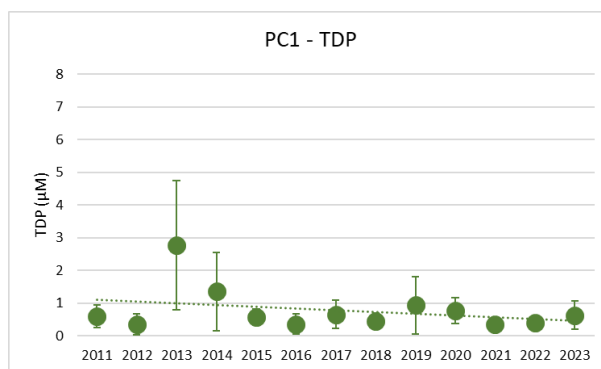
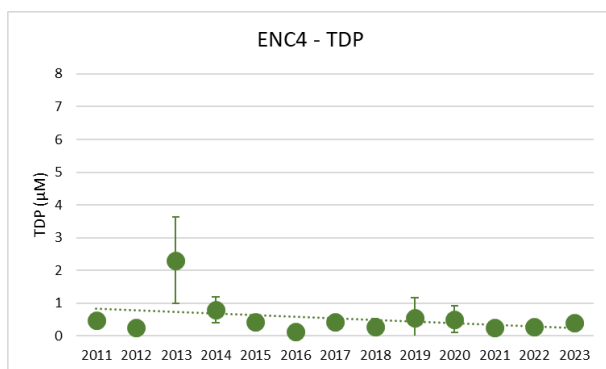
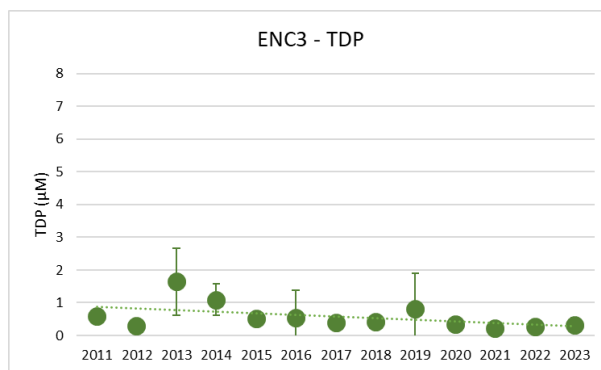
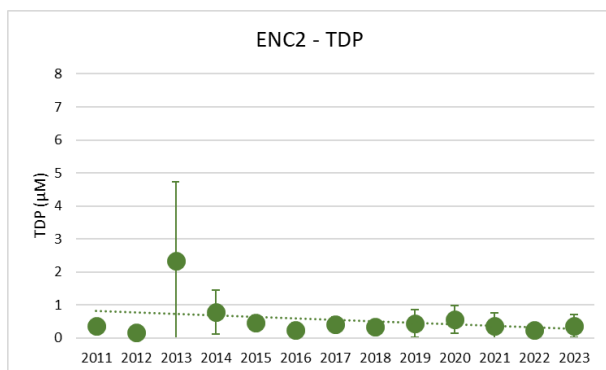
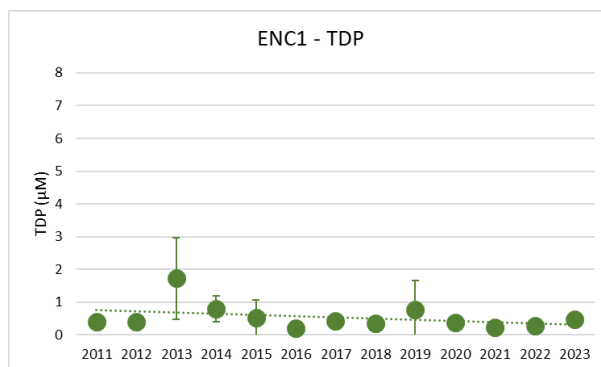
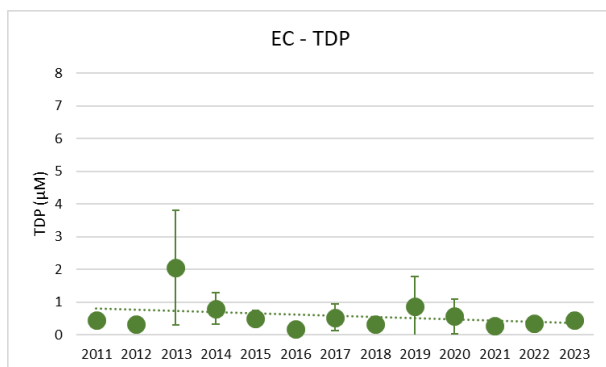
Figura 10. Andamento delle concentrazioni del P-PO₄ nei CI in cui è risultato significativo nel periodo 2011-2023.

Anche per il fosforo totale disciolto (TDP), come accadeva per il P-PO₄, si osserva una diminuzione statisticamente significativa in tutti i corpi idrici, tranne che per VLN, che presenta solamente una tendenza alla diminuzione (Tabella 19).

Tabella 19. Risultati del Seasonal Kendall Test applicato ai valori di TDP (fosforo totale disciolto) ai diversi corpi idrici della laguna di Venezia. Vengono riportati: la tendenza, il valore Tau del test e la significatività. Significatività: ns (non significativo) = $p > 0.05$, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.001$.**

TDP	Corpo Idrico	Tendenza	Tau	Significatività
	EC	↘	-0.219	*
	ENC1	↘	-0.314	**
	ENC2	↘	-0.253	*
	ENC3	↘	-0.392	***
	ENC4	↘	-0.219	*
	PC1	↘	-0.213	*
	PC2	↘	-0.226	*
	PC3	↘	-0.221	*
	PC4	↘	-0.314	**
	PNC1	↘	-0.282	**
	PNC2	↘	-0.264	*
	VLCS	↘	-0.287	**
	VLN	↘	-0.190	ns

I grafici degli andamenti dei valori medi annuali di ciascun corpo idrico per i quali il test per il TDP è risultato significativo sono mostrati in Figura 11.



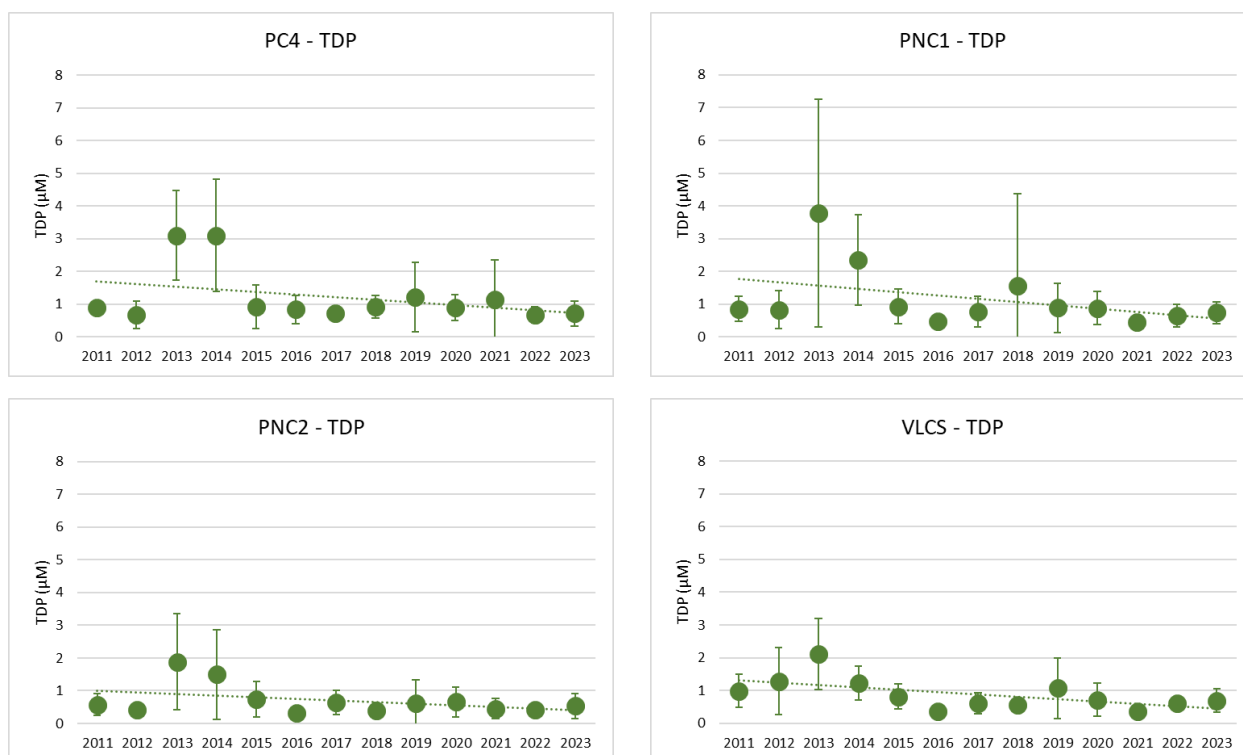


Figura 11. Andamento delle concentrazioni del TDP dei CI in cui è risultato significativo nel periodo 2011-2023.

2.4.6.1 Azoto Inorganico Disciolto

Oltre all'analisi della tendenza per il parametro azoto inorganico disciolto (DIN), sono stati effettuati i test statistici anche per tutti e tre i suoi componenti: azoto ammoniacale (N-NH_4), azoto nitroso (N-NO_2) e azoto nitrico (N-NO_3).

Il DIN non è risultato significativo in nessuno dei corpi idrici della laguna di Venezia. La tendenza del test è sempre negativa tranne che per PC1, PC4 e VLN (Tabella 20).

Tabella 20. Risultati del Seasonal Kendall Test applicato ai valori del DIN (azoto inorganico disciolto) ai diversi corpi ai diversi corpi idrici della laguna di Venezia. Vengono riportati: la tendenza, il valore Tau del test e la significatività. Significatività: ns (non significativo) = $p > 0.05$, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.001$.**

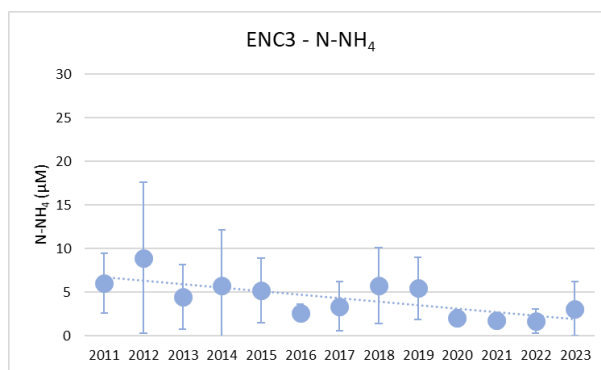
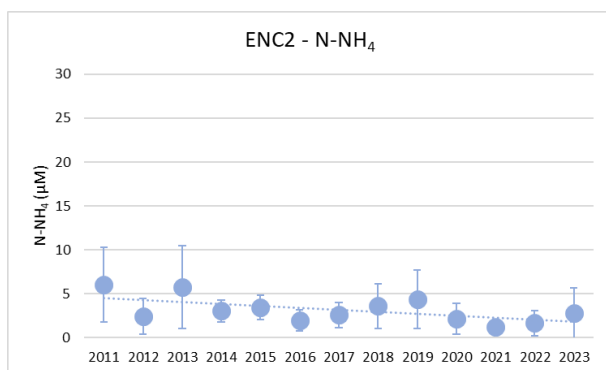
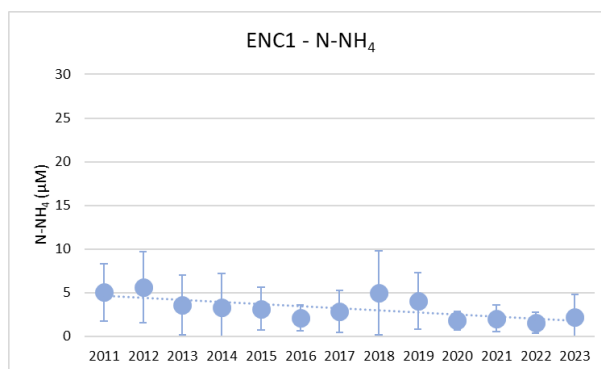
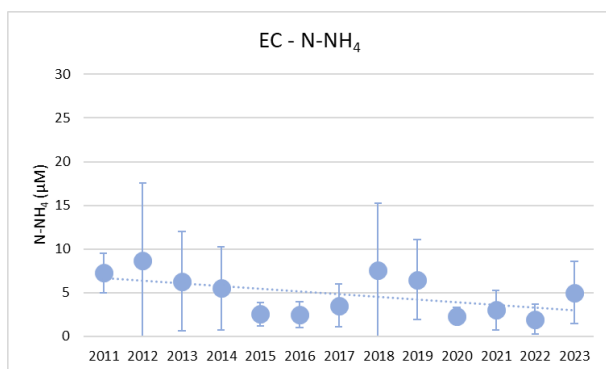
DIN	Corpo Idrico	Tendenza	Tau	Significatività
	EC	↘	-0.087	ns
	ENC1	↘	-0.207	ns
	ENC2	↘	-0.200	ns
	ENC3	↘	-0.067	ns
	ENC4	↘	-0.107	ns
	PC1	↗	0.147	ns
	PC2	↘	-0.047	ns
	PC3	↘	-0.127	ns
	PC4	↗	0.006	ns
	PNC1	↘	-0.167	ns
	PNC2	↘	-0.093	ns
	VLCS	↘	-0.047	ns
	VLN	↗	0.013	ns

Considerando l'azoto ammoniacale (N-NH_4), tutti i CI sono risultati con tendenza negativa, ma significativa per 6 CI: EC, ENC1, ENC2, ENC3, PC2 e PC3 (Tabella 21). VLN, invece è l'unico CI ad avere una tendenza in aumento, anche se la statistica non dà risultati significativi (Tabella 21).

Tabella 21. Risultati del Seasonal Kendall Test applicato ai valori del N-NH₄ (azoto ammoniacale) ai diversi corpi ai diversi corpi idrici della laguna di Venezia. Vengono riportati: la tendenza, il valore Tau del test e la significatività. Significatività: ns (non significativo) = $p > 0.05$, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.001$.**

N-NH ₄	Corpo Idrico	Tendenza	Tau	Significatività
	EC	↘	-0.233	*
	ENC1	↘	-0.373	***
	ENC2	↘	-0.281	**
	ENC3	↘	-0.255	*
	ENC4	↘	-0.197	ns
	PC1	↘	-0.170	ns
	PC2	↘	-0.233	*
	PC3	↘	-0.220	*
	PC4	↘	-0.105	ns
	PNC1	↘	-0.147	ns
	PNC2	↘	-0.200	ns
	VLCS	↘	-0.174	ns
	VLN	↗	0.063	ns

L'andamento negli anni dei singoli CI risultati significativi, EC, ENC1, ENC3 e PC2 è riportato in Figura 12.



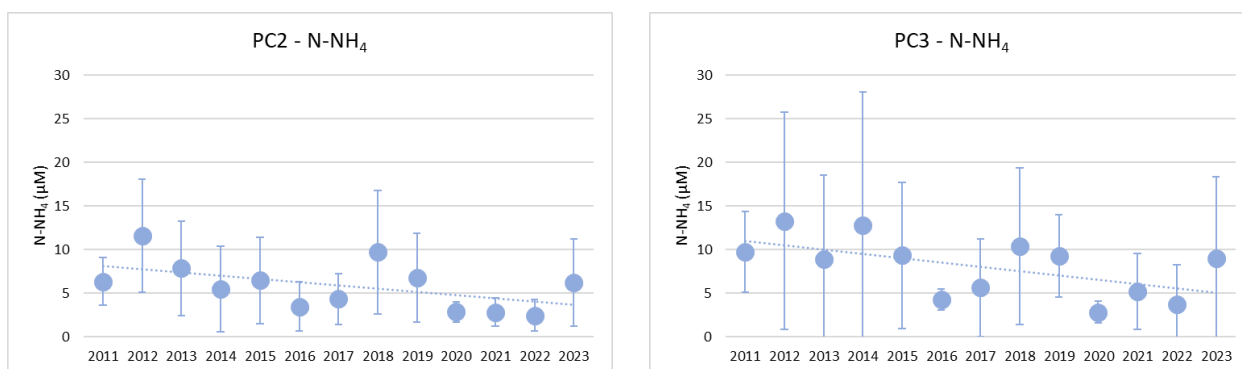


Figura 12. Andamento delle concentrazioni del N-NH₄ risultato significativo a livello di corpo idrico nel periodo 2011-2023. I diversi CI hanno scale diverse in virtù della diversità di concentrazioni registrate.

L'analisi dei trend per il composto azoto nitrico (N-NO₂) ha dato risultati significativi solamente per 2 CI, ENC1 e ENC3, con una generale tendenza negativa, tranne che per PC4 e VLN (Tabella 22).

Tabella 22. Risultati del Seasonal Kendall Test applicato ai valori del N-NO₂ (azoto nitroso) ai diversi corpi ai diversi corpi idrici della laguna di Venezia. Vengono riportati: la tendenza, il valore Tau del test e la significatività. Significatività: ns (non significativo) = $p > 0.05$, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.001$.**

N-NO ₂	Corpo Idrico	Tendenza	Tau	Significatività
	EC	↘	-0.115	ns
	ENC1	↘	-0.278	**
	ENC2	↘	-0.196	ns
	ENC3	↘	-0.229	*
	ENC4	↘	-0.204	ns
	PC1	↘	-0.081	ns
	PC2	↘	-0.114	ns
	PC3	↘	-0.146	ns
	PC4	↗	0.021	ns
	PNC1	↘	-0.094	ns
	PNC2	↘	-0.127	ns
	VLCS	↘	-0.067	ns
	VLN	↗	0.167	ns

In Figura 13 si riportano gli andamenti grafici dei valori dei due CI risultati significativi al Seasonal Kendall Test.

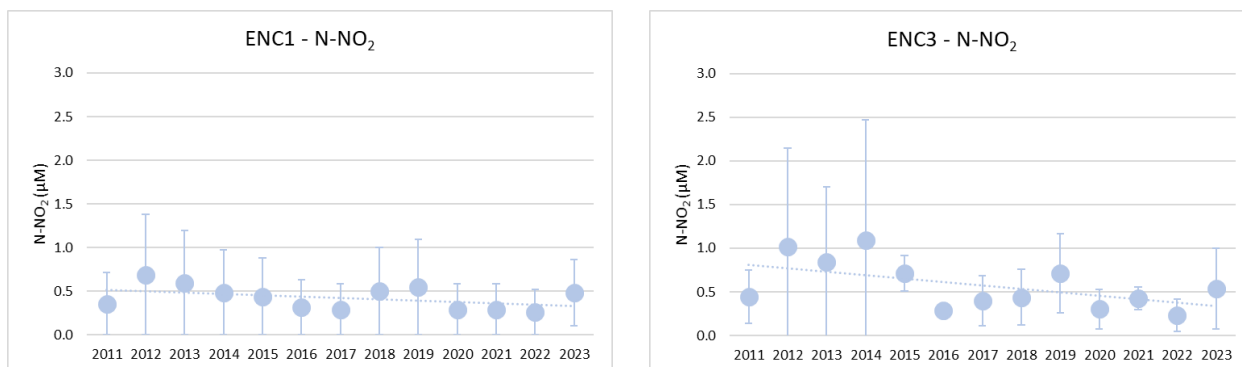


Figura 13. Andamento delle concentrazioni del N-NO₂ risultato significativo a livello di corpo idrico nel periodo 2011-2023.

Le analisi del trend relative all'azoto nitrico (N-NO₃) sono risultate in significativo aumento solo per il CIFM VLN. Per gli altri corpi idrici le tendenze sono variabili (Tabella 23).

Tabella 23. Risultati del Seasonal Kendall Test applicato ai valori del N-NO₃ (azoto nitrico) ai diversi corpi ai diversi corpi idrici della laguna di Venezia. Vengono riportati: la tendenza, il valore Tau del test e la significatività. Significatività: ns (non significativo) = $p > 0.05$, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.001$.**

NO ₃	Corpo Idrico	Tendenza	Tau	Significatività
	EC	↘	-0.174	ns
	ENC1	↘	-0.007	ns
	ENC2	↘	-0.118	ns
	ENC3	↗	0.015	ns
	ENC4	↘	-0.031	ns
	PC1	↘	-0.050	ns
	PC2	↗	0.078	ns
	PC3	↘	-0.065	ns
	PC4	↘	-0.010	ns
	PNC1	↘	-0.094	ns
	PNC2	↘	-0.091	ns
	VLCS	↗	0.125	ns
	VLN	↗	0.403	***

L'andamento grafico dei valori medi del CIFM VLN sono riportati in Figura 14.

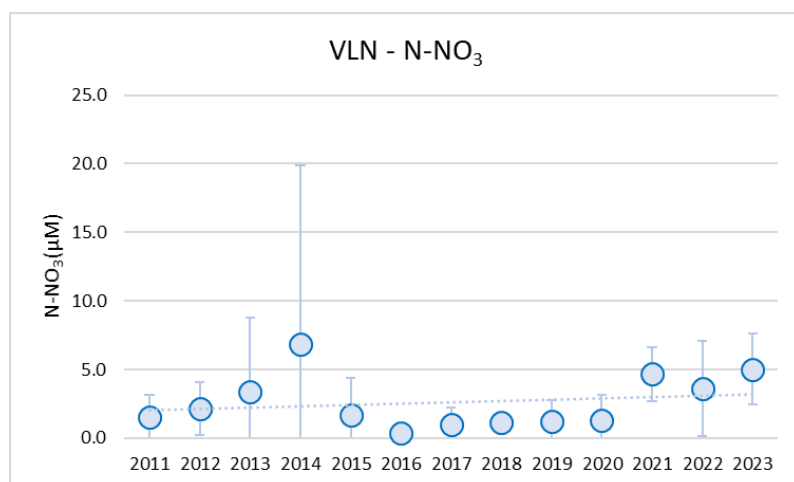


Figura 14. Andamento delle concentrazioni del N-NO₃ risultato significativo nel corpo idrico VLN nel periodo 2011-2023.

3 PRIMA IDENTIFICAZIONE DELLO STATO ECOLOGICO AI SENSI DEL DLGS. 152/2006 ss.mm.ii.

3.1 Elementi di Qualità Biologica

Come riportato nel documento di pianificazione del triennio 2023-2025 (Piano di Monitoraggio, 2022), sulla base dell'individuazione delle pressioni insistenti per ciascuno dei corpi idrici della laguna, sono stati selezionati gli EQB più sensibili (Tabella 24).

Tabella 24. Elenco delle pressioni e relativi elementi di qualità biologica sensibili da monitorare in ciascun corpo idrico della laguna di Venezia (tratto da Piano di Monitoraggio, 2016).

TIPO	CODICE Corpo idrico	PRESSIONI	ELEMENTI DI QUALITÀ BIOLOGICA SENSIBILI
polialino confinato	PC1	arricchimento di nutrienti, carico organico	macroalghe, invertebrati bentonici
	PC2	arricchimento di nutrienti, carico organico, sostanze prioritarie e inquinanti specifici, ridotto idrodinamismo	macroalghe, invertebrati bentonici
	PC3	arricchimento di nutrienti, carico organico, alterazione dei flussi	macroalghe, invertebrati bentonici
	PC4	sostanze prioritarie e inquinanti specifici arricchimento di nutrienti, carico organico	macroalghe, invertebrati bentonici
eualino confinato	EC	arricchimento di nutrienti, carico organico, erosione del substrato	macroalghe, invertebrati bentonici
eualino non confinato	ENC1	erosione del substrato, venericoltura, sostanze prioritarie e inquinanti specifici	invertebrati bentonici, fanerogame marine
	ENC2	sostanze prioritarie e inquinanti specifici, arricchimento di nutrienti e carico organico, erosione del substrato	macroalghe, fanerogame marine, invertebrati bentonici
	ENC3	arricchimento di nutrienti e carico organico, sostanze prioritarie e inquinanti specifici	macroalghe, invertebrati bentonici
	ENC4	arricchimento di nutrienti e carico organico, sostanze prioritarie e inquinanti specifici	macroalghe, invertebrati bentonici
polialino non confinato	PNC1	sostanze prioritarie e inquinanti specifici, erosione del substrato, arricchimento in nutrienti	macroalghe, invertebrati bentonici
	PNC2	sostanze prioritarie e inquinanti specifici, arricchimento nutrienti	macroalghe, invertebrati bentonici
Corpi idrici fortemente modificati	VLN	Ridotto idrodinamismo, eutrofizzazione, arricchimento di nutrienti e carico organico	macroalghe, invertebrati bentonici
	VLCS	Ridotto idrodinamismo, eutrofizzazione arricchimento di nutrienti e carico organico	macroalghe, invertebrati bentonici

In Tabella 25 sono riassunte le classificazioni dei Corpi Idrici della laguna di Venezia risultate dal monitoraggio di tali EQB effettuato nel 2023 e 2024. Nell'ultima colonna della tabella è riportata la classificazione dei Corpi Idrici lagunari derivante dall'applicazione del metodo previsto dal D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii., in recepimento alla Direttiva 2000/60/CE, ovvero di classificare con la classe più bassa risultante dai dati di monitoraggio degli EQB. In Figura 15 è rappresentata la mappa dei Corpi Idrici risultante da tale procedura.

Tabella 25. Classificazione dei Corpi Idrici della laguna (esclusi quelli fortemente modificati) secondo gli indici (MaQI e M-AMBI) dei singoli EQB (macrofite e macroinvertebrati bentonici) e come risultato complessivo derivante dall'applicazione del D.M. 260/2010. Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).

CI	Macroinvertebrati bentonici M-AMBI	Macrofite MaQI	Giudizio peggiore derivante dagli Elementi Biologici
EC	Scarso	Elevato	Scarso
ENC1	Buono	Elevato	Buono
ENC2	Sufficiente	Elevato	Sufficiente
ENC3	Scarso	Buono	Scarso
ENC4	Sufficiente	Buono	Sufficiente
PC1	Sufficiente	Buono	Sufficiente
PC2	Sufficiente	Buono	Sufficiente
PC3	Sufficiente	Buono	Sufficiente
PC4	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
PNC1	Sufficiente	Scarso	Scarso
PNC2	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente

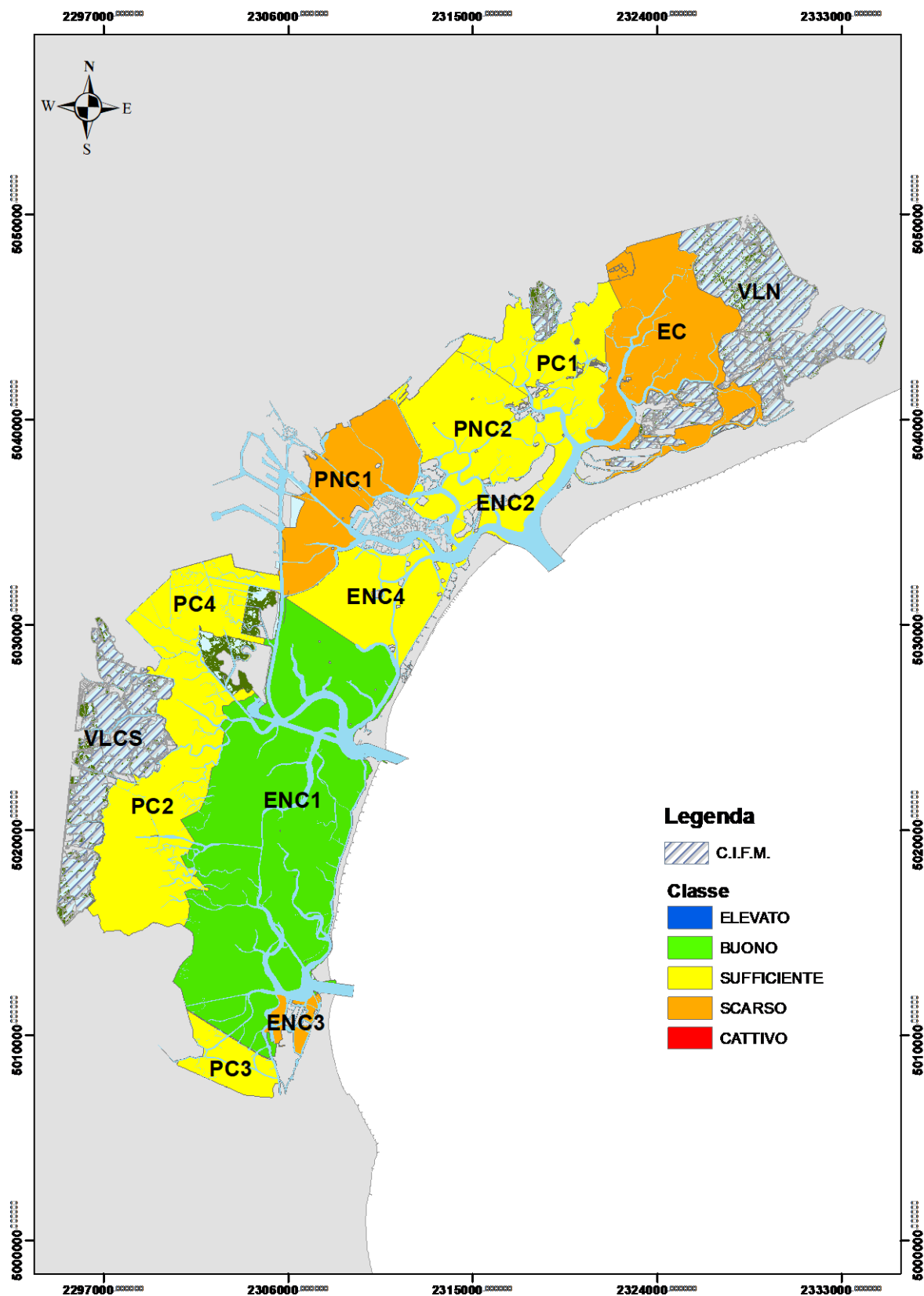


Figura 15. Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici della laguna di Venezia risultata dal giudizio peggiore derivante dagli EQB Macroalghe, Fanerogame e Macroinvertebrati bentonici.

5 CONCLUSIONI

In questo documento sono stati elaborati e valutati i risultati ad oggi disponibili del monitoraggio ecologico del triennio 2023-2025.

Nel 2023 sono stati eseguiti i campionamenti degli EQB macroalghe ed angiosperme, mentre i macroinvertebrati bentonici sono stati campionati nel 2024. Tali EQB sono stati scelti per il monitoraggio operativo dei corpi idrici della Laguna di Venezia poiché identificati come significativi delle pressioni che insistono in ciascun corpo idrico, come richiesto dalla normativa, e per i quali il D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. ha definito indici e RQE per la classificazione ecologica.

Dall'applicazione degli indici MaQI e M-AMBI, secondo la normativa vigente, emerge che, **un solo corpo idrico della Laguna di Venezia, ENC1, è risultato in stato buono.**

Sono risultati in stato scarso EC, ENC3 e PNC1, mentre sono risultati in stato sufficiente ENC2, ENC4, PC1, PC2, PC3 e PNC2. Nessun corpo idrico è risultato in stato cattivo o elevato.

La classificazione del macrozoobenthos, effettuata con l'indice M-AMBI è risultata peggiorativa, nel principio "One out-All-Out", rispetto a quella delle macrofite effettuata con l'indice MaQI, portando a un declassamento di tutti i CI. Il solo corpo idrico per cui l'indice MaQI ha determinato una classificazione peggiore rispetto a quella dell'indice M-AMBI è il PNC1.

Per quanto riguarda gli elementi di qualità fisico-chimica a supporto della classificazione ecologica, i dati riportati in questa relazione si riferiscono al monitoraggio stagionale eseguito nel 2023. I risultati non hanno permesso il calcolo delle medie del triennio necessario per il confronto con i limiti normativi, ma solo delle medie dell'annualità disponibile. Il confronto con i limiti di classe Buono/Sufficiente della normativa è stato ad ogni modo eseguito in via esplorativa ed ha evidenziato superamenti solo per il DIN. Il superamento come media del 2023 si è verificato per i CI EC, PC1, PC3, PC4, PNC2, VLCS e VLN. Per l'ortofosfato non si sono verificati superamenti.

Dalle analisi dei trend dei dati dei parametri chimico-fisici analizzati nell'acqua dal 2011 al 2023 è emerso che l'ortofosfato, così come il TDP, sono in diminuzione significativa in tutti i CI, fatta eccezione per VLN. Il DIN non mostra tendenze significative, mentre lo sono quelle di N-NH₄ e N-NO₂: il primo per i CI EC, ENC1, ENC2 ENC3, PC2 e PC3, il secondo per ENC1 e ENC3. I nitrati risultano in tendenza significativamente positiva solo in VLN, per gli altri CI i trend non sono significativi.

Tale analisi era stata proposta come approfondimento tematico sulle condizioni trofiche dei corpi idrici lagunari e da questo report in poi faranno parte delle elaborazioni a supporto della valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici lagunari per meglio comprenderne tendenze ed evoluzioni nel tempo e nello spazio.

Per completare la FASE I (integrazione tra elementi di qualità biologica ed elementi di qualità fisico-chimica a supporto) mancano i dati delle annualità 2024 e 2025 e delle condizioni di ossigenazione di tutto il triennio.

La classificazione ecologica dei corpi idrici della laguna di Venezia viene, infine, completata a seguito della Fase II ovvero dell'integrazione tra i risultati della Fase I con gli elementi chimici (altri inquinanti specifici).

6 BIBLIOGRAFIA

- Arar, E. J., Collins, G. B. 1997. Method 445.0: In vitro determination of chlorophyll *a* and pheophytin *a* in marine and freshwater algae by fluorescence. *Cincinnati: United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Exposure Research Laboratory*. Pagg: 22.
- Catalano B., Penna M., Riccato F., Fiorin R., Franceschini G., Antonini C., Zucchetta M., Cicero A.M., Franzoi P. 2017. Manuale per la classificazione dell'Elemento di Qualità Biologica "Fauna Ittica" nelle lagune costiere italiane - Applicazione dell'indice nazionale HFBI (Habitat Fish Bio-Indicator) ai sensi del D.Lgs 152/2006. *ISPRA, Manuali e Linee Guida*: Vol. 168/2017. (ISBN 978-88-448-0871-6)
- Borja A., Franco F., Valencia V., Bald J., Muxika I., Belzunce M.J., Solaun O. 2004. Implementation of the European Water Framework Directive from the Basque country (northern Spain): a methodological approach. *Marine Pollution Bulletin*, 48 (3-4): 209 – 218.
- Cicero A.M., Di Girolamo I. 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento. Programma di Monitoraggio per il controllo dell'Ambiente marino costiero (Triennio: 2001-2003). *Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM©ICRAM, Roma*.
- Elliott M., Quintino V. 2007. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin*, 5: 640 – 645.
- European Commission, 2013. Commission Decision of 20 September 2013 establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise and repealing Decision 2008/915/EC. *Official Journal of the European Union* L266/1, 47 pp. (notified under document C (2013) 5915).
- European Commission, 2018. Commission Decision of 12 February 2018 establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise and repealing Decision 2013/480/EU. *Official Journal of the European Union* L47/1, 91 pp. (notified under document C (2018) 696).
- Facca C., Bernardi-Aubry F., Socal G., Ponis E., Acri F., Bianchi F., Giovanardi F., Sfriso A., 2014. Description of a multimetric phytoplankton Index (MPI) for the assessment of transitional waters. *Marine Pollution Bulletin*, 79: 145 – 154.
- Hebert P.D., Cywinska A., Ball S.L., deWaard J.R., 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings: Biological Sciences*, 270 (1512): 313 – 321.
- ISPRA, 2011. Protocolli per il campionamento e la determinazione degli elementi di qualità biologica e fisico-chimica nell'ambito dei programmi di monitoraggio ex 2000/60/CE delle acque di transizione. *El-Pr-TW-Protocolli Monitoraggio-03.06*, pp: 34.

- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. *General System*, 3: 36 – 71.
- McLeod, A.I. (2011) Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test. Package for R Software, Version 2.2 16/05/2011.
- Mistri M., Munari C. 2008. BITS: A SMART indicator soft-bottom, non-tidal lagoons. *Marine Pollution Bulletin*, 56 (3): 587 – 599.
- Muxika I., Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 16 – 29.
- Pielou E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131 – 144.
- Sfriso, A. 2010. Macrophyte Quality Index (MaQI) per la valutazione dello stato ecologico dei sistemi di transizione dell'ecoregione-Mediterranea. In: Bonometto, A., Gennaro, P., Boscolo Brusà R. (Eds.). Linee Guida per l'applicazione del Macrophyte Quality Index (MaQI). *Implementazione della Direttiva (2000/60/CE)*. ISPRA, pp: 34.
- Sfriso A., Facca C., Bonometto A., Boscolo Brusà R. 2014. Compliance of the Macrophyte Quality Index (MaQI) with the WFD (2000/60/EC) and ecological status assessment in transitional areas: the Venice Lagoon as study case. *Ecological Indicators*, 46: 536 – 547.
- Sfriso A., Facca C., Ghetti P.F. 2007. Rapid Quality Index, based mainly on Macrophyte Associations (RMaQI), to assess the ecological status of the transitional environments. *Chemistry and Ecology*, 23 (6): 1 – 11.
- Sfriso A., Facca C., Ghetti P.F. 2009. Validation of the Macrophyte Quality Index (MaQI) set up to assess the ecological status of Italian marine transitional environments. *Hydrobiologia*, 617: 117 – 141.
- Shannon C.E., Weaver W., 1949. The mathematical theory of communication. *The University of Illinois Press*, Urbana, 117 pp.
- SIBM, 2008. Checklist della fauna marina italiana, Parte 1.
- SIBM, 2010. Checklist della fauna marina italiana, Parte 2.
- Van de Bund W., Poikane S. 2015. Water Framework Directive scientific and technical support related to ecological status - Summary report of JRC activities in 2015; EUR 27707 EN.
- WORMS - World Register of Marine Species. Available from <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2023-05-08.

ALLEGATO 1

Statistiche descrittive dei parametri analizzati nel 2023 per i quali non sono previste soglie.

		TDP (mg/l)							POC (mg/l)				
Corpo idrico	Anno	Media	Dev.St.	Minimo	Massimo	N	Corpo idrico	Anno	Media	Dev.St.	Minimo	Massimo	N
EC	2023	0.014	0.005	0.004	0.020	12	EC	2023	0.43	0.06	0.34	0.51	12
ENC1	2023	0.010	0.006	0.001	0.023	24	ENC1	2023	0.30	0.15	0.03	0.63	24
ENC2	2023	0.011	0.010	0.001	0.033	8	ENC2	2023	0.30	0.12	0.12	0.48	8
ENC3	2023	0.010	0.007	0.001	0.017	4	ENC3	2023	0.35	0.09	0.22	0.4	4
ENC4	2023	0.012	0.006	0.005	0.026	8	ENC4	2023	0.33	0.13	0.17	0.49	8
PC1	2023	0.020	0.014	0.003	0.054	12	PC1	2023	0.67	0.42	0.21	1.5	12
PC2	2023	0.013	0.004	0.007	0.019	12	PC2	2023	0.71	0.64	0.21	2.5	12
PC3	2023	0.013	0.007	0.003	0.018	4	PC3	2023	0.59	0.17	0.36	0.76	4
PC4	2023	0.022	0.012	0.008	0.036	4	PC4	2023	0.81	0.67	0.33	1.8	4
PNC1	2023	0.023	0.011	0.003	0.041	12	PNC1	2023	0.88	0.66	0.26	2.5	12
PNC2	2023	0.017	0.012	0.001	0.040	12	PNC2	2023	0.67	0.31	0.30	1.2	12
VLCS	2023	0.022	0.011	0.012	0.037	4	VLCS	2023	1.77	1.77	0.68	4.4	4
VLN	2023	0.017	0.004	0.012	0.021	4	VLN	2023	1.00	0.08	0.90	1.1	4

		SiO ₂ -- (mg/l)							TSS (mg/l)				
Corpo idrico	Anno	Media	Dev.St.	Minimo	Massimo	N	Corpo idrico	Anno	Media	Dev.St.	Minimo	Massimo	N
EC	2023	1.54	1.05	0.43	4.001	12	EC	2023	7.50	6.17	2.00	26	12
ENC1	2023	0.55	0.31	0.11	1.311	24	ENC1	2023	2.83	2.32	1.00	9	24
ENC2	2023	0.87	0.60	0.23	1.825	8	ENC2	2023	5.25	4.03	1.00	12	8
ENC3	2023	0.61	0.36	0.14	0.948	4	ENC3	2023	3.25	1.26	2.00	5	4
ENC4	2023	0.76	0.41	0.23	1.358	8	ENC4	2023	5.88	2.53	4.00	11	8
PC1	2023	2.31	1.37	0.45	5.418	12	PC1	2023	13.67	14.37	4.00	52	12
PC2	2023	1.12	0.72	0.26	2.702	12	PC2	2023	6.75	8.81	2.00	34	12
PC3	2023	1.22	1.00	0.28	2.643	4	PC3	2023	4.25	2.06	2.00	7	4
PC4	2023	1.70	0.38	1.37	2.174	4	PC4	2023	11.25	6.13	7.00	20	4
PNC1	2023	1.51	1.00	0.16	3.181	12	PNC1	2023	20.08	17.00	5.00	54	12
PNC2	2023	1.72	1.19	0.18	4.427	12	PNC2	2023	16.58	12.15	3.00	39	12
VLCS	2023	1.16	1.06	0.21	2.28	4	VLCS	2023	12.25	12.07	3.00	30	4
VLN	2023	1.20	1.45	0.18	3.35	4	VLN	2023	12.25	6.40	3.00	17	4

		Clorofilla (µg/l)							Feopigmenti (µg/l)				
Corpo idrico	Anno	Media	Dev.St.	Minimo	Massimo	N	Corpo idrico	Anno	Media	Dev.St.	Minimo	Massimo	N
EC	2023	1.03	0.35	0.48	1.74	12	EC	2023	0.95	0.72	0.18	2.86	12
ENC1	2023	0.90	0.91	0.16	4.41	24	ENC1	2023	0.97	1.33	0.00	5.21	24
ENC2	2023	0.50	0.35	0.00	1	8	ENC2	2023	0.97	0.70	0.08	2.26	8
ENC3	2023	1.38	0.95	0.80	2.8	4	ENC3	2023	1.91	2.46	0.37	5.57	4
ENC4	2023	0.51	0.47	0.00	1.12	8	ENC4	2023	1.06	0.93	0.06	2.63	8
PC1	2023	2.05	1.64	0.20	4.67	12	PC1	2023	1.10	1.05	0.00	3.5	12
PC2	2023	2.59	2.19	0.40	8.01	12	PC2	2023	3.84	6.18	0.00	16.91	12
PC3	2023	2.02	1.85	0.00	4.49	4	PC3	2023	5.02	6.67	1.42	15.01	4
PC4	2023	2.03	2.22	0.20	5.24	4	PC4	2023	2.36	2.79	0.40	6.41	4
PNC1	2023	2.52	2.92	0.00	8.9	12	PNC1	2023	1.71	1.70	0.00	5.52	12
PNC2	2023	1.73	2.36	0.00	8.22	12	PNC2	2023	1.65	1.36	0.00	3.91	12
VLCS	2023	6.69	10.09	1.14	21.81	4	VLCS	2023	1.99	1.42	0.53	3.34	4
VLN	2023	1.66	1.11	0.48	2.8	4	VLN	2023	2.05	1.26	0.53	3.48	4

		TPN (mg/l)				
Corpo idrico	Anno	Media	Dev.St.	Minimo	Massimo	N
EC	2023	0.07	0.01	0.05	0.08	12
ENC1	2023	0.04	0.02	0.02	0.08	24
ENC2	2023	0.04	0.02	0.02	0.07	8
ENC3	2023	0.05	0.02	0.02	0.07	4
ENC4	2023	0.05	0.03	0.02	0.08	8
PC1	2023	0.10	0.06	0.02	0.22	12
PC2	2023	0.10	0.08	0.03	0.27	12
PC3	2023	0.09	0.03	0.05	0.12	4
PC4	2023	0.11	0.10	0.04	0.26	4
PNC1	2023	0.13	0.10	0.02	0.37	12
PNC2	2023	0.10	0.04	0.05	0.18	12
VLCS	2023	0.25	0.26	0.09	0.63	4
VLN	2023	0.13	0.02	0.11	0.16	4

		DOC (mg/l)				
Corpo idrico	Anno	Media	Dev.St.	Minimo	Massimo	N
EC	2023	2.8	1.3	1.6	6.2	12
ENC1	2023	2.1	0.8	1.3	4.3	24
ENC2	2023	2.0	1.0	1.2	4.3	8
ENC3	2023	2.0	0.7	1.5	2.9	4
ENC4	2023	1.9	0.8	1.1	3.4	8
PC1	2023	2.4	0.8	1.3	4	12
PC2	2023	2.9	1.3	1.5	6	12
PC3	2023	3.2	1.4	1.3	4.5	4
PC4	2023	2.5	0.7	1.8	3.3	4
PNC1	2023	2.4	0.9	1.5	4.2	12
PNC2	2023	2.4	1.0	1.2	4.8	12
VLCS	2023	4.4	1.5	3.6	6.6	4
VLN	2023	5.9	2.6	3.9	9.5	4

		TDN (mg/l)				
Corpo idrico	Anno	Media	Dev.St.	Minimo	Massimo	N
EC	2023	0.57	0.48	0.20	1.89	12
ENC1	2023	0.28	0.11	0.12	0.46	24
ENC2	2023	0.32	0.18	0.16	0.62	8
ENC3	2023	0.34	0.25	0.11	0.68	4
ENC4	2023	0.32	0.12	0.20	0.48	8
PC1	2023	0.97	0.68	0.21	2.46	12
PC2	2023	0.53	0.19	0.24	0.87	12
PC3	2023	1.06	1.10	0.22	2.61	4
PC4	2023	0.77	0.19	0.52	0.93	4
PNC1	2023	0.55	0.31	0.24	1.21	12
PNC2	2023	0.67	0.51	0.13	1.95	12
VLCS	2023	0.96	0.21	0.73	1.20	3
VLN	2023	1.19	0.19	1.02	1.43	4

		Solfuri liberi (mg/l)		
Corpo idrico	Anno	Media	Dev.St.	N
EC	2023	<0.1	NC	12
ENC1	2023	<0.1	NC	24
ENC2	2023	<0.1	NC	8
ENC3	2023	<0.1	NC	4
ENC4	2023	<0.1	NC	8
PC1	2023	<0.1	NC	12
PC2	2023	<0.1	NC	12
PC3	2023	<0.1	NC	4
PC4	2023	<0.1	NC	4
PNC1	2023	<0.1	NC	12
PNC2	2023	<0.1	NC	12
VLCS	2023	<0.1	NC	4
VLN	2023	<0.1	NC	4