

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

**FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DELLO STATO ECOLOGICO**

DECRETO LEGISLATIVO N. 152/2006 e s.m.i.

## **Valutazione dei dati acquisiti nel monitoraggio ecologico 2011-2012 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)

Monitoraggio ed elaborazioni per gli EQB effettuate in collaborazione con



Giugno 2013



## **ISPRA**

Responsabile Scientifico

Dott. Massimo Gabellini

### **Ricercatore Incaricato**

Dott.ssa Rossella Boscolo Brusà

### **Referenti Tecnici**

Dott.ssa Federica Cacciatore

Dott.ssa Daniela Berto

Ing. Andrea Bonometto

### **Staff Tecnico**

Dott.ssa Camilla Antonini

Dott.ssa Federica Oselladore

Dott. Emanuele Ponis

Dott. Federico Rampazzo

## **ARPAV**

Area Tecnico Scientifica

Dott. Paolo Rocca

### **Servizio Osservatorio Acque Marine e Lagunari**

Dott. Paolo Parati

### **Referenti Tecnici**

Dott.ssa Manuela Benzoni

Dott. Daniele Bon

Dott.ssa Alessandra Girolimetto

Ing. Marta Novello

## INDICE

1	PREMESSA .....	1
2	INTRODUZIONE .....	3
3	MONITORAGGIO OPERATIVO.....	5
3.1	Macroinvertebrati bentonici .....	8
3.1.1	Rete di monitoraggio.....	8
3.1.2	Campionamento e analisi.....	9
3.1.3	Indice per la classificazione dello stato ecologico: M-AMBI .....	9
3.1.4	Indice per la classificazione dello stato ecologico: BITS.....	15
3.2	Macrofite .....	19
3.2.1	Rete di monitoraggio.....	19
3.2.2	Campionamento e analisi.....	20
3.2.3	Indice per la classificazione dello stato ecologico: MaQI.....	20
3.2.4	Descrizione generale dello stato dei corpi idrici .....	26
3.3	Elementi di qualità fisico-chimica a supporto della classificazione ecologica: Elementi generali ..	28
3.3.1	Rete di monitoraggio.....	28
3.3.2	Parametri.....	31
3.3.3	Campionamento.....	32
3.3.4	Specifiche per l'esecuzione delle analisi .....	33
3.3.5	Confronto con i limiti di classe Buono/Sufficiente: Fosforo reattivo (P-PO <sub>4</sub> ) e Azoto inorganico disciolto (DIN).....	34
3.3.6	Condizioni di ossigenazione .....	38
4	PRIMA IDENTIFICAZIONE DELLO STATO ECOLOGICO AI SENSI DEL D.M. 260/2010 .....	42
4.1	Elementi di Qualità Biologica.....	42
4.1.1	FASE I: Integrazione tra elementi di qualità biologica ed elementi di qualità fisico-chimica a supporto.....	45
5	MONITORAGGIO ADDIZIONALE .....	47

5.1	Fitoplancton.....	50
5.1.1	Rete di monitoraggio.....	50
5.1.2	Campionamento e analisi.....	50
5.1.3	Proposta di applicazione dell'indice MPI .....	51
5.2	Fauna Ittica .....	55
5.2.1	Rete di monitoraggio.....	55
5.2.2	Campionamento e analisi.....	55
5.2.3	Proposta di applicazione dell'indice HFI modificato .....	56
5.3	Macroinvertebrati Bentonici .....	60
5.3.1	Rete di monitoraggio.....	60
5.3.2	M-AMBI e BITS .....	60
5.4	Macrofite .....	63
5.4.1	Rete di monitoraggio.....	63
5.4.2	MaQI.....	63
5.5	Risultati del Monitoraggio Addizionale .....	65
6	CONCLUSIONI .....	67
7	BIBLIOGRAFIA .....	69

## 1 PREMESSA

In data 31 gennaio 2013 è stato sottoscritto l'Accordo di Collaborazione tra ISPRA e ARPAV, nell'ambito del Protocollo d'Intesa del 27 aprile 2012. In risposta a quanto richiesto all'Art. 2.2 punto b) e all'Art. 2.3 punto a) del suddetto Accordo, in questo documento viene illustrata la **valutazione dei dati acquisiti nel monitoraggio ecologico 2011-2012 (elementi di qualità fisico-chimica e chimica, ad esclusione delle sostanze non prioritarie della colonna d'acqua a supporto dello stato ecologico, elementi di qualità biologica) ai fini della classificazione ecologica dei corpi idrici lagunari.**

Per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici della Laguna di Venezia ai sensi della Direttiva 2000/60/CE, ARPAV e ISPRA hanno predisposto a novembre 2010 un Piano di monitoraggio degli Elementi di Qualità Biologica, intitolato "Aggiornamento del Piano di monitoraggio della laguna di Venezia ai sensi della Direttiva 2000/60/CE finalizzato alla definizione dello stato ecologico", di seguito "Piano di monitoraggio (2010)" (inviato da ARPAV a Regione Veneto e a Ministero Ambiente il 18/11/2010, prot. n° 140560). Tale aggiornamento di piano rispondeva alle richieste della Regione Veneto (lettera della Regione del Veneto del 21/09/2010, prot. n° 494944/17.08) e di cui ha preso atto la Direzione Generale per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (lettera del MATTM del 25/10/2010, prot. n° 26993/TRI/DI), in merito alla necessità di aggiornare la proposta di "Piano di Monitoraggio della Laguna di Venezia ai sensi della Direttiva 2000/60/CE finalizzato alla definizione dello stato ecologico" presentata a febbraio 2009. La proposta di piano del 2009 era stata infatti predisposta da ISPRA e ARPAV in data antecedente all'emanazione del Decreto Ministeriale n. 56 del 14 aprile 2009<sup>1</sup> e prima dell'adozione, avvenuta in data 24 febbraio 2010 da parte dei Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico e dell'Adige in seduta congiunta, del "Piano di Gestione del Distretto Idrografico Alpi Orientali" di cui il "Piano di Gestione della sub unità idrografica Bacino Scolante, Laguna di Venezia e mare antistante" è parte integrante.

Il monitoraggio per la definizione dello stato ecologico per il triennio 2010-2012 ha avuto inizio a maggio 2011 su incarico della Regione Veneto e sotto la supervisione e presidio di ARPAV e di ISPRA.

---

<sup>1</sup> Regolamento recante "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante 'Norme in materia ambientale', predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo"



CORILA con i propri consorziati (CNR di Venezia e Università Ca' Foscari di Venezia) ha attuato le fasi di campionamento, analisi tassonomica e chimica, e stesura delle relazioni per tutti gli EQB monitorati e per la natura e composizione del sedimento (elemento a supporto della classificazione ecologica).

ARPAV ha partecipato alle attività di campo collaborando al campionamento.

ISPRA, su richiesta della Direzione Regionale Progetto Venezia (nota prot. N°91332 del 23/02/2011) e della Direzione Generale di ARPAV (nota prot. N° 51103 del 28/04/2011), ha partecipato alle attività di coordinamento e affiancamento ad ARPAV nelle attività di monitoraggio, nella verifica ed elaborazione dei dati e nella fase di condivisione e partecipazione ai tavoli tecnici per la valutazione dei risultati. ISPRA ha eseguito inoltre da febbraio 2011 a dicembre 2012 il campionamento e le analisi degli elementi chimico fisici della colonna d'acqua a supporto della classificazione ecologica. Da maggio 2011 tali campionamenti sono stati eseguiti in concomitanza con i prelievi effettuati per l'EQB fitoplancton, in ottemperanza a quanto richiesto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i..

## 2 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. Ai sensi della Direttiva e della normativa nazionale di recepimento (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.) è stato pertanto applicato il monitoraggio operativo a tutti i corpi idrici lagunari.

Il Piano di monitoraggio (2010) predisposto da ISPRA e ARPAV prevedeva 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 **tutti e 5 gli EQB: Macroalghe, Fanerogame, Macroinvertebrati bentonici, 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 s.m.i.) 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 s.m.i., come utili ai fini interpretativi;
- Elementi chimici a sostegno (altre sostanze non appartenenti all'elenco di priorità).

Fermo restando la disposizione di cui alla lettera A.1 del punto 2 del D.M. 260/2010, che definisce gli elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico per le acque di transizione, il suddetto Decreto Ministeriale riporta all'art.4.4. le metriche e/o gli indici da utilizzare per i seguenti elementi di qualità biologica:

- Macroalghe
- Fanerogame

- Macroinvertebrati bentonici.

Le misure dei parametri fisico-chimici della colonna d'acqua rientrano propriamente fra gli elementi a supporto dei parametri biologici. Il D.M. 260/2010 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-PO<sub>4</sub>);
- Ossigeno disciolto.

Per ciascuno di questi tre elementi il D.M. 260/2010 definisce un limite di classe Buono/Sufficiente (cfr. tabella 4.4.2/a del D.M.260/2010).

### 3 MONITORAGGIO OPERATIVO

I criteri per la selezione delle stazioni per ogni EQB sono discussi in dettaglio nel Piano di monitoraggio (2010), dove per ogni habitat è stato definito lo sforzo di campionamento (numero di stazioni, frequenza di campionamento/anno, numero di stazioni di campionamento da effettuare all'anno), di cui si riporta la tabella riassuntiva (Tabella 1). 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.

**Tabella 1. Sforzo di campionamento (\ = habitat con superficie inferiore al 20% della superficie totale del corpo idrico di appartenenza)**

TIPO	CODICE	km <sup>2</sup>	MACROINVERTEBRATI BENTONICI			MACROFITE n° stazioni
			habitat	km <sup>2</sup>	n° stazioni	
polialino confinato	PC1	18	fango + fondale nudo	16,6	5	9
			fango + macroalghe	1,4	\	
	PC2	37	fango + fondale nudo	34,8	8	12
	PC3	7	fango + macroalghe	1,6	2	6
		fango + fondale nudo	5,2	3		
PC4	10	fango + fondale nudo	10	4	7	
eualino confinato	EC	40	fango + macroalghe	1,2	\	13
			fango + fondale nudo	38,8	9	
eualino non confinato	ENC1	106	sabbia + macrofite	34,7	8	22
			sabbia + fondale nudo	1,6	\	
			fango + macrofite	20	6	
			fango + fondale nudo	49,7	10	
	ENC2	10	sabbia+fondale nudo	4	2	7
		fango + fondale nudo	4	2		
ENC3	3	sabbia + macroalghe	1	3	3	
ENC4	24	fango + fondale nudo	22	6	10	
polialino non confinato	PNC1	28	fango + fondale nudo	27,5	7	11
	PNC2	25	fango + macroalghe	6,1	3	10
		fango + fondo nudo	18,5	5		
fortemente modificati	VLN		Fango + fondale nudo		2	1
	VLS		Fango + fondale nudo		2	1
TOTALE n° STAZIONI					87	112
frequenza annuale di campionamento					1	2
n° stazioni x frequenza annuale di campionamento					87	224

**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.**

stazione	x	y	EQB
Corpo Idrico Eualino Confinato EC			
EC_1	2325056	5047735	MMF/B
EC_10	2322967	5046569	MMF
EC_11	2322978	5043162	MMF
EC_12	2325457	5045569	MMF
EC_2	2325228	5044097	MMF/B
EC_3	2323894	5045728	MMF/B
EC_4	2327230	5044822	MMF/B
EC_5	2322272	5044634	MMF/B
EC_6	2321944	5043022	MMF/B
EC_7	2327717	5040396	MMF/B
EC_8	2322078	5040210	MMF/B
EC_9	2325201	5042278	MMF
EC_Ve-8	2323743	5042182	MMF/B
Corpo Idrico Eualino Non Confinato ENC1			
ENC1_15	2308670	5019983	MMF/B
ENC1_1	2309391	5022175	MMF/B
ENC1_10	2307304	5023278	MMF/B
ENC1_11	2304755	5022196	B
ENC1_12	2306555	5022592	MMF/B
ENC1_13	2302712	5021457	MMF/B
ENC1_14	2306486	5020513	B
ENC1_16	2306471	5018762	MMF/B
ENC1_17	2301708	5019550	MMF/B
ENC1_18	2303130	5016740	MMF/B
ENC1_19	2307952	5016926	MMF/B
ENC1_2	2305813	5013339	MMF/B
ENC1_20	2302992	5014348	B
ENC1_21	2304385	5015425	MMF/B
ENC1_22	2307030	5014209	MMF/B
ENC1_23	2304621	5011806	MMF
ENC1_24	2303881	5013027	MMF

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/B
ENC1_9	2305664	5026434	MMF/B
ENC1_FI	2307650	5025604	MMF/B
ENC1_VS	2305560	5017509	MMF
ENC1_VS	2305545	5017438	B
Corpo Idrico Eualino Non Confinato ENC2			
ENC2_1	2317348	5035381	MMF/B
ENC2_2	2315617	5035573	MMF/B
ENC2_3	2314262	5034789	MMF/B
ENC2_4	2314065	5037033	MMF
ENC2_5	2313075	5035660	MMF
ENC2_6	2318998	5037509	MMF
ENC2_VG	2314676	5036743	MMF/B
Corpo Idrico Eualino Non Confinato ENC3			
ENC3_1	2305538	5010881	MMF/B
ENC3_2	2306606	5009932	MMF/B
ENC3_CH	2307093	5011256	MMF/B
Corpo Idrico Eualino Non Confinato ENC4			
ENC4_1	2312798	5031519	MMF/B
ENC4_2	2311146	5032813	MMF/B
ENC4_3	2312752	5032347	MMF/B
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_Ve-6	2310582	5031242	MMF/B

Corpo Idrico Polialino Confinato PC1			
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_5	2321240	5045419	MMF
PC1_6	2320405	5043291	MMF
PC1_7	2319284	5041856	MMF
PC1_8	2320553	5040515	MMF
Corpo Idrico Polialino Confinato PC2			
PC2_1	2300377	5023162	MMF/B
PC2_10	2299519	5020510	MMF
PC2_16B	2299280	5019185	MMF/B
PC2_2	2301501	5026784	MMF/B
PC2_3	2299958	5021762	MMF/B
PC2_4	2297076	5019101	MMF/B
PC2_5	2299046	5017235	MMF/B
PC2_6	2300210	5016937	MMF/B
PC2_7	2302099	5023815	MMF
PC2_8	2300572	5027817	MMF
PC2_9	2300295	5024925	MMF
PC2_CC	2300247	5025863	MMF/B
Corpo Idrico Polialino Confinato PC3			
PC3_1	2303002	5009757	MMF/B
PC3_2	2304835	5008577	MMF/B
PC3_4	2302854	5007781	MMF/B
PC3_5	2304561	5007724	MMF/B
PC3_6	2303593	5007471	MMF
PC3_VDB	2303924	5008122	MMF/B
Corpo Idrico Polialino Confinato PC4			
PC4_1	2300154	5028954	MMF/B
PC4_10B	2301587	5031628	MMF/B
PC4_2	2300779	5029699	MMF/B
PC4_3	2302602	5029511	MMF/B

PC4_4	2302605	5030957	MMF
PC4_5	2301773	5030072	MMF
PC4_6	2301889	5032599	MMF
Corpo Idrico Polialino Non Confinato PNC1			
PNC1_1	2311459	5037837	MMF/B
PNC1_2	2310382	5039761	MMF/B
PNC1_3	2307917	5036990	MMF/B
PNC1_4	2307021	5034876	MMF/B
PNC1_5	2306203	5033856	MMF/B
PNC1_6	2308467	5038935	MMF
PNC1_7	2308270	5036187	MMF
PNC1_7B	2308338	5038011	MMF/B
PNC1_8	2308393	5034399	MMF
PNC1_9	2308038	5033508	MMF
PNC1_Ve-1	2306701	5032556	MMF/B
Corpo Idrico Polialino Non Confinato PNC2			
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_8	2315241	5040504	MMF
PNC2_9	2314880	5038872	MMF
PNC2_SG	2315953	5038555	MMF/B
Corpo Idrico Fortemente modificato VLCS			
VLCS_2	2296439	5021080	B
VLCS_VLS	2299393	5023610	MMF/B
Corpo Idrico Fortemente modificato VLN			
VLN_VLN1	2326873	5047729	MMF/B
VLN_VLN2	2329761	5040556	B



### **3.1.2 Campionamento e analisi**

I campioni di macrozoobenthos sono stati raccolti con una benna Ekman-Birge di superficie 15 x 15 cm (225 cm<sup>2</sup>), in grado di penetrare il sedimento verticalmente fino a circa 15 cm. Per ciascuna stazione sono state prelevate 3 repliche, con una superficie di presa complessiva pari a 0.0675 m<sup>2</sup>. Le tre aliquote di sedimento sono state quindi setacciate separatamente con un setaccio di 1 mm di maglia. Il materiale trattenuto dal setaccio è stato raccolto in calze a maglia di 250 micron e quindi trasferito in contenitori di plastica ed immerso in alcol etilico al 70% quale soluzione conservante.

I macroinvertebrati sono stati inizialmente suddivisi per macrogruppi tassonomici (molluschi, crostacei, policheti, etc.) e quindi sottoposti a classificazione più fine da tecnici laureati, specializzati nei diversi settori della sistematica. Per ogni campione è stato compilato un referto di laboratorio contenente una tabella riassuntiva riportante, per ogni unità tassonomica, i valori di abbondanza (numero di individui).

I dati sono stati ordinati e conformati al sinonimo presente nella Checklist della Fauna marina italiana, pubblicata dalla Società Italiana di Biologia Marina (SIBM, 2008, 2010) ad aggiornamento della Checklist delle specie della Fauna italiana (Minelli et al., 1995). In caso di specie non contemplate dalla checklist italiana ci si è attenuti al World Register of Marine Species (WORMS, 2012). La checklist italiana è stata utilizzata anche come riferimento sistematico. L'utilizzo del termine qualificatore "sp." indica l'identificazione del taxon al livello di genere.

Le abbondanze sono state suddivise tra i seguenti taxa i quali presentano significato funzionale: i crostacei Amphipoda, Decapoda, Isopoda e Tanaidacea, i molluschi Bivalvia e Gastropoda, i policheti Errantia e Sedentaria, e gli altri gruppi riuniti assieme in *Animalia caetera* (AC). Questi gruppi sono i più importanti in termini di abbondanze o numero di specie. Sedentaria e Errantia sono gruppi sistematici non più ritenuti validi che però mantengono un significato ecologico.

Per cinque taxa, rappresentati per lo più da animali con forme coloniali o incrostanti (poriferi, ascidiacei coloniali *Botrylloides* sp. e *Botryllus schlosseri*, briozoi *Tricellaria inopinata* e *Bowerbankia imbricata*) il numero di individui è risultato di problematica determinazione, pertanto è stato fornito il valore di ricoprimento (cm<sup>2</sup>). Per rendere i valori comparabili con le abbondanze, per ciascun taxon è stata eseguita una conversione empirica tra ricoprimento e numero di individui, dividendo le coperture rilevate nelle varie stazioni per il valore minimo rilevato.

### **3.1.3 Indice per la classificazione dello stato ecologico: M-AMBI**

L'indice M-AMBI è un indice multivariato che deriva da una evoluzione dell'AMBI (BC), con l'Indice di diversità di Shannon-Wiener (H') ed il numero di specie (S).

Richiede dei valori di riferimento predefiniti relativi ad 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 medesimo D.M. 260/2010 in funzione del tipo di corpo idrico (vedi Tab. 3). L'indice M-AMBI produce direttamente un valore di ROE (rapporto di qualità ecologica) compreso tra 0 ed 1, in base alla proiezione del campione lungo la retta identificata dai riferimenti nello spazio multi-dimensionale (a tre dimensioni) dei "fattori". Alla base di questo indice c'è un ampio database di taxa ai quali è stato assegnato un gruppo ecologico sulla base delle loro sensibilità all'arricchimento in sostanza organica e alle strategie adattative. Per il calcolo dell'indice è stato utilizzato il software gratuito applicato con l'ultimo aggiornamento disponibile della lista delle specie (<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

In Tabella 4 sono riportati i valori delle 87 stazioni secondo l'indice M-AMBI e la rispettiva classificazione secondo l'EQB Macroinvertebrati bentonici per la campagna primaverile.

Per l'applicazione degli indici alle stazioni appartenenti ai CI fortemente modificati sono stati utilizzati i valori di riferimento tipo-specifici relativi al macrotipo più affine. Nel caso specifico dei macroinvertebrati bentonici è stato quindi utilizzato il Macrotipo M-AT-1 (Laguna costiera non tidale).

**Tabella 4. Risultati dell'indice M-AMBI e relativa classificazione di ciascuna stazione di campionamento dell'EQB Macroinvertebrati bentonici. Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).**

CI	ID Stazione	M-AMBI	Classe	CI	ID Stazione	M-AMBI	Classe
EC	EC_01	0.61	Sufficiente	ENC4	ENC4_04	0.67	Sufficiente
EC	EC_02	0.37	Cattivo	ENC4	ENC4_05	0.52	Scarso
EC	EC_03	0.61	Sufficiente	ENC4	ENC4_Ve6	0.8	Buono
EC	EC_04	0.48	Scarso	PC1	PC1_02	0.89	Buono
EC	EC_05	0.7	Sufficiente	PC1	PC1_02	0.57	Scarso
EC	EC_06	0.69	Sufficiente	PC1	PC1_03	0.72	Buono
EC	EC_07	0.41	Cattivo	PC1	PC1_04	0.29	Cattivo
EC	EC_08	0.41	Cattivo	PC1	PC1_B01	0.59	Sufficiente
EC	EC_Ve8	0.57	Scarso	PC2	PC2_01	0.95	Buono
ENC1	ENC1_01	0.77	Buono	PC2	PC2_02	0.78	Buono
ENC1	ENC1_02	0.88	Buono	PC2	PC2_03	0.97	Elevato
ENC1	ENC1_03	0.58	Sufficiente	PC2	PC2_04	0.58	Sufficiente
ENC1	ENC1_04	0.74	Buono	PC2	PC2_05	0.68	Sufficiente
ENC1	ENC1_05	0.48	Scarso	PC2	PC2_06	0.86	Buono
ENC1	ENC1_06	0.76	Buono	PC2	PC2_B16	0.52	Scarso
ENC1	ENC1_07	0.54	Scarso	PC2	PC2_CC	0.58	Sufficiente
ENC1	ENC1_08	0.75	Buono	PC3	PC3_01	0.64	Sufficiente
ENC1	ENC1_09	0.76	Buono	PC3	PC3_02	0.53	Scarso
ENC1	ENC1_10	0.82	Buono	PC3	PC3_04	0.7	Sufficiente
ENC1	ENC1_11	0.84	Buono	PC3	PC3_05	0.7	Sufficiente
ENC1	ENC1_12	0.9	Buono	PC3	PC3_VDB	0.86	Buono
ENC1	ENC1_13	0.66	Sufficiente	PC4	PC4_01	0.76	Buono
ENC1	ENC1_14	0.84	Buono	PC4	PC4_02	0.67	Sufficiente
ENC1	ENC1_15	0.75	Buono	PC4	PC4_03	0.59	Sufficiente
ENC1	ENC1_16	0.63	Sufficiente	PC4	PC4_B10	0.76	Buono

CI	ID Stazione	M-AMBI	Classe	CI	ID Stazione	M-AMBI	Classe
ENC1	ENC1_17	0.55	Scarso	PNC1	PNC1_01	0.57	Scarso
ENC1	ENC1_18	0.69	Sufficiente	PNC1	PNC1_02	0.63	Sufficiente
ENC1	ENC1_19	0.8	Buono	PNC1	PNC1_03	0.56	Scarso
ENC1	ENC1_20	0.7	Sufficiente	PNC1	PNC1_04	0.71	Sufficiente
ENC1	ENC1_21	0.92	Buono	PNC1	PNC1_05	0.5	Scarso
ENC1	ENC1_22	0.82	Buono	PNC1	PNC1_B07	0.44	Cattivo
ENC1	ENC1_FI	0.95	Buono	PNC1	PNC1_Ve1	0.68	Sufficiente
ENC1	ENC1_VS	0.62	Sufficiente	PNC2	PNC2_01	0.53	Scarso
ENC2	ENC2_01	0.74	Buono	PNC2	PNC2_02	0.46	Cattivo
ENC2	ENC2_02	0.65	Sufficiente	PNC2	PNC2_03	0.44	Cattivo
ENC2	ENC2_03	0.48	Scarso	PNC2	PNC2_04	0.54	Scarso
ENC2	ENC2_VG	0.68	Sufficiente	PNC2	PNC2_05	0.77	Buono
ENC3	ENC3_01	0.58	Sufficiente	PNC2	PNC2_06	0.86	Buono
ENC3	ENC3_02	0.5	Scarso	PNC2	PNC2_07	0.74	Buono
ENC3	ENC3_CH	0.72	Buono	PNC2	PNC2_SG	0.96	Buono
ENC4	ENC4_01	0.58	Sufficiente	VLCS	VLCS_02	0.67	Sufficiente
ENC4	ENC4_02	0.45	Cattivo	VLCS	VLCS_VLS	0.52	Scarso
ENC4	ENC4_03	0.73	Buono	VLN	VLN_VLN1	0.83	Buono
				VLN	VLN_VLN2	0.72	Buono

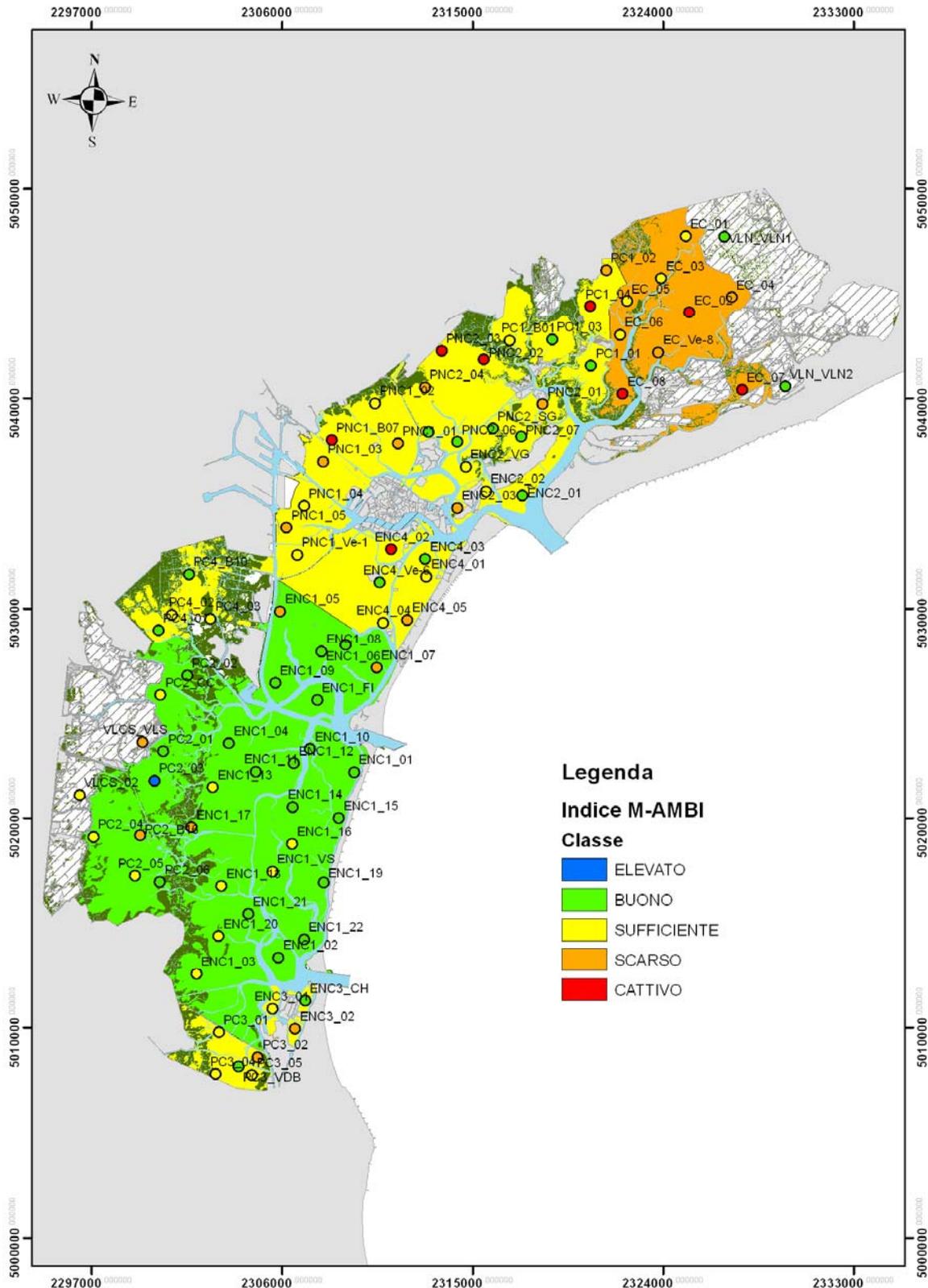
La Tabella 5 riporta per ogni CI (esclusi quelli "fortemente modificati") i valori di ROE e la classificazione nelle cinque classi di qualità calcolati come media aritmetica dei ROE risultati per l'indice M-AMBI per ciascuna stazione. Sono stati esclusi dalla classificazione i CI "fortemente modificati" VLN e VLCS, ovvero le valli da pesca, per i quali si dispone di un numero di stazioni non sufficiente a classificare l'intero corpo idrico. L'indagine sui corpi idrici fortemente modificati VLN e VLCS è stata infatti eseguita a titolo esplorativo.

Il risultato della media aritmetica degli indici per CI è stato confrontato con l'applicazione di una media pesata sulla base della superficie degli habitat corrispondenti alle zone geomorfologiche per ogni CI. I due valori presentavano elevata correlazione ed un'attribuzione delle classi di qualità sostanzialmente identica. Si è ritenuto pertanto di mantenere il risultato ottenuto con la media aritmetica.

La classificazione basata sull'indice M-AMBI attribuisce a 8 CI su 11 la classe SUFFICIENTE. Solo il CI EC (Palude Maggiore) viene classificato come SCARSO, mentre un giudizio BUONO è attribuito al CI non confinato ENC1 e a quello confinato PC2, corrispondenti rispettivamente alla vasta estensione della laguna aperta dei bacini di Malamocco e Chioggia ed alle paludi direttamente retrostanti, quale Valle Millecampi. In Figura 2 è riportata la cartografia secondo l'indice M-AMBI.

**Tabella 5. Media semplice dei RQE per M-AMBI calcolata su ciascuno dei CI (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).**

CI	M-AMBI	Classe
EC	0.54	Scarso
ENC1	0.74	Buono
ENC2	0.64	Sufficiente
ENC3	0.6	Sufficiente
ENC4	0.62	Sufficiente
PC1	0.61	Sufficiente
PC2	0.74	Buono
PC3	0.69	Sufficiente
PC4	0.7	Sufficiente
PNC1	0.58	Sufficiente
PNC2	0.66	Sufficiente



**Figura 2. Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici della laguna di Venezia risultante dall'applicazione dell'indice M-AMBI all'EQB Macroinvertebrati bentonici. È presentata anche la classificazione delle singole stazioni (N=87). Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).**

### 3.1.4 Indice per la classificazione dello stato ecologico: BITS

Il D.M. 260/2010 prevede che per l'EQB macroinvertebrati bentonici, ai fini della classificazione dello stato di qualità venga applicato l'indice M-AMBI e facoltativamente anche l'indice BITS.

L'indice BITS (vedi anche <http://www.bits.unife.it/>) è basato sul concetto di sufficienza tassonomica, per cui la classe di sensibilità/tolleranza è associata al livello tassonomico di famiglia (in alcuni casi superiore). La formula di calcolo dell'indice è la seguente:

$$\text{BITS} = \log[(6fI + fII)/(fIII + 1) + 1] + \log[nI/(nII + 1) + nI/(nIII + 1) + 0.5nII/(nIII + 1) + 1]$$

in cui  $nI$ ,  $nII$ ,  $nIII$  sono il numero di famiglie appartenenti ai tre gruppi ecologici (sensibili, tolleranti, opportuniste) e  $fI$ ,  $fII$ ,  $fIII$  sono le percentuali del numero di individui appartenenti alle famiglie di ciascuno dei tre gruppi ecologici rispetto all'abbondanza totale. L'indice BITS considera quindi anche un valore di "ricchezza tassonomica" (in termini di numero di famiglie) dei gruppi ecologici.

Anche il valore di BITS deve essere poi normalizzato sulla base dei valori di riferimento tipo-specifici riportati in Tabella 3.

In Tabella 6 sono riportati i valori delle 87 stazioni secondo l'indice BITS e la rispettiva classificazione secondo l'EQB Macroinvertebrati bentonici per la campagna primaverile.

**Tabella 6. Risultati delle stazioni secondo l'indice BITS. Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).**

CI	ID Stazione	BITS	Classe	CI	ID Stazione	BITS	Classe
EC	EC_01	0.77	Buono	ENC4	ENC4_04	0.42	Scarso
EC	EC_02	0.67	Sufficiente	ENC4	ENC4_05	0.33	Scarso
EC	EC_03	0.86	Buono	ENC4	ENC4_Ve6	0.62	Sufficiente
EC	EC_04	1.02	Elevato	PC1	PC1_01	0.68	Sufficiente
EC	EC_05	0.51	Sufficiente	PC1	PC1_02	1.01	Elevato
EC	EC_06	0.57	Sufficiente	PC1	PC1_03	1.1	Elevato
EC	EC_07	0.64	Sufficiente	PC1	PC1_04	0.8	Buono
EC	EC_08	1.02	Elevato	PC1	PC1_B01	0.81	Buono
EC	EC_Ve8	0.49	Sufficiente	PC2	PC2_01	0.89	Elevato
ENC1	ENC1_01	0.89	Elevato	PC2	PC2_02	0.99	Elevato
ENC1	ENC1_02	0.73	Buono	PC2	PC2_03	0.82	Buono
ENC1	ENC1_03	0.99	Elevato	PC2	PC2_04	0.98	Elevato

ENC1	ENC1_04	0.51	Sufficiente	PC2	PC2_05	0.93	Elevato
ENC1	ENC1_05	0.84	Buono	PC2	PC2_06	1.14	Elevato
ENC1	ENC1_06	0.65	Sufficiente	PC2	PC2_B16	0.97	Elevato
ENC1	ENC1_07	0.39	Scarso	PC2	PC2_CC	0.88	Elevato
ENC1	ENC1_08	0.59	Sufficiente	PC3	PC3_01	0.97	Elevato
ENC1	ENC1_09	0.5	Sufficiente	PC3	PC3_02	0.86	Buono
ENC1	ENC1_10	0.56	Sufficiente	PC3	PC3_04	0.66	Sufficiente
ENC1	ENC1_11	0.68	Sufficiente	PC3	PC3_05	0.8	Buono
ENC1	ENC1_12	0.66	Sufficiente	PC3	PC3_VDB	0.75	Buono
ENC1	ENC1_13	1.16	Elevato	PC4	PC4_01	1.09	Elevato
ENC1	ENC1_14	0.81	Buono	PC4	PC4_02	0.9	Elevato
ENC1	ENC1_15	0.84	Buono	PC4	PC4_03	0.73	Buono
ENC1	ENC1_16	0.9	Elevato	PC4	PC4_B10	1.11	Elevato
ENC1	ENC1_17	0.56	Sufficiente	PNC1	PNC1_01	0.55	Sufficiente
ENC1	ENC1_18	1.15	Elevato	PNC1	PNC1_02	0.94	Elevato
ENC1	ENC1_19	0.56	Sufficiente	PNC1	PNC1_03	1.03	Elevato
ENC1	ENC1_20	0.81	Buono	PNC1	PNC1_04	0.66	Sufficiente
ENC1	ENC1_21	0.91	Elevato	PNC1	PNC1_05	0.57	Sufficiente
ENC1	ENC1_22	0.67	Sufficiente	PNC1	PNC1_B07	0.5	Sufficiente
ENC1	ENC1_FI	0.63	Sufficiente	PNC1	PNC1_Ve1	0.62	Sufficiente
ENC1	ENC1_VS	0.69	Buono	PNC2	PNC2_01	0.64	Sufficiente
ENC2	ENC2_01	0.7	Buono	PNC2	PNC2_02	0.64	Sufficiente
ENC2	ENC2_02	0.43	Scarso	PNC2	PNC2_03	0.52	Sufficiente
ENC2	ENC2_03	0.31	Scarso	PNC2	PNC2_04	0.55	Sufficiente
ENC2	ENC2_VG	0.55	Sufficiente	PNC2	PNC2_05	0.51	Sufficiente
ENC3	ENC3_01	0.39	Scarso	PNC2	PNC2_06	0.55	Sufficiente
ENC3	ENC3_02	0.65	Sufficiente	PNC2	PNC2_07	0.64	Sufficiente
ENC3	ENC3_CH	0.54	Sufficiente	PNC2	PNC2_SG	0.54	Sufficiente
ENC4	ENC4_01	0.6	Sufficiente	VLCS	VLCS_02	0.86	Buono
ENC4	ENC4_02	0.3	Scarso	VLCS	VLCS_VLS	0.48	Sufficiente
ENC4	ENC4_03	0.63	Sufficiente	VLN	VLN_VLN1	0.86	Buono
				VLN	VLN_VLN2	0.66	Sufficiente

La Tabella 7 riporta per ogni CI (esclusi quelli “fortemente modificati” per i motivi di cui al paragrafo relativo all’indice M-AMBI) i valori di RQE e la classificazione nelle cinque classi di qualità in base alla media aritmetica dei RQE calcolati per ciascuna stazione con l’indice BITS.

**Tabella 7. Media aritmetica dei RQE per BITS calcolata su ciascuno dei CI (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).**

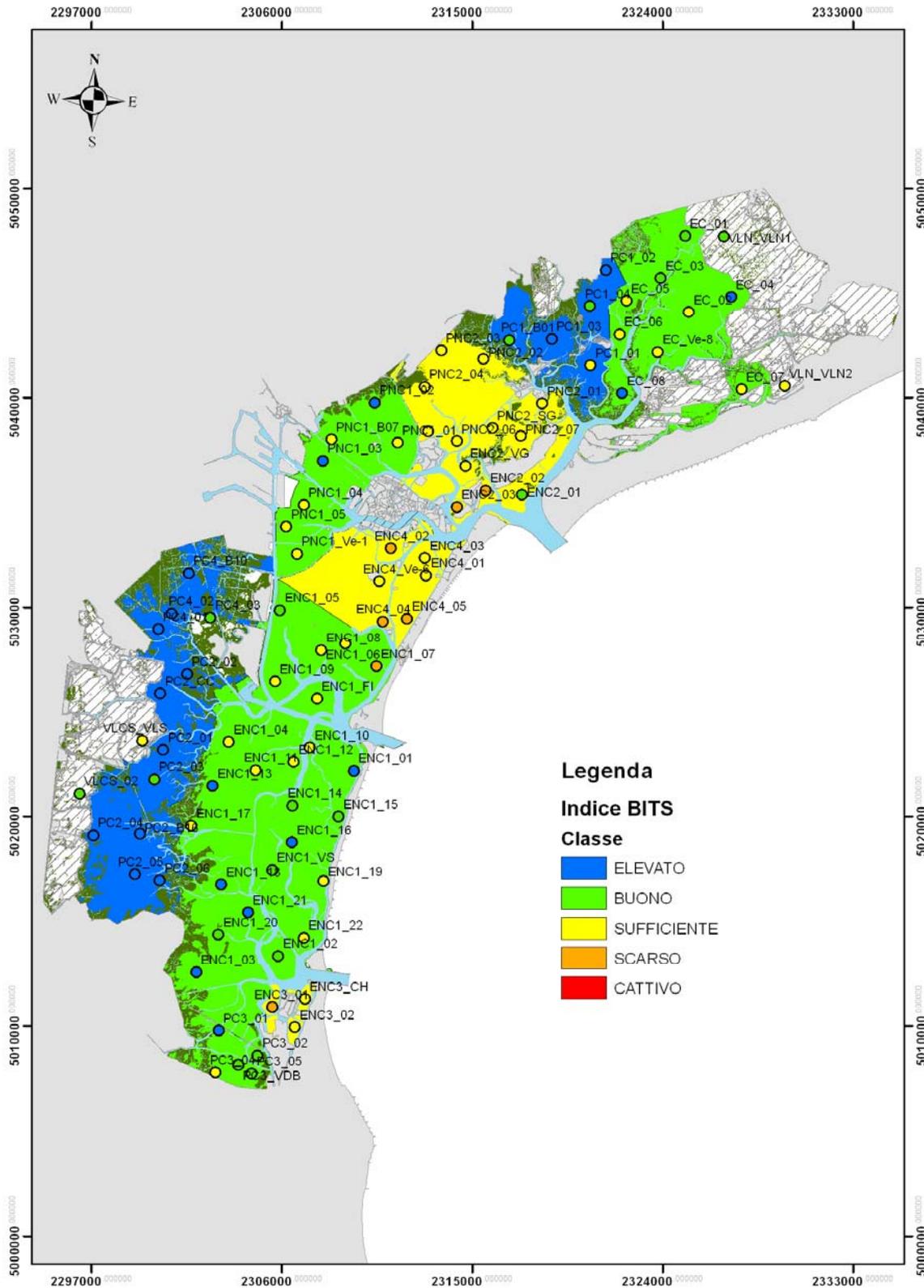
CI	BITS	Classe
EC	0.73	Buono
ENC1	0.74	Buono
ENC2	0.5	Sufficiente
ENC3	0.53	Sufficiente
ENC4	0.48	Sufficiente
PC1	0.88	Elevato
PC2	0.95	Elevato
PC3	0.81	Buono
PC4	0.96	Elevato
PNC1	0.7	Buono
PNC2	0.57	Sufficiente

Complessivamente l’indice BITS classifica tre CI in termini di qualità ELEVATA (PC1, PC2 e PC4, tutti CI confinati), quattro di qualità BUONA e altrettanti di qualità SUFFICIENTE.

L’indice BITS tende ad assegnare valori più elevati rispetto all’M-AMBI, innalzando la classe di qualità di 6 CI su 11, in tre casi (tra cui l’EC stesso) anche di due classi.

La classificazione relativa all’indice M-AMBI ha la precedenza su quella relativa al BITS in quanto quest’ultimo indice è definito opzionale.

La classificazione dei CI secondo l’indice BITS è presentata in Figura 3.

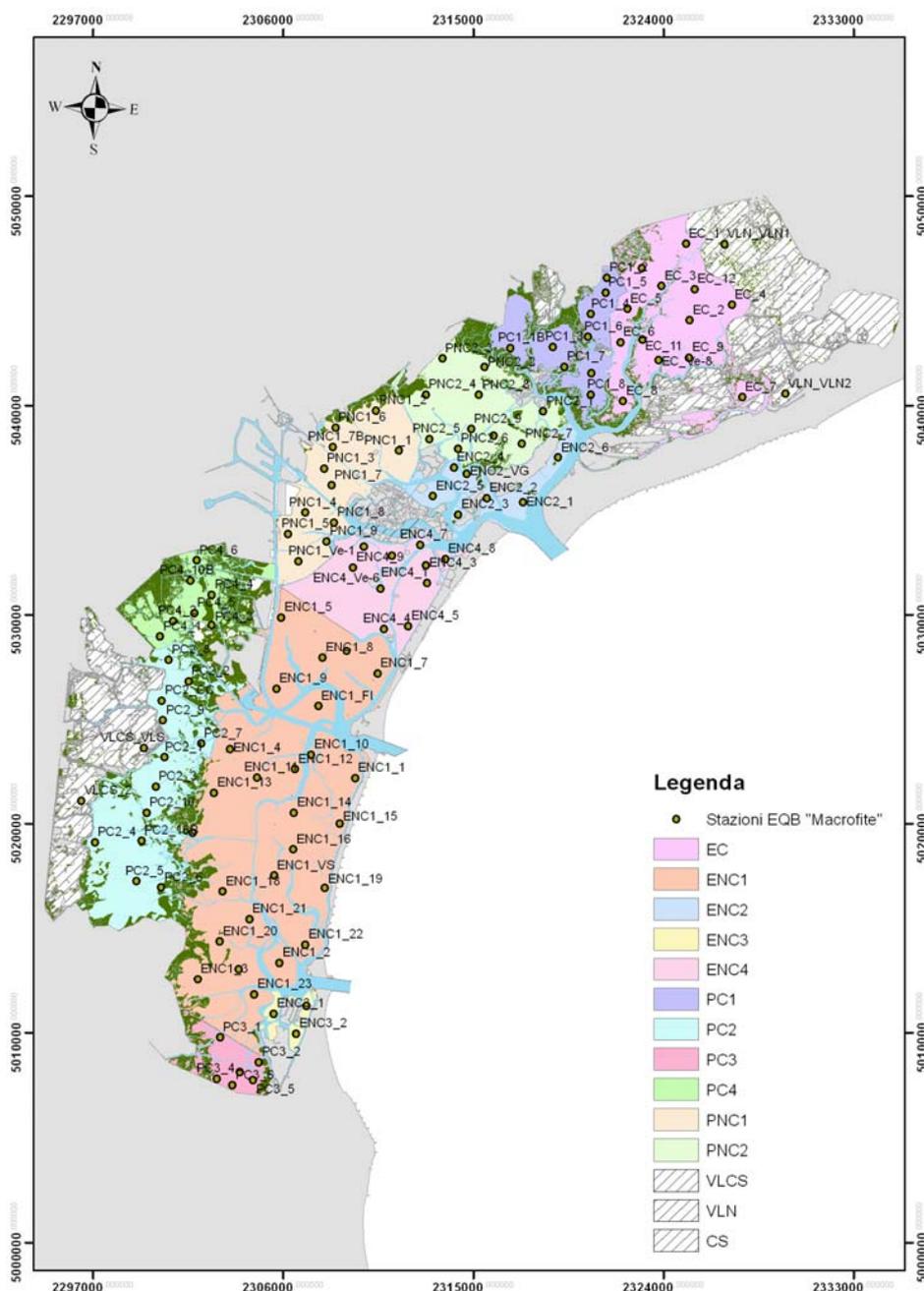


**Figura 3. Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici della laguna di Venezia risultante dall'applicazione dell'indice BITS all'EQB Macroinvertebrati bentonici. È presentata anche la classificazione delle singole stazioni (N=87). Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).**

## 3.2 Macrofite

### 3.2.1 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 118 stazioni anziché 112 come era stato previsto in fase di Pianificazione (cfr. Piano di Monitoraggio, 2010). Per la definizione dell'EQB macrofite si sono effettuate due campagne nel 2011: la prima in primavera, la seconda in autunno.



**Figura 4. Localizzazione delle stazioni di campionamento per l'EQB Macrofite (Macroalghe e Phanerogame).**

### **3.2.2 Campionamento e analisi**

Durante il campionamento è stata determinata la copertura algale e delle fanerogame controllando la loro presenza/assenza toccando il fondale con un rastrello, come previsto dai protocolli di campionamento ISPRA.

La copertura specifica delle fanerogame, quando presenti, è stata determinata tramite *Visual census Technique* da barca.

L'abbondanza relativa dei taxa macroalgali è stata determinata raccogliendo 3-6 rastrelle di macroalghe e sub-dividendole nei taxa dominanti mediante pesatura con una bilancia elettronica portatile con precisione di  $\pm 1$  g. La loro presenza è stata quindi fornita come abbondanza percentuale. Infine, campioni rappresentativi della biomassa raccolta sono stati conservati in formaldeide al 4% fino al momento della loro determinazione tassonomica allo stereoscopio e al microscopio biologico.

Sono state poi costruite delle tabelle sistematiche estese e delle tabelle riassuntive dove per ogni stazione sono riportate le specie trovate, gli intervalli di biomassa, la copertura totale delle macroalghe, l'abbondanza di alghe rosse e verdi, il numero di specie totali e il numero di specie di alta valenza ecologica.

### **3.2.3 Indice per la classificazione dello stato ecologico: MaQI**

Il D.M. 260/2010 prevede per la classificazione dello stato ecologico delle macrofite l'applicazione dell'indice MaQI (Macrophyte Quality Index), che integra i due elementi di qualità biologica macroalghe e fanerogame.

Il D.M. attualmente prevede che il MaQI sia composto da due versioni: una versione esperta (E-MaQI), da applicarsi quando il numero di specie nella stazione di monitoraggio risulta maggiore a 20, e una versione rapida (R-MaQI), da applicarsi quando il numero di specie nella stazione di monitoraggio risulta inferiore a 20.

Considerato che solo in 24 stazioni su 118 (pari al 20% circa) il numero di specie complessivamente campionate nelle due campagne stagionali è risultato superiore a 20, le valutazioni dello stato ecologico sono state effettuate tramite l'indice R-MaQI. Poichè la classificazione dei corpi idrici è stata fatta tramite media aritmetica degli RQE (rapporto di qualità ecologica) delle singole stazioni, per omogeneità di calcolo è stato applicato l'indice R-MaQI anche alle stazioni con numero di specie  $>20$ , in modo da mediare RQE derivanti dall'applicazione dello stesso indice. In aderenza a quanto richiesto dal D.M. 260/2010 in tali stazioni è stato comunque calcolato anche l'RQE derivante dall'applicazione dell'E-MaQI.

Per l'applicazione dell'indice R-MaQI è necessario determinare i seguenti parametri:

- Riconoscimento sistematico dei taxa macroalgali a livello di specie;

- Copertura totale delle macroalghe mediante *Visual Census Technique* se il fondo è visibile o almeno 10 saggi di presenza/assenza di biomassa con campionamenti casuali (è sufficiente discriminare tra la copertura > o < del 5%);
- Abbondanza relativa delle macroalghe dominanti da determinare mediante raccolta di 3-6 campioni e da suddividere nei seguenti gruppi:
  - Chlorophyta (soprattutto Ulvaceae e Cladophoraceae) con score 0 e 1;
  - Rhodophyta (soprattutto Gracilariaceae e Solieriaceae) con score 0 e 1;
  - tutti i taxa con score 0 e 1 raggruppati;
  - eventuali taxa con score 2.
- Riconoscimento e copertura percentuale relativa delle singole specie di fanerogame.

Una volta definiti tutti i parametri elencati, si utilizza la matrice riportata in Tabella 8 per risalire al punteggio (ROE) che permette di classificare lo stato di qualità di ciascuna stazione (ISPRA, UNIVE, 2010). Tale matrice fa riferimento alla versione più aggiornata dell'indice R-MaQI, che tiene conto dei risultati dell'intercalibrazione a livello europeo (ISPRA, UNIVE, 2012).

**Tabella 8. Scheda riassuntiva dell'indice R-MaQI (tratta da ISPRA, UNIVE, 2012).**

Scheda riassuntiva del Macrophyte Quality Index (MaQI)						
	Specie (punteggio)			Classi di Qualità (Punteggio/EQR)		
	Opportuniste 0	Indifferenti 1	Sensibili 2			
Macroalghe	<75% <sup>(1)</sup>		≥25%	0,85		1
	75-85%		15-25%	0,65	0,75	
	>85%		≤15%	0,55	0,55	0,65
			2 specie; Copertura tot<5%	0,45		
	Copertura totale >5% <sup>(2)</sup>	Blooms stagionali di Rhodophyta <sup>(3)</sup>		≤2 specie	0,25	0,85
		Blooms stagionali di Chlorophyta <sup>(3)</sup>		≤2 specie		
	cop tot <5%			1 specie		
P			A	0,15		
A			0			
Fanerogame sommerse	Ruppia cirrhosa, R. maritima, Nanozostera noltii <sup>(4)</sup>			A	<50%	50-75% >75%
	Zostera marina				<25%	25-75% >75%
	Cymodocea nodosa			A	<25%	≥25%
	Posidonia oceanica			A	P	
A = Assente/i; P = Presenti						
(1)	Percentuale del numero di specie.					
(2)	Nella stima della copertura % non va considerata la Xanthophyceae: <i>Faucheria</i> spp.					
(3)	Questa metrica stima la possibilità di innesco di blooms algali. Blooms algali di Rhodophyta: copertura totale >5% e peso fresco Rhodophyta > peso fresco Chlorophyta. Blooms algali di Chlorophyta: copertura totale >5% e peso fresco Chlorophyta > peso fresco Rhodophyta.					
(4)	Percentuale di copertura.					

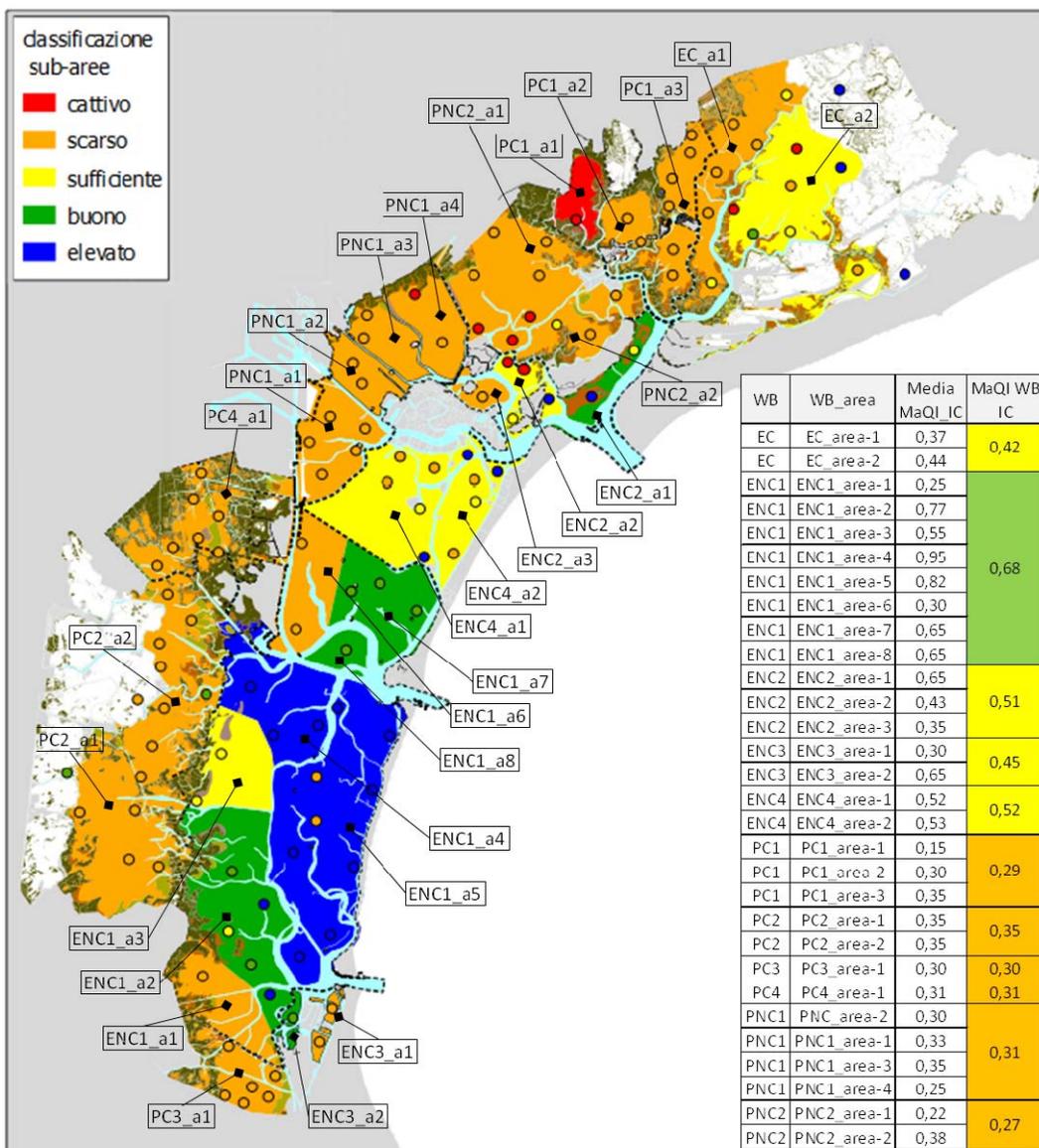
**Tabella 9. Risultati dell'EQB Macrofite secondo l'indice MaQI per singola stazione e media calcolata per ciascun CI (esclusi i CI fortemente modificati). Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).**

CI	ID stazione	Punteggio MaQI	Classe stazione	Media corpo idrico	Classe corpo idrico
EC	EC_1	0.45	Sufficiente	0.408	Sufficiente
	EC_2	0.35	Scarso		
	EC_3	0.25	Scarso		
	EC_4	1.00	Elevato		
	EC_5	0.35	Scarso		
	EC_6	0.35	Scarso		
	EC_7	0.25	Scarso		
	EC_8	0.45	Sufficiente		
	EC_9	0.45	Sufficiente		
	EC_10	0.35	Sufficiente		
	EC_11	0.15	Cattivo		
	EC_12	0.15	Cattivo		
	EC_Ve-8	0.75	Buono		
ENC1	ENC1_1	0.85	Elevato	0.715	Buono
	ENC1_2	1.00	Elevato		
	ENC1_3	0.25	Scarso		
	ENC1_4	0.85	Elevato		
	ENC1_5	0.25	Scarso		
	ENC1_6	0.65	Buono		
	ENC1_7	0.65	Buono		
	ENC1_8	0.65	Buono		
	ENC1_9	0.35	Scarso		
	ENC1_10	1.00	Elevato		
	ENC1_11	1.00	Elevato		
	ENC1_12	1.00	Elevato		
	ENC1_13	0.55	Sufficiente		
	ENC1_14	0.25	Scarso		
	ENC_15	1.00	Elevato		
	ENC1_16	0.25	Scarso		
	ENC1_17	0.55	Sufficiente		
	ENC1_18	0.65	Buono		
	ENC1_19	1.00	Elevato		
	ENC1_20	0.55	Sufficiente		
	ENC1_21	1.00	Elevato		
	ENC1_22	1.00	Elevato		
	ENC1_23	1.00	Elevato		
	ENC1_24	0.65	Buono		
ENC1_VS	1.00	Elevato			

CI	ID stazione	Punteggio MaQI	Classe stazione	Media corpo idrico	Classe corpo idrico
	ENC1_FI	0.65	Buono		
ENC2	ENC2_VG	0.15	Cattivo	0.479	Sufficiente
	ENC2_1	0.85	Elevato		
	ENC2_2	0.85	Elevato		
	ENC2_3	0.55	Sufficiente		
	ENC2_4	0.15	Cattivo		
	ENC2_5	0.35	Scarso		
	ENC2_6	0.45	Sufficiente		
ENC3	ENC3_1	0.65	Buono	0.417	Sufficiente
	ENC3_2	0.25	Scarso		
	ENC3_CH	0.35	Scarso		
ENC4	ENC4_1	0.55	Sufficiente	0.520	Sufficiente
	ENC4_2	0.25	Scarso		
	ENC4_3	0.35	Scarso		
	ENC4_4	0.85	Elevato		
	ENC4_5	0.35	Scarso		
	ENC4_6	0.25	Scarso		
	ENC4_7	0.85	Elevato		
	ENC4_8	0.85	Elevato		
	ENC4_9	0.35	Scarso		
	ENC4_Ve-6	0.55	Sufficiente		
PC1	PC1_1	0.35	Scarso	0.317	Scarso
	PC1_1B	0.15	Cattivo		
	PC1_2	0.35	Scarso		
	PC1_3	0.35	Scarso		
	PC1_4	0.35	Scarso		
	PC1_5	0.35	Scarso		
	PC1_6	0.35	Scarso		
	PC1_7	0.25	Scarso		
PC1_8	0.35	Scarso			
PC2	PC2_1	0.25	Scarso	0.350	Scarso
	PC2_2	0.35	Scarso		
	PC2_3	0.35	Scarso		
	PC2_4	0.35	Scarso		
	PC2_5	0.35	Scarso		
	PC2_6	0.35	Scarso		
	PC2_7	0.65	Buono		
	PC2_8	0.35	Scarso		
	PC2_9	0.25	Scarso		
	PC2_10	0.25	Scarso		

CI	ID stazione	Punteggio MaQI	Classe stazione	Media corpo idrico	Classe corpo idrico
	PC2_16B	0.35	Scarso		
	PC2_CC	0.35	Scarso		
PC3	PC3_1	0.35	Scarso	0.300	Scarso
	PC3_2	0.35	Scarso		
	PC3_4	0.25	Scarso		
	PC3_5	0.35	Scarso		
	PC3_6	0.25	Scarso		
	PC3_VDB	0.25	Scarso		
PC4	PC4_1	0.35	Scarso	0.307	Scarso
	PC4_2	0.35	Scarso		
	PC4_3	0.25	Scarso		
	PC4_4	0.35	Scarso		
	PC4_5	0.25	Scarso		
	PC4_6	0.25	Scarso		
	PC4_10B	0.35	Scarso		
PNC	PNC1_1	0.35	Scarso	0.314	Scarso
	PNC1_2	0.15	Cattivo		
	PNC1_3	0.25	Scarso		
	PNC1_4	0.35	Scarso		
	PNC1_5	0.25	Scarso		
	PNC1_6	0.35	Scarso		
	PNC1_7	0.35	Scarso		
	PNC1_7B	0.35	Scarso		
	PNC1_8	0.35	Scarso		
	PNC1_9	0.35	Scarso		
PNC1_Ve-1	0.35	Scarso			
PNC2	PNC2_1	0.35	Scarso	0.270	Scarso
	PNC2_2	0.35	Scarso		
	PNC2_3	0.35	Scarso		
	PNC2_4	0.35	Scarso		
	PNC2_5	0.15	Cattivo		
	PNC2_6	0	Cattivo		
	PNC2_7	0.35	Scarso		
	PNC2_8	0.35	Scarso		
	PNC2_9	0	Cattivo		
	PNC2_SG	0.45	Sufficiente		
VLS	VLCS_VLS	0.25	Scarso	0.450	Sufficiente
	VLCS_2	0.65	Buono		
VLN	VLN_VLN1	0.85	Elevato	0.925	Elevato
	VLN_VLN2	1.00	Elevato		

Come approccio per la classificazione del corpo idrico è stato valutato se utilizzare una media pesata, dividendo ciascun corpo idrico in sub-aree omogenee sulla base dei confini morfologici (canali profondi e cordoni barenali) e della presenza di praterie di fanerogame. A ciascuna sub-area è stato assegnato l'RQE medio delle stazioni in essa comprese; successivamente è stato calcolato l'RQE di ciascun corpo idrico come media degli RQE delle sub-aree pesata in funzione della superficie delle sub-aree stesse. I risultati sono riportati in Figura 5. Le differenze in termini di classificazione dei corpi idrici sono risultate minime e pertanto si è ritenuto di mantenere la media aritmetica come approccio per la classificazione del corpo idrico, di più immediata applicazione. Per completezza in Figura 5 si riportano comunque i risultati ottenuti con la media pesata.



**Figura 5. Suddivisione dei corpi idrici della Laguna di Venezia in sub-aree omogenee (con i relativi codici) per il calcolo della media pesata. In tabella sono riportate per ciascuna sub-area (WB\_area), l'RQE medio (Media MaQI\_IC = media degli RQE delle stazioni di ciascuna sub-area) e per ciascun corpo idrico (WB) l'RQE medio calcolato come media pesata in funzione della superficie delle sub-aree (MaQI WB IC).**

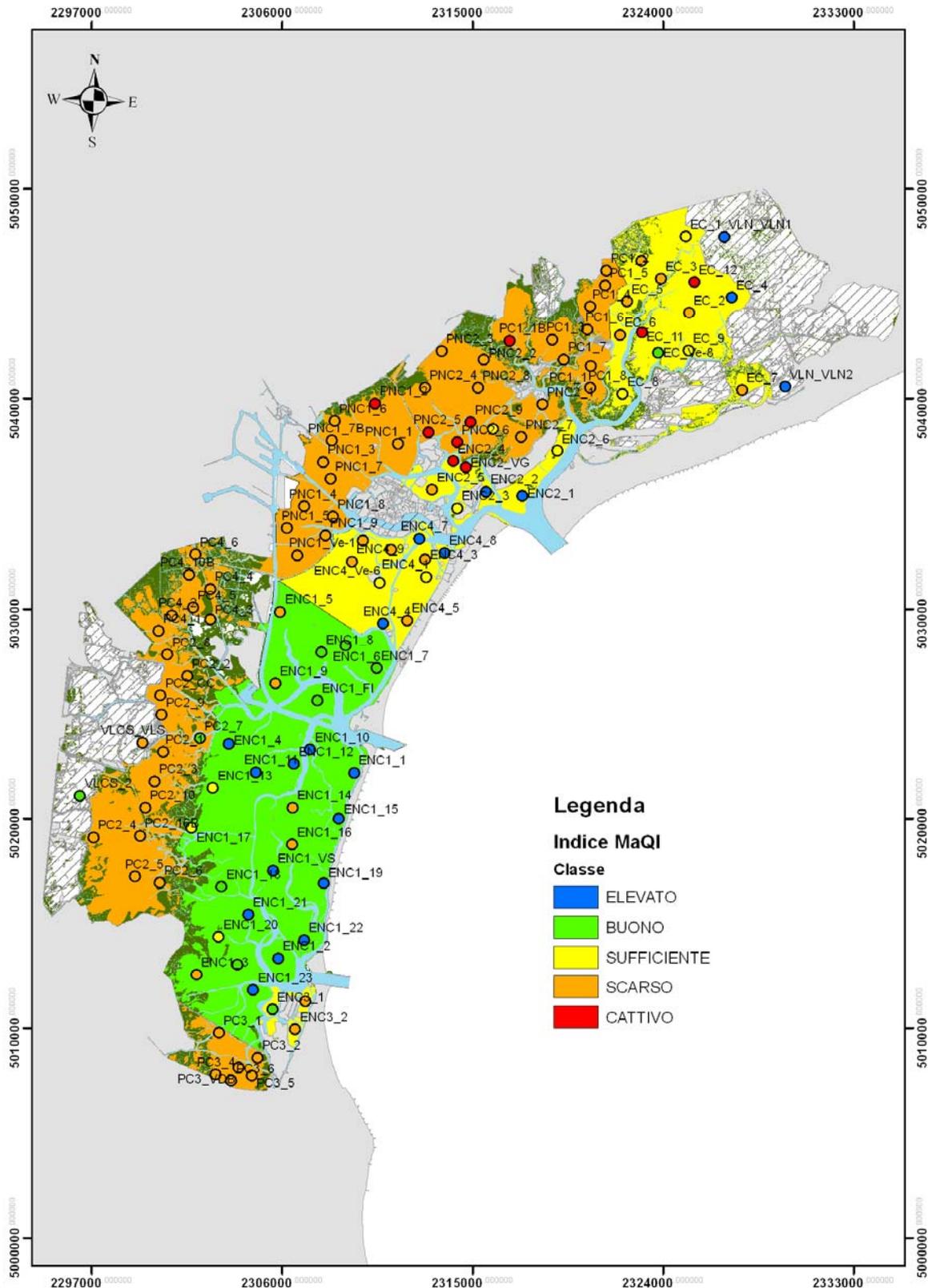
### **3.2.4 Descrizione generale dello stato dei corpi idrici**

Il corpo idrico ENC1 in laguna sud ha presentato un punteggio di 0.715 risultando in stato "Buono". I corpi idrici ENC2, ENC3, ENC4, EC sono risultati in stato "Sufficiente". Tutti gli altri sono classificabili come "Scarso" con il corpo idrico PNC2, compreso tra l'aeroporto Marco Polo, le barene del Dese, Sant'Erasmus e Murano, che risulta avere le condizioni peggiori dell'intera laguna nonostante il valore medio lo classifichi nella stessa classe di stato ecologico. La classificazione in stato "Cattivo" è stata rinvenuta solo in alcune stazioni localizzate attorno al Canale di Tessera che conduce all'aeroporto Marco Polo, a nord e Sud di Murano dove recentemente sono state costruite delle barene artificiali, nell'alta Palude di Cona e in una parte della Palude Maggiore.

Per quanto riguarda i CI "fortemente modificati" VLN e VLCS, ovvero le valli da pesca, si ricorda che è stato scelto di indagare gli EQB macroalghe e fanerogame su un numero limitato di stazioni per CI (in fase di pianificazione erano 1 per CI, ma in fase operativa si è scelto di monitorare lo stesso numero di stazioni previsto per l'EQB macroinvertebrati bentonici). Tale indagine ha permesso di ottenere nuove informazioni a livello di stazione che però non possono essere estese all'intero corpo idrico. Ad ogni modo, è da evidenziare che le stazioni in miglior stato ecologico dell'intera laguna sono risultate quelle delle valli arginate della laguna Nord (VLN) che si classificano in stato "Elevato", nonostante tale CI sia stato designato come "fortemente modificato". Le valli della laguna Sud (corpo VLCS) hanno invece presentato una stazione in stato "sufficiente" e l'altra in stato "buono".

In Figura 6 è riportata la classificazione dello stato ecologico mediante l'applicazione dell'indice MaQI considerando gli interi corpi idrici.

Mediamente l'intera laguna presenta un punteggio di  $0.454 \pm 0.258$  e si presenta come "Sufficiente".



**Figura 6. Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici della laguna di Venezia risultante dall'applicazione dell'indice MaQI all'EQB Macrofite. È presentata anche la classificazione delle singole stazioni (N=118). Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).**

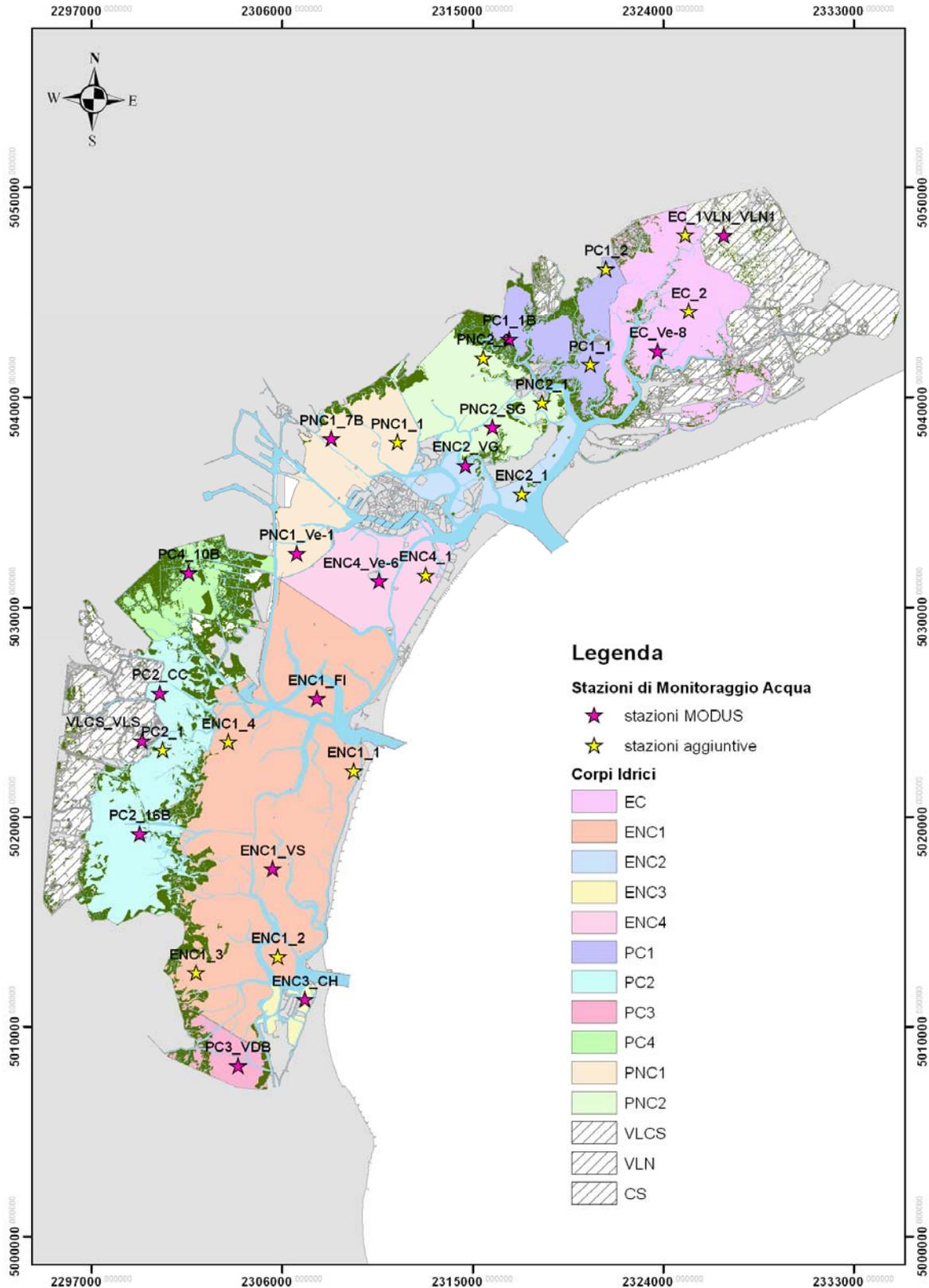
### ***3.3 Elementi di qualità fisico-chimica a supporto della classificazione ecologica: Elementi generali***

Al fine di garantire una sinergia tra il monitoraggio dello stato ecologico e quello dello stato chimico, per il posizionamento delle stazioni di campionamento dell'acqua, destinati all'analisi dei parametri a supporto della classificazione ecologica, si è fatto riferimento, oltre a quanto previsto dalla normativa (D.M. 260/2010 e Protocolli ISPRA 2011), anche a quanto predisposto nel documento di pianificazione del MAV "Monitoraggio dei corpi idrici lagunari a supporto della loro classificazione e gestione (Direttiva 2000/60/CE e D.M. 56/09) – MODUS – Attività del primo triennio - Progetto preliminare e Stima economica" (Luglio 2010). Tale documento prevedeva, per il campionamento degli elementi fisico-chimici e chimici, quattro campagne trimestrali da condurre su 16 stazioni selezionate tra le 20 utilizzate per la classificazione di stato chimico delle acque. Le 16 stazioni sulle quali effettuare il campionamento degli elementi fisico-chimici e chimici, considerate più rappresentative dei corpi idrici e degli habitat prevalenti in relazione alla localizzazione delle stazioni di monitoraggio degli EQB, sono risultate le seguenti: Ve-8, 1B, SG, VG, 7B, Ve-1, Ve-6, 10B, FI, VS, CC, 16B, CH, VDB, VLN1, VLCS.

Al fine di disporre di un'informazione più completa e in considerazione del campionamento degli EQB, si è ritenuto opportuno incrementare il numero delle stazioni di campionamento dell'acqua per gli elementi generali che fanno parte dei parametri chimico-fisici e chimici da monitorare nell'acqua. Oltre alle 16 stazioni del progetto MODUS sono state quindi monitorate altre 14 stazioni, per un totale di 30 stazioni, disposte in modo tale da ottenere un'informazione spaziale più completa e più rappresentativa della variabilità interna dei corpi idrici e in funzione della localizzazione delle stazioni di campionamento degli EQB.

#### ***3.3.1 Rete di monitoraggio***

Il campionamento e le analisi degli elementi generali nell'acqua sono stati eseguiti a febbraio 2011 nelle 16 stazioni e a partire da maggio 2011 fino a dicembre 2012 nelle 30 stazioni (16+14) di Figura 7. Le coordinate delle 30 stazioni campionate sono riportate in Tabella 10. In Tabella 11 è riportato il riepilogo delle stazioni campionate per ciascuna campagna dal 2011 al 2012.



**Figura 7. Localizzazione delle stazioni di monitoraggio dell'acqua. In rosa le 16 stazioni del monitoraggio chimico (stazioni MODUS) campionate da febbraio 2011, in giallo le stazioni aggiunte a partire da maggio 2011, come da pianificazione (cfr. Piano di monitoraggio, 2010).**

**Tabella 10. Coordinate geografiche (Gauss Boaga Fuso Est) delle stazioni monitorate. In rosa le stazioni MODUS campionate da febbraio 2011 e in giallo le stazioni aggiuntive campionate da maggio 2011.**

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_1	2309628	5022113
	ENC1_2	2305813	5013339
	ENC1_3	2301947	5012547
	ENC1_4	2303480	5023542
	ENC1_FI	2307650	5025604
	ENC1_VS	2305560	5017509
ENC2	ENC2_1	2305545	5017438
	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

**Tabella 11. Riepilogo del numero delle stazioni campionate per ciascuna campagna stagionale dal 2011 al 2012.**

ANNO	Campagna	N° Stazioni
2011	Invernale	16
	Primaverile	30
	Estiva	30
	Autunnale	30
2012	Invernale	30
	Primaverile <sup>2</sup>	-
	Estiva	30
	Autunnale	30

### 3.3.2 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)<sup>3</sup>;
- azoto totale disciolto (TDN);
- azoto ammoniacale (N-NH<sub>4</sub>);
- azoto ossidato (N-NO<sub>x</sub>);
- azoto sotto forma di nitrato (N-NO<sub>3</sub>);
- azoto sotto forma di nitrito (N-NO<sub>2</sub>);
- fosforo disciolto totale (TDP);
- fosforo reattivo (P-PO<sub>4</sub>);
- silicati disciolti (SiO<sub>4</sub>);
- solfuri liberi.

<sup>2</sup>La campagna primaverile non ha avuto luogo a causa di problematiche di natura logistica estranee alle attività tecnico-scientifiche di campionamento e analisi.

<sup>3</sup> TOC ottenuto per somma DOC+POC

### **3.3.3 Campionamento**

#### Carbonio organico disciolto (DOC)

Per la determinazione del DOC i campioni di acqua sono stati prelevati direttamente dalla bottiglia Niskin con siringhe da 50 ml con attacco LuerLock e tubicino di gomma Tygon (pretrattati con HCl 1N e avvinati due volte con acqua di campionamento). I campioni sono stati filtrati mediante filtri GF/F, raccolti in fiale di vetro (trattate con HNO<sub>3</sub> 1N e precombuste a 450°C) e preventivamente addizionate con 100 µl di una soluzione di HgCl<sub>2</sub> (1g/l; Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010). I campioni d'acqua sono stati mantenuti refrigerati durante il trasporto in laboratorio e congelati alla temperatura di -20°C fino al momento dell'analisi (Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010).

#### Nutrienti: TDN, N-NH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, TDP, P-PO<sub>4</sub>, Si-SiO<sub>2</sub>

Per l'analisi dei nutrienti disciolti i campioni di acqua sono stati prelevati direttamente dalla bottiglia Niskin con tubicino di gomma Tygon (pretrattato con HCl 1N e avvinato due volte con acqua di campionamento). I campioni sono stati filtrati su filtri in acetato di cellulosa e raccolti in vials monouso (HDPE). I campioni d'acqua sono stati mantenuti refrigerati durante il trasporto in laboratorio dove sono stati congelati a -20°C fino al momento dell'analisi (Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010).

#### Solfuri liberi

Per l'analisi dei solfuri liberi sono stati prelevati 5 ml di acqua mediante micropipetta e sono stati addizionati ad un egual volume di un tampone antiossidante (acido ascorbico ed EDTA sodico in ambiente basico; Standard methods for the examination of water and wastewater; APHA, 21<sup>st</sup>, 2005). I campioni d'acqua sono stati mantenuti refrigerati durante il trasporto in laboratorio.

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

Per l'analisi dei solidi sospesi totali (TSS), Clorofilla *a* (Chl-*a*), carbonio organico particellato (POC) e azoto totale particellato (TPN), l'acqua è stata campionata mediante Niskin o bottiglia scura (HPDE) e conservata al buio fino al momento delle filtrazioni, effettuate nel più breve tempo possibile. Le bottiglie sono state opportunamente pretrattate con acido cloridrico (HCl al 25% p/v), risciacquate con acqua MilliQ e poi avvinate con l'acqua di campionamento.

Per la determinazione dei TSS e della Chl-*a* le filtrazioni (volume d'acqua medio di filtrazione 1500 ml) sono state effettuate in laboratorio su filtri Whatman GF/F premuffolati per 4 ore a 450°C (Protocolli ISPRA, 2011; Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010). Per l'analisi dei TSS, dopo la filtrazione del campione, il filtro GF/F (trattato e pre-pesato) è stato lavato con acqua MilliQ al fine di eliminare i sali presenti, che ne avrebbero alterato

la determinazione gravimetrica (Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010). Per la determinazione del POC e TPN le filtrazioni (fino a 300 ml d'acqua) sono state effettuate su filtri Whatman GF/F premuffolati per 4 ore a 450°C. I filtri sono stati conservati a -20°C al buio fino al momento delle analisi (Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010).

### ***3.3.4 Specifiche per l'esecuzione delle analisi***

Le analisi relative ai singoli parametri nella matrice acqua sono state effettuate da personale specializzato presso la sede ISPRA di Chioggia.

Le analisi di DOC e TDN sono state effettuate mediante combustione catalitica attraverso analizzatore TOC/TN (Shimadzu) e determinazione, rispettivamente, mediante detector ad infrarossi e chemiluminescenza (Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010).

I nutrienti (N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>x</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, TDP, P-PO<sub>4</sub>, Si-SiO<sub>2</sub>) sono stati analizzati mediante determinazione spettrofotometrica tramite analizzatore in microflusso continuo QuAAtro SEAL Analytical (Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010).

La determinazione dei solfuri é stata effettuata mediante elettrodo ione selettivo (Mettler Toledo) pre tarato con soluzione di solfuro di sodio a titolo noto (Standard methods for the examination of water and wastewater; APHA, 21<sup>st</sup>, 2005).

La determinazione dei TSS é stata ottenuta mediante pesata dopo trattamento del filtro a 105°C per 16 ore (Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010).

L'analisi della clorofilla *a* é stata eseguita mediante lettura spettrofluorimetrica (FP 6200, Jasco) previa estrazione dei filtri con acetone al 90% (Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010).

Le analisi di POC e TPN sono state effettuate mediante un analizzatore elementare CHN Flash 2000 (Thermo Fisher). Per la determinazione del POC i filtri sono stati acidificati con HCl (25%) (Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010).

La determinazione della concentrazione del TOC é stata ottenuta attraverso la somma delle concentrazioni di DOC e quelle di POC per ogni singolo campione d'acqua.

I limiti di quantificazione sono riportati in Tabella 12.

**Tabella 12. Limiti di quantificazione delle metodiche analitiche di ogni singolo analita/parametro.**

<b>Analita/ parametro</b>	<b>Limiti di quantificazione</b>
DOC	200 µg/l - 17 µM
TDN	20 µg/l -1,4 µM
N-NH <sub>3</sub>	10 µg/l – 0,7 µM
N-NO <sub>x</sub>	10 µg/l -0,7 µM
N-NO <sub>3</sub>	10 µg/l -0,7 µM
N-NO <sub>2</sub>	5 µg/l -0,4 µM
TDP	3 µg/l -0,10 µM
P-PO <sub>4</sub>	3 µg/l – 0,10 µM
SiO <sub>4</sub>	10 µg/l -0,4 µM
Solfuri liberi	0,3 mg/l
TSS	0,15 mg/l
Chl <i>a</i> e feopigmenti	0,1 µg/l
POC	2 µg/l – 0,2 µM
TPN	10 µg/l – 0,5 µM

### **3.3.5 Confronto con i limiti di classe Buono/Sufficiente: Fosforo reattivo (P-PO<sub>4</sub>) e Azoto inorganico disciolto (DIN)**

Al fine di applicare i limiti di classe Buono/Sufficiente per la valutazione dello stato ecologico sono state calcolate le medie annuali di ciascuno dei due anni di monitoraggio, rispettivamente per i parametri DIN e P-PO<sub>4</sub>, considerando per il calcolo tutte le stazioni e le stagioni monitorate per ciascun corpo idrico. Per elaborare il calcolo della media annuale, nei casi in cui i risultati analitici siano stati inferiori ai limiti di quantificazione della metodica analitica, riportati in Tabella 12, è stato utilizzato il 50% del valore del limite di quantificazione. Nel caso del DIN, essendo il risultato di una sommatoria di N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub> e N-NO<sub>3</sub>, i risultati inferiori al limite di quantificazione delle singole sostanze sono stati considerati pari a zero. Nel caso in cui la media dei dati analitici sia risultata sotto al limite di quantificazione (LOQ) il risultato è stato riportato come "minore del limite di quantificazione" (< LOQ).

In Tabella 13 e 14 sono riportate le statistiche descrittive effettuate con i valori di P-PO<sub>4</sub> rispettivamente per l'anno 2011 e 2012, mentre in Tabella 15 e 16 sono riportate le statistiche descrittive effettuate con i valori di DIN (NH<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub>) rispettivamente per l'anno 2011 e 2012. Sempre nelle tabelle sono stati indicati i limiti di classe

Buono/Sufficiente previsti dal D.M. 260/2010, la numerosità dei campioni (N) e la numerosità dei valori analitici risultati superiori al limite di quantificazione (N valori > LOQ).

Per quanto riguarda il parametro P-PO<sub>4</sub> non si sono osservati superamenti del limite di classe B/S per i corpi idrici con classe di salinità > 30 PSU sia per il 2011 che per il 2012. Si evidenzia altresì una numerosità relativamente elevata di valori inferiori al limite di quantificazione.

Per quanto riguarda il parametro DIN si sono osservati superamenti del limite di classe B/S per i corpi idrici PC4 nel 2011 e per tutti i corpi idrici, fatta eccezione per ENC2 e VLCS, nel 2012. Va ad ogni modo tenuto in considerazione che nel 2012 non è stato possibile effettuare la campagna primaverile.

**Tabella 13 - Medie, deviazioni standard, minimi, massimi annuali, con relative numerosità e valori superiori al limite di quantificazione, calcolati per ciascun corpo idrico per l'anno 2011.**

P-PO <sub>4</sub> (µM) - anno 2011								
Tipo	Corpi Idrici	limite di classe B/S	Media	Dev. Std.	Min	Max	N	N valori > LOQ
eualino	EC		<0,10	0,10	0,05	0,36	10	2
	ENC1		<0,10	0,07	0,05	0,36	20	3
	ENC2	0,48	<0,10	0,07	0,05	0,22	7	2
	ENC3		0,19	0,14	0,05	0,39	4	3
	ENC4		<0,10	0,03	0,05	0,12	7	1
polialino	PC1		0,15	0,16	0,05	0,56	10	5
	PC2		0,10	0,09	0,05	0,32	11	4
	PC3	/	0,14	0,07	0,05	0,20	4	3
	PC4		0,44	0,27	0,05	0,68	4	3
	PNC1		0,52	0,38	0,05	1,14	11	9
	PNC2		0,18	0,18	0,05	0,58	10	5
polialino	VLCS	/	0,25	0,07	0,15	0,32	4	4
eualino	VLN	0,48	0,10	0,03	0,05	0,12	4	3

**Tabella 14 - Medie, deviazioni standard, minimi, massimi annuali, con relative numerosità e valori superiori al limite di quantificazione, calcolati per ciascun corpo idrico per l'anno 2012.**

P-PO <sub>4</sub> (µM) - anno 2012								
Tipo	Corpi Idrici	limite di classe B/S	Media	Dev. Std.	Min	Max	N	N valori > LOQ
eualino	EC		0,11	0,08	0,05	0,24	9	4
	ENC1		0,10	0,14	0,05	0,61	18	4
	ENC2	0,48	<0,10	0,07	0,05	0,22	6	2
	ENC3		0,10	0,09	0,05	0,21	3	1
	ENC4		0,13	0,10	0,05	0,30	6	3
polialino	PC1		0,27	0,26	0,05	0,76	9	6
	PC2		0,12	0,10	0,05	0,32	9	4
	PC3	/	<0,10	-	-	-	3	0
	PC4		0,49	0,25	0,32	0,78	3	3
	PNC1		0,81	0,59	0,16	1,66	9	9
	PNC2		0,35	0,35	0,05	1,19	9	7
polialino	VLCS	/	0,72	0,45	0,21	1,07	3	3
eualino	VLN	0,48	<0,10	0,05	0,05	0,14	3	1

**Tabella 15. Medie, deviazioni standard, minimi, massimi annuali, con relative numerosità e valori superiori al limite di quantificazione, calcolati per ciascun corpo idrico per l'anno 2011.**

DIN ( $\mu\text{M}$ ) – anno 2011								
Tipo		limite di classe B/S	Media	Dev. Std.	Min	Max	N	N valori > LOQ
eualino	EC		10.6	3.8	4.0	15.8	10	10
	ENC1		9.8	6.7	1.2	23.2	20	20
	ENC2	18	17.0	8.8	4.7	29.2	7	7
	ENC3		10.8	9.1	1.8	22.5	4	4
	ENC4		15.0	5.3	6.6	21.2	7	7
polialino	PC1		24.2	25.2	3.0	91.5	10	10
	PC2		13.3	9.0	3.0	27.0	11	11
	PC3	30	17.0	12.6	4.5	32.5	4	4
	PC4		49.9	36.8	22.9	100.9	4	4
	PNC1		20.3	15.9	1.5	44.5	11	11
	PNC2		17.7	9.5	2.6	37.8	10	10
polialino	VLCS	30	14.8	14.1	1.1	34.0	4	4
eualino	VLN	18	12.0	6.5	4.9	19.5	4	4

**Tabella 16. Medie, deviazioni standard, minimi, massimi annuali, con relative numerosità e valori superiori al limite di quantificazione, calcolati per ciascun corpo idrico per l'anno 2012.**

DIN ( $\mu\text{M}$ ) – anno 2012								
Tipo		limite di classe B/S	Media	Dev. Std.	Min	Max	N	N valori > LOQ
eualino	EC		22	24	1	61	9	9
	ENC1		19	14	1	43	18	18
	ENC2	18	17	15	1	38	6	6
	ENC3		31	40	2	77	3	3
	ENC4		35	35	1	101	6	6
polialino	PC1		46	52	4	169	9	9
	PC2		34	22	2	69	9	9
	PC3	30	63	89	3	165	3	3
	PC4		40	44	2	89	3	3
	PNC1		32	29	3	77	9	9
	PNC2		35	43	1	127	9	9
polialino	VLCS	30	17	21	1	41	3	3
eualino	VLN	18	29	22	4	45	3	3

### **3.3.6 Condizioni di ossigenazione**

Come indicato nel D.M. 260/2010, tra gli elementi di qualità chimico-fisica a supporto della classificazione ecologica vanno considerate anche le condizioni di ossigenazione di ciascun corpo idrico da monitorare mediante sonde per il rilevamento in continuo dell'ossigeno o, qualora il posizionamento della sonda ponga dei problemi di gestione, possono essere dedotti indirettamente fenomeni di anossia pregressi o in corso, dalla concentrazione del parametro ferro labile (LFe) e del rapporto tra i solfuri volatili disponibili e il ferro labile (AVS/LFe) entrambi da rilevare nel sedimento.

Le condizioni di ossigenazione dei corpi idrici della laguna sono state monitorate dal Magistrato alle Acque di Venezia mediante la rete di 10 stazioni automatiche di misura, riportate in Figura 8 (Rete SAMANET del MAG. ACQUE – UTA), dotate al proprio interno di sonde multiparametriche per la misura di parametri chimico-fisici tra cui l'ossigeno disciolto (ppm e percentuale di saturazione). I parametri vengono automaticamente rilevati con frequenza semioraria a una profondità di circa un metro e inviati alla stazione di controllo, situata presso l'Ufficio Tecnico per l'Antinquinamento, per la successiva elaborazione, archiviazione e validazione (Fonte: Magistrato alle Acque).

Nei corpi idrici per i quali non sono disponibili dati di ossigeno disciolto misurati in continuo (VLN, PNC2, CS, PC4, VLCS, PC3, ENC3) sono state effettuate nel corso del 2011 e del 2012, rispettivamente due campagne di prelievo di campioni di sedimento (0-5 cm) in 7 punti, per determinare le concentrazioni di ferro labile (LFe) e AVS. I campioni sono stati prelevati in una stazione per ciascun corpo idrico (Figura 9). Il prelievo è stato effettuato in marea di quadratura, in concomitanza con i prelievi di campioni d'acqua finalizzati alla determinazione dei macrodescrittori e degli inquinanti specifici (per maggiori dettagli Cfr. "Magistrato alle Acque - Risultati dei monitoraggi condotti dal MAV nel 2011 e 2012 e aggiornamento della classificazione di stato chimico. Marzo 2013").

Come riportato nel documento del Magistrato alle Acque "Risultati dei monitoraggi condotti dal MAV nel 2011 e 2012 e aggiornamento della classificazione di stato chimico. Marzo 2013", l'insieme dei risultati relativi alle misure di ossigeno in continuo nelle acque e alle misure di AVS/LFe nei sedimenti porta al quadro presentato in Tabella 17 e in Tabella 18 dove si riassumono le caratteristiche di ossigenazione dei corpi idrici nel corso del 2011 e del 2012. Situazioni di anossia (valori di ossigeno disciolto < 1 mg/l) per 1 o più giorni non si sono mai verificate in nessuno dei corpi idrici né nel 2011, né nel 2012. Si segnalano però, per quanto riguarda il 2011, transitorie condizioni di anossia della durata di alcune ore che hanno interessato il corpo idrico PNC1 e ENC2 rispettivamente con un evento tra il 24 e il 28 agosto (stazione Ve1) ed uno tra il 18-20 luglio (stazione Ve4), mentre nel corpo idrico ENC1 queste condizioni si sono verificate due volte: Ve10 (14-15 luglio) e Ve3 (23-28 agosto). Anche nel 2012 transitorie condizioni di anossia hanno interessato la stazione Ve-1 (nel corpo idrico PNC1) con 2 eventi: 30 giugno e 18-24 agosto. Infine, anche il corpo idrico PC1 ha visto il verificarsi (nel 2012) di una transitoria condizione di anossia

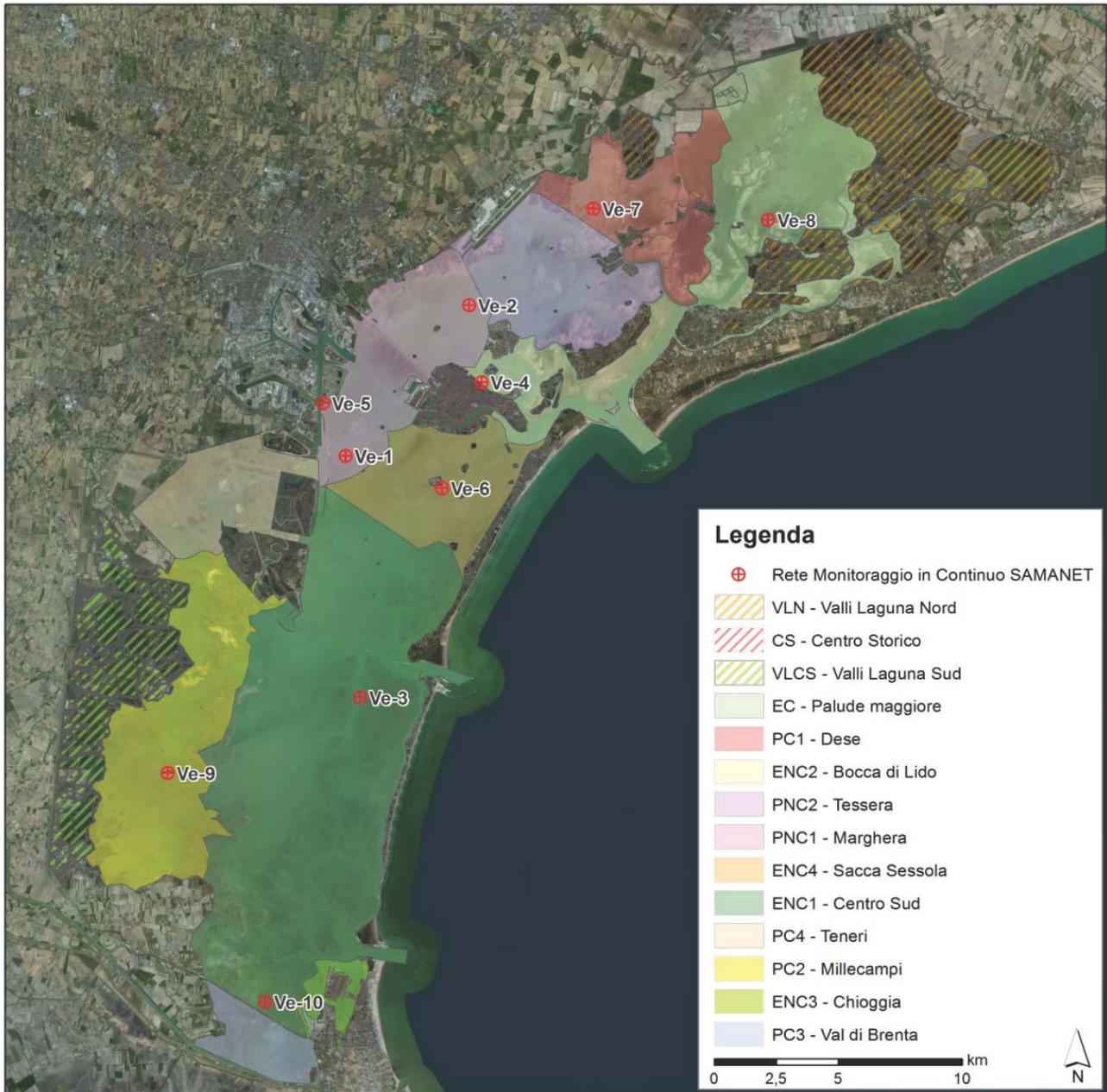
nella stazione Ve-7 tra il 2 e il 3 luglio 2012. Situazioni transitorie di ipossia della durata di alcune ore, con valori dell'ossigeno disciolto compresi tra 1 e 2 mg/l sono invece riscontrabili sia nel 2011 sia nel 2012. Tali eventi però non sono mai durati più di un giorno all'anno.

**Tabella 17. Condizioni di ossigenazione dei corpi idrici della laguna di Venezia come risulta dai dati del monitoraggio del Magistrato alle Acque di Venezia (Fonte: Magistrato alle Acque "Risultati dei monitoraggi condotti dal MAV nel 2011 e 2012 e aggiornamento della classificazione di stato chimico. Marzo 2013").**

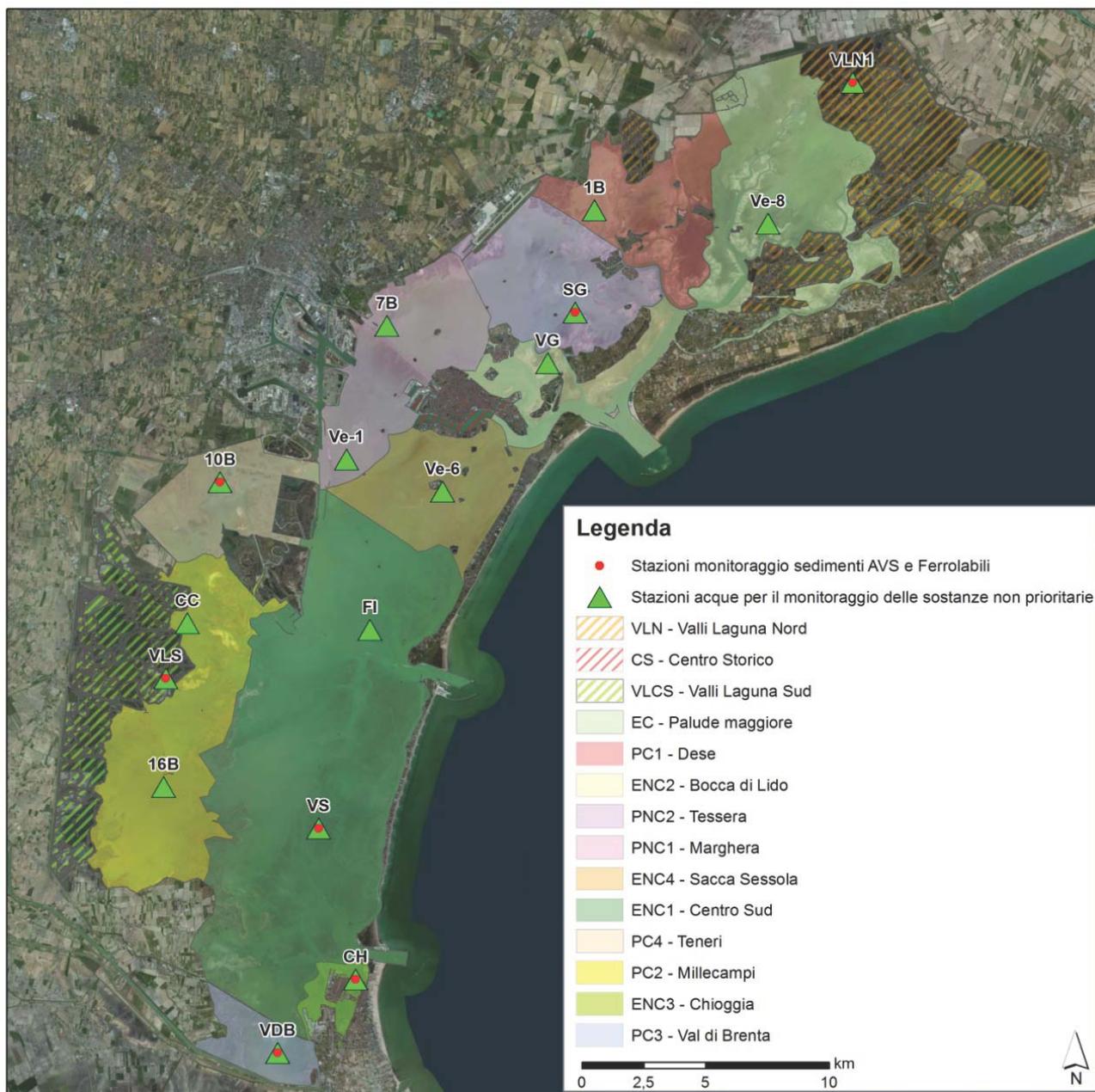
Corpo idrico	Nome	Monitoraggio ossigeno in continuo	Monitoraggio operativo 2011		Monitoraggio operativo 2012	
			Condizioni di ossigenazione		Condizioni di ossigenazione	
			ANOSSIA per 1 o più gg	ANOSSIA < 1 gg o IPOSSIA	ANOSSIA per 1 o più gg	ANOSSIA < 1 gg o IPOSSIA
EC	Ve-8 Palude Maggiore	X	Nessun evento	Nessun evento	Nessun evento	Nessun evento
PC1	Ve-7 Dese	X	Nessun evento	Nessun evento	Nessun evento	1 evento (Ve 7)
ENC2	Ve-4 Bocca di Lido	X	Nessun evento	1 evento (Ve 4)	Nessun evento	Nessun evento
PNC1	Ve-1 e Ve-2 Marghera	X	Nessun evento	1 evento (Ve 1)	Nessun evento	2 eventi (Ve-1)
ENC4	Ve-6 Sacca Sessola	X	Nessun evento	Nessun evento	Nessun evento	Nessun evento
ENC1	Ve-3 e Ve-10 Centro Sud	X	Nessun evento AVS/LFe <0.25	2 eventi (Ve-3 e Ve-10)	Nessun evento AVS/LFe <0.25	Nessun evento
PC2	Ve-9 Millecampi	X	Nessun evento	Nessun evento	Nessun evento	Nessun evento

**Tabella 18. Classificazione dei corpi idrici della laguna di Venezia in base al superamento dei limiti di classe B/S per il rapporto tra i solfuri volatili disponibili e il ferro labile (AVS/LFe) nei sedimenti. (Dati Magistrato alle Acque elaborati ai sensi del D.M. 260/2010 tab. 4.4.2/b)**

Corpo idrico	Nome	Rapporto AVS/LFe		Classificazione stato
		2011	2012	
PNC2	Tessera	AVS/LFe <0.25	AVS/LFe <0.25	Buono
PC4	PC4 - Teneri	AVS/LFe <0.25	AVS/LFe <0.25	Buono
ENC3	Chioggia	AVS/LFe >0.25 solo in agosto	AVS/LFe >0.25 solo in agosto	Sufficiente
PC3	Val di Brenta	AVS/LFe >0.25 solo in agosto	AVS/LFe >0.25 solo in agosto	Sufficiente
CS	Centro Storico	Non monitorato	Non monitorato	n.c.
VLN	Valli Laguna Nord	AVS/LFe >0.25 solo in agosto	AVS/LFe >0.25 solo in agosto	Sufficiente
VLCS	Valli laguna centro sud	AVS/LFe >0.25 solo in agosto	AVS/LFe >0.25 solo in agosto	Sufficiente



**Figura 8. Localizzazione delle 10 stazioni della Rete SAMANET del MAG. ACQUE – UTA (Fonte: Magistrato alle Acque - Risultati dei monitoraggi condotti dal MAV nel 2011 e 2012 e aggiornamento della classificazione di stato chimico. Marzo 2013).**



**Figura 9. Localizzazione delle stazioni (in rosso) di monitoraggio dei parametri AVS e Ferro labile nei sedimenti (Fonte: Magistrato alle Acque - Risultati dei monitoraggi condotti dal MAV nel 2011 e 2012 e aggiornamento della classificazione di stato chimico. Marzo 2013)**

## 4 PRIMA IDENTIFICAZIONE DELLO STATO ECOLOGICO AI SENSI DEL D.M. 260/2010

### 4.1 Elementi di Qualità Biologica

Come riportato nel documento di pianificazione (Piano di Monitoraggio, 2010), sulla base dell'individuazione delle pressioni insistenti per ciascuno dei corpi idrici della laguna, sono stati selezionati gli EQB più sensibili (Tabella 19).

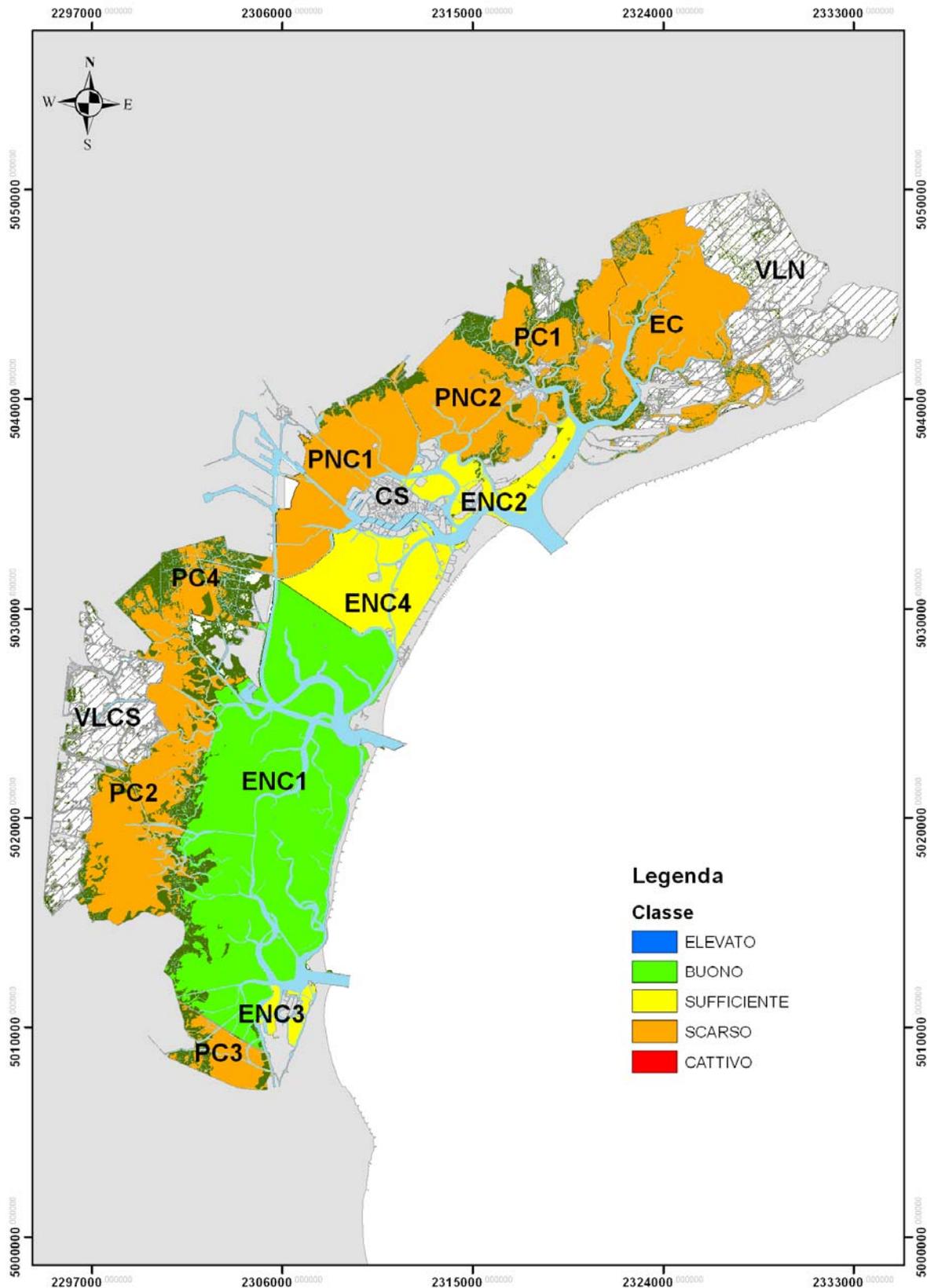
**Tabella 19. Elenco delle pressioni e relativi elementi di qualità biologica sensibili da monitorare in ciascun corpo idrico della laguna di Venezia (tratto da Piano di Monitoraggio, 2010).**

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 e arricchimento di nutrienti e carico organico	macroalghe, invertebrati bentonici
	VLCS	Ridotto idrodinamismo, eutrofizzazione arricchimento di nutrienti e carico organico	macroalghe, invertebrati bentonici

In Tabella 20 sono riassunte le classificazioni dei CI della laguna di Venezia risultate dal monitoraggio effettuato nel 2011 secondo tali EQB. Nell'ultima colonna della Tabella 20 è riportata la classificazione dei CI lagunari derivante dall'applicazione del metodo previsto dal D.M. 260/2010, in recepimento alla Direttiva 2000/60/CE, ovvero di classificare con la classe più bassa risultante dai dati di monitoraggio degli EQB. In Figura 10 è rappresentata la mappa dei CI risultante da tale procedura.

**Tabella 20. Classificazione dei CI della laguna (esclusi i CI 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	Macrofite MaQI	Macroinvertebrati bentonici M-AMBI	Giudizio peggiore derivante dagli Elementi Biologici
EC	Sufficiente	Scarso	Scarso
ENC1	Buono	Buono	Buono
ENC2	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
ENC3	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
ENC4	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
PC1	Scarso	Sufficiente	Scarso
PC2	Scarso	Buono	Scarso
PC3	Scarso	Sufficiente	Scarso
PC4	Scarso	Sufficiente	Scarso
PNC1	Scarso	Sufficiente	Scarso
PNC2	Scarso	Sufficiente	Scarso



**Figura 10. Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici della laguna di Venezia risultata dal giudizio peggiore derivante dagli EQB Macroalghe, Fanerogame e Macroinvertebrati bentonici.**

#### **4.1.1 FASE I: Integrazione tra elementi di qualità biologica ed elementi di qualità fisico-chimica a supporto**

I risultati delle analisi dei nutrienti ricercati nelle acque dei corpi idrici della Laguna di Venezia, necessari all'applicazione della FASE I prevista dal D.M. 260/2010 per la classificazione ecologica ai sensi della Direttiva 2000/60/CE, hanno mostrato superamenti dei limiti di classe Buono/Sufficiente unicamente per il parametro DIN sia nel 2011 nel corpo idrico PC4, che nel 2012 in tutti i corpi idrici fatta eccezione per ENC2 e VLCS. Il parametro P-PO<sub>4</sub> è sempre risultato inferiore al limite di classe del D.M. 260/2010 e in alcuni casi i valori analizzati non hanno superato il limite di quantificazione della metodica analitica. In base a quanto definisce la normativa nazionale, gli elementi chimico fisici a supporto entrano in gioco quando il giudizio peggiore tra gli EQB determina per i corpi idrici uno stato buono o elevato. Qualora, infatti, gli elementi di qualità biologica monitorati consentano di classificare le acque di transizione in stato buono o elevato, ma, per uno o entrambi i nutrienti, siano superati i limiti di classe riportati in Tab 4.4.2/a del D.M. 260/2010, e comunque di un incremento non superiore al 75% del limite di classe riportato nella suddetta tabella, le autorità competenti possono non declassare automaticamente a sufficiente il corpo idrico, purché attivino un approfondimento dell'attività conoscitiva, un'analisi delle pressioni e degli impatti ed il contestuale avvio di un monitoraggio di indagine basato su:

- a) la verifica dello stato degli elementi di qualità biologica rappresentativi dello stato trofico del corpo idrico (macroalghe, angiosperme e fitoplancton);
- b) il controllo dei nutrienti con frequenza mensile.

In base agli indici applicati agli Elementi di Qualità Biologica il corpo idrico ENC1 è risultato l'unico in stato buono ed ha presentato un minimo superamento di classe B/S per il DIN nel 2012 con valori di media annuale pari a 19 µM a fronte di un limite di 18 µM.

Il D.M. 260/2010 prevede quali siano le attività necessarie per escludere il declassamento del corpo idrico con superamento inferiore al 50% di uno o entrambi i parametri, come nel caso specifico, ossia:

- attuazione di un monitoraggio d'indagine come sopra dettagliato per un solo anno;
- classificazione del corpo idrico in stato buono anche alla fine del successivo monitoraggio operativo, senza effettuare un ulteriore monitoraggio di indagine, purché risultino assenti impatti sulla comunità biologica indagata e non sia presente una tendenza significativa di aumento della concentrazione dei nutrienti.

Nel caso in cui non sia attivata la procedura volta ad escludere il declassamento del corpo idrico sopra descritta, il D.M. 260/2010 specifica che poiché il monitoraggio degli elementi fisico-chimici è annuale, alla fine del ciclo di monitoraggio operativo (tre anni) si ottengono tre valori di concentrazione dei nutrienti. Il valore di concentrazione da utilizzare per la

classificazione è la media dei valori ottenuti per ciascuno dei tre anni di campionamento. Nel caso in cui le misure di risanamento ed intervento siano già in atto, si utilizzano solo i dati dell'ultimo anno.

Per quanto riguarda le condizioni di ossigenazione i risultati dei dati di monitoraggio delle sonde in continuo hanno mostrato per il corpo idrico ENC1 (l'unico risultato buono per gli EQB monitorati nel monitoraggio operativo) due eventi di anossia nel 2011 (14-15 luglio e 23-28 agosto, rispettivamente in Ve-10 e Ve-3) della durata inferiore ad 1 giorno in entrambe le stazioni monitorate in questo CI. Nel 2012 invece non si sono verificati eventi di anossia o ipossia.

Il D.M. 260/2010 prevede che in caso di condizioni anossia di durata inferiore ad un giorno ma ripetute per più giorni consecutivi (e/o condizioni di ipossia per più di 1 giorno) si debba effettuare per i due anni successivi e consecutivi al campionamento, la verifica dello stato dei macroinvertebrati bentonici quali elementi di qualità biologica indicativi delle condizioni di ossigenazione delle acque di fondo, al fine di verificare un ritardo nella risposta biologica. In assenza di impatti sulla comunità biologica per due anni consecutivi, il corpo idrico può essere classificato in buono stato ecologico (anche nel caso gli EQB siano in stato elevato), in caso contrario si classifica come sufficiente. Alla fine del monitoraggio operativo (tre anni) si classifica sulla base del valore peggiore nei tre anni. Nel caso in cui le misure di risanamento ed intervento siano già in atto, allora si utilizzano solo i dati dell'ultimo anno.

## 5 MONITORAGGIO ADDIZIONALE

Per disporre di un'informazione più completa è stato individuato un sottoinsieme di stazioni sulle quali monitorare tutti gli elementi di qualità biologica. I corpi idrici della laguna, infatti, sono frequentemente interessati dalla presenza di pressioni multiple, di cui può essere difficile definire la rilevanza relativa o assoluta e rispetto alle quali gli elementi di qualità più sensibili possono essere diversi. Limitando il monitoraggio ai soli elementi di qualità ritenuti a priori più sensibili alla pressione prevalente, si sarebbe corso il rischio di non vedere gli effetti delle altre pressioni, che comunque concorrono allo stato ecologico del corpo idrico.

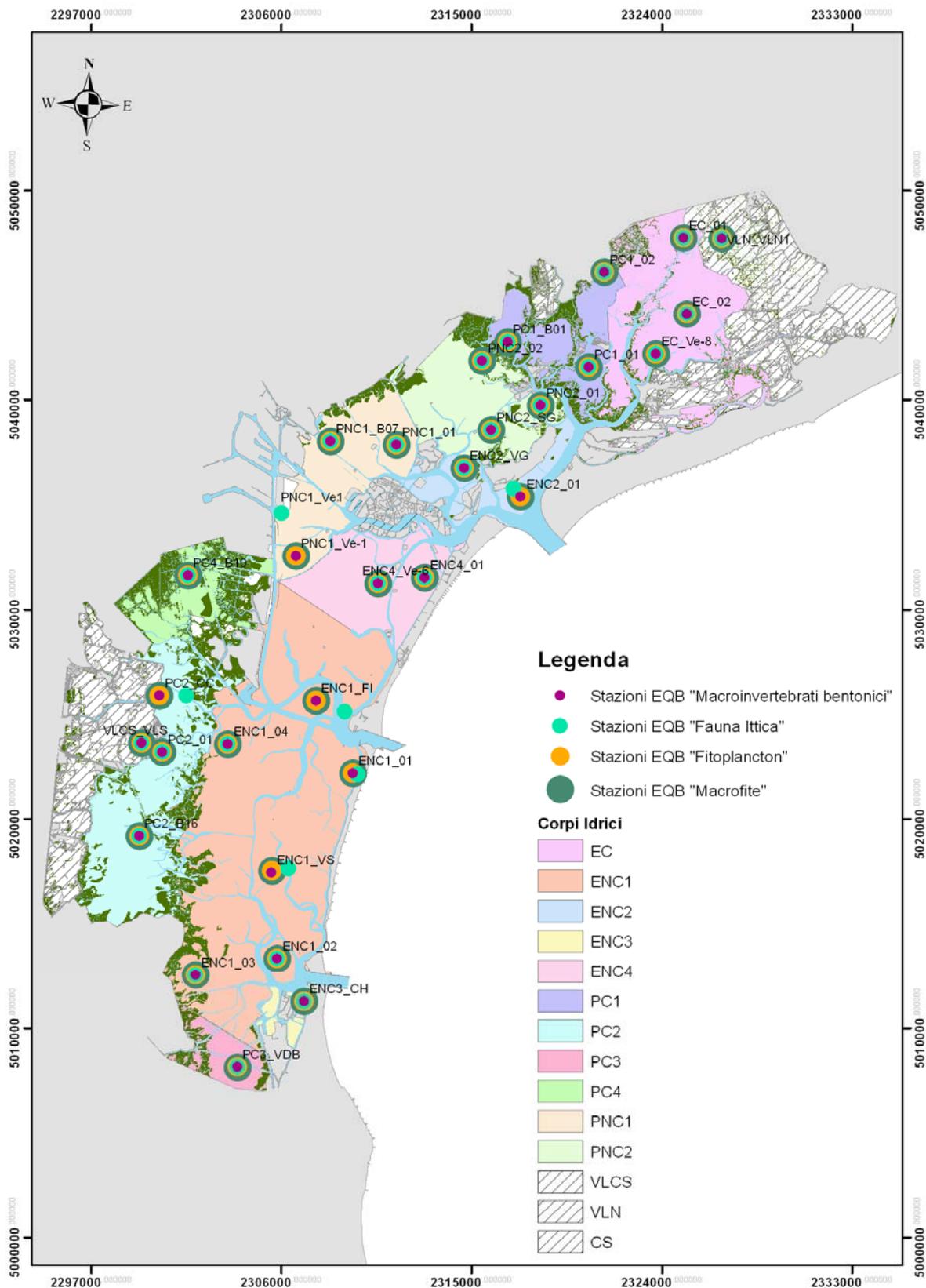
È stato quindi scelto di eseguire un monitoraggio addizionale in 30 stazioni, distribuite nell'intera laguna di Venezia, coincidenti con quelle relative all'indagine degli elementi di qualità fisico-chimica a supporto della classificazione ecologica, seguendo solo su queste stazioni le frequenze di campionamento nell'arco dell'anno, riferite al monitoraggio di sorveglianza.

In Tabella 21 sono riportate le coordinate Gauss-Boaga (Fuso Est) delle 30 stazioni di campionamento degli EQB fitoplancton, fauna ittica, macrofite (macroalghe e fanerogame marine) e macroinvertebrati bentonici. In Figura 11 è riportata la loro localizzazione spaziale.

**Tabella 21. Coordinate Gauss-Boaga delle 30 stazioni del Monitoraggio addizionale con indicati gli EQB indagati (MMF = Macrofite, B = Macroinvertebrati bentonici, Fa = Fauna ittica, Fi = Fitoplancton)**

Stazione	Gauss Boaga Fuso Est		EQB
	x	y	
EC_1	2325056	5047735	MMF/B/Fa/Fi
EC_2	2325228	5044097	MMF/B/Fa/Fi
EC_Ve-8	2323743	5042182	MMF/B/Fa/Fi
ENC1_1	2309391	5022175	MMF/B/Fi
ENC1_1	2309628,0	5022113,0	Fa
ENC1_2	2305813	5013339	MMF/B/Fa/Fi
ENC1_3	2301947	5012547	MMF/B/Fa/Fi
ENC1_4	2303480	5023542	MMF/B/Fa/Fi
ENC1_FI	2307650	5025604	MMF/B/Fi
ENC1_FI	2309006,5	5025100,1	Fa
ENC1_VS	2305560	5017509	MMF/Fi
ENC1_VS	2306361,7	5017626,1	Fa

ENC1_VS	2305560	5017509	B
ENC2_1	2305545,0	5017438,0	MMF/B/Fi
ENC2_1	2317018,6	5035766,6	Fa
ENC2_VG	2314676	5036743	MMF/B/Fa/Fi
ENC3_CH	2307093	5011256	MMF/B/Fa/Fi
ENC4_1	2312798	5031519	MMF/B/Fa/Fi
ENC4_Ve-6	2310582	5031242	MMF/B/Fa/Fi
PC1_1	2320575	5041541	MMF/B/Fa/Fi
PC1_1B	2316729	5042749	MMF/B/Fa/Fi
PC1_2	2321303	5046124	MMF/B/Fa/Fi
PC2_1	2300377	5023162	MMF/B/Fa/Fi
PC2_16B	2299280	5019185	MMF/B/Fa/Fi
PC2_CC	2300247	5025863	MMF/B/Fi
PC2_CC	2301518,4	5025849,5	Fa
PC3_VDB	2303924	5008122	MMF/B/Fa/Fi
PC4_10B	2301587	5031628	MMF/B/Fa/Fi
PNC1_1	2311459	5037837	MMF/B/Fa/Fi
PNC1_7B	2308338	5038011	MMF/B/Fa/Fi
PNC1_Ve-1	2306701	5032556	MMF/B/Fi
PNC1_Ve-1	2306018,2	5034599,2	Fa
PNC2_1	2318288	5039719	MMF/B/Fa/Fi
PNC2_2	2315523	5041857	MMF/B/Fa/Fi
PNC2_SG	2315953	5038555	MMF/B/Fa/Fi
VLCS_VLS	2299393	5023610	MMF/B/Fa/Fi
VLN_VLN1	2326873	5047729	MMF/B/Fa/Fi



**Figura 11. Localizzazione delle stazioni di campionamento degli EQB Macroinvertebrati bentonici, Macrofite, Fitoplancton e Fauna ittica, indagate per il monitoraggio addizionale.**

## **5.1 Fitoplancton**

### **5.1.1 Rete di monitoraggio**

In Figura 11 è riportata la localizzazione spaziale delle 30 stazioni di campionamento monitorate per l'elemento di qualità biologica "Fitoplancton".

Il monitoraggio addizionale per questo EQB è stato realizzato nelle quattro stagioni e precisamente nei mesi di maggio (primavera), agosto (estate), novembre (autunno) 2011, e gennaio-febbraio-marzo (inverno) 2012.

La campagna invernale, organizzata per la marea di quadratura dei giorni 30/01-03/02/2012, è stata interrotta a causa delle condizioni meteo avverse intercorse nell'intero mese di febbraio 2012 (pioggia, vento di bora, neve e addensamenti di ghiaccio in laguna) e si è conclusa circa un mese dopo dall'inizio del campionamento.

### **5.1.2 Campionamento e analisi**

Il campionamento del fitoplancton e della clorofilla *a* è stato effettuato tramite bottiglia Niskin (capacità 5 l) a 0.5 m dalla superficie in condizioni di marea di quadratura al fine di ridurre la variabilità dovuta alla marea.

Dalla bottiglia di campionamento l'acqua è stata immediatamente spillata in bottiglie di vetro scuro (250 ml), per il campione relativo alle abbondanze del fitoplancton e in bottiglie di plastica scura da 2 litri per la biomassa fitoplanctonica (clorofilla *a*). Il campione di fitoplancton è stato immediatamente fissato con soluzione di lugol (concentrazione finale 1%).

Sia i campioni di fitoplancton che i campioni di clorofilla *a* sono stati mantenuti in luogo fresco ed al riparo dalla luce fino al momento dell'analisi in laboratorio. Una volta giunti in laboratorio i campioni sono stati trattati ed analizzati con metodiche standard:

- Per l'analisi qualitativa e quantitativa del fitoplancton si è fatto riferimento al manuale ICRAM –MATT (Cicero, Di Girolamo 2001) Scheda 11.
- La determinazione della clorofilla *a* è stata eseguita seguendo il metodo EPA 445.0 (Arar e Collins, 1997).

Dopo l'analisi dei campioni di fitoplancton al microscopio, i valori di abbondanza sono stati organizzati in fogli elettronici specie/campione. Tutte le specie sono state revisionate e conformate ad eventuali sinonimi tramite i database World Register of Marine Species WoRMS -World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/>) e Algaebase, Listing the World's Algae <http://www.algaebase.org/>. I dati biologici (fitoplancton e

clorofilla *a*) hanno subito una trasformazione logaritmica ( $\log_{10} (N+1)$ ) e di doppia radice ( $N^{1/4}$ ) per ovviare alla loro distribuzione non normale, in accordo con Sokal e Rohlf (1981).

Al fine di caratterizzare le associazioni fitoplanctoniche caratteristiche per raggruppamenti scelti a priori (campagne stagionali o corpi idrici) è stato applicato l'indice IndVal (Indicator Value) proposto da Dufrêne & Legendre nel 1997.

Alti valori di IndVal indicano che i taxa non sono presenti nei campionamenti in maniera casuale, ma invece che i taxa caratteristici di ciascun gruppo costituiscono delle "associazioni fitoplanctoniche" (phytoplankton assemblages; Anneville et al., 2002).

### **5.1.3 Proposta di applicazione dell'indice MPI**

Per dare una valutazione di qualità dei corpi idrici attraverso l'EQB fitoplancton, ai dati di abbondanza e clorofilla *a* si è applicato l'indice multiparametrico MPI (Multimetric Phytoplankton Index). Sebbene al momento la normativa vigente (D.M. 260/2010) non abbia ancora adottato criteri di classificazione dei corpi idrici sulla base del suddetto EQB, l'indice MPI è stato proposto in fase di intercalibrazione europea come indice di qualità italiano basato sul fitoplancton per le acque di transizione (Facca et al. 2011). La sua validazione è ancora in corso d'opera, ma risulta conforme ai requisiti della Direttiva 2000/60/CE.

Nella presente relazione si è tenuto conto delle condizioni di riferimento che si fondano su di una base di dati di vari sistemi di transizione italiani provenienti dal Sistema Informativo Nazionale per la Tutela delle Acque Italiane (SINTAI) di ISPRA e dati sulla laguna di Venezia dell'Università di Venezia e di CNR-ISMAR Venezia.

La definizione ufficiale delle condizioni di riferimento su cui basare MPI per dare una valutazione della qualità delle acque dei sistemi di transizione italiani è un processo tuttora in atto.

Per ogni metrica è stato tenuto conto del risultato migliore, che non necessariamente si riferisce sempre alla stessa stazione; quindi è possibile che non venga identificata una stazione migliore in assoluto per tutte e 4 le metriche, ma più stazioni in cui vengono raggiunti i valori più alti per le singole metriche. Tale approccio rientra comunque nelle opzioni previste dai documenti tecnici predisposti per l'implementazione della WFD.

Le diverse condizioni di riferimento sono state individuate per 2 diverse tipologie di corpo idrico: aree confinate e non confinate.

In Tabella 22 sono esposti i diversi termini di riferimento relativi ad ogni metrica.

**Tabella 22. Valori di riferimento provvisori per il calcolo del rapporto di qualità ecologica**

	Confinato	Non confinato
Metrica I: <b>100-<math>\delta</math>2</b> (indice di dominanza di Hulburt)	88	56
Metrica II: <b>100-F</b> (frequenza dei <i>bloom</i> )	100	91.7
Metrica III: indice di menhinick	0.07	0.056
Metrica IV: 1/clorofilla <i>a</i>	1.25	2.22

I rapporti di qualità ecologica (Ecological Quality Ratio, EQR), calcolati comparando ciascuna metrica con i rispettivi valori di riferimento, vengono mediati tra loro per formulare l'indice finale, il cui valore varia tra 0 e 1.

Le diverse classi di qualità sono state individuate suddividendo l'indice in 5 intervalli equidistanti (da bad a high) come riportato in Tabella 23 dove sono indicati anche i colori di riferimento.

I risultati della prima applicazione dell'indice MPI sono riportati in Tabella 24.

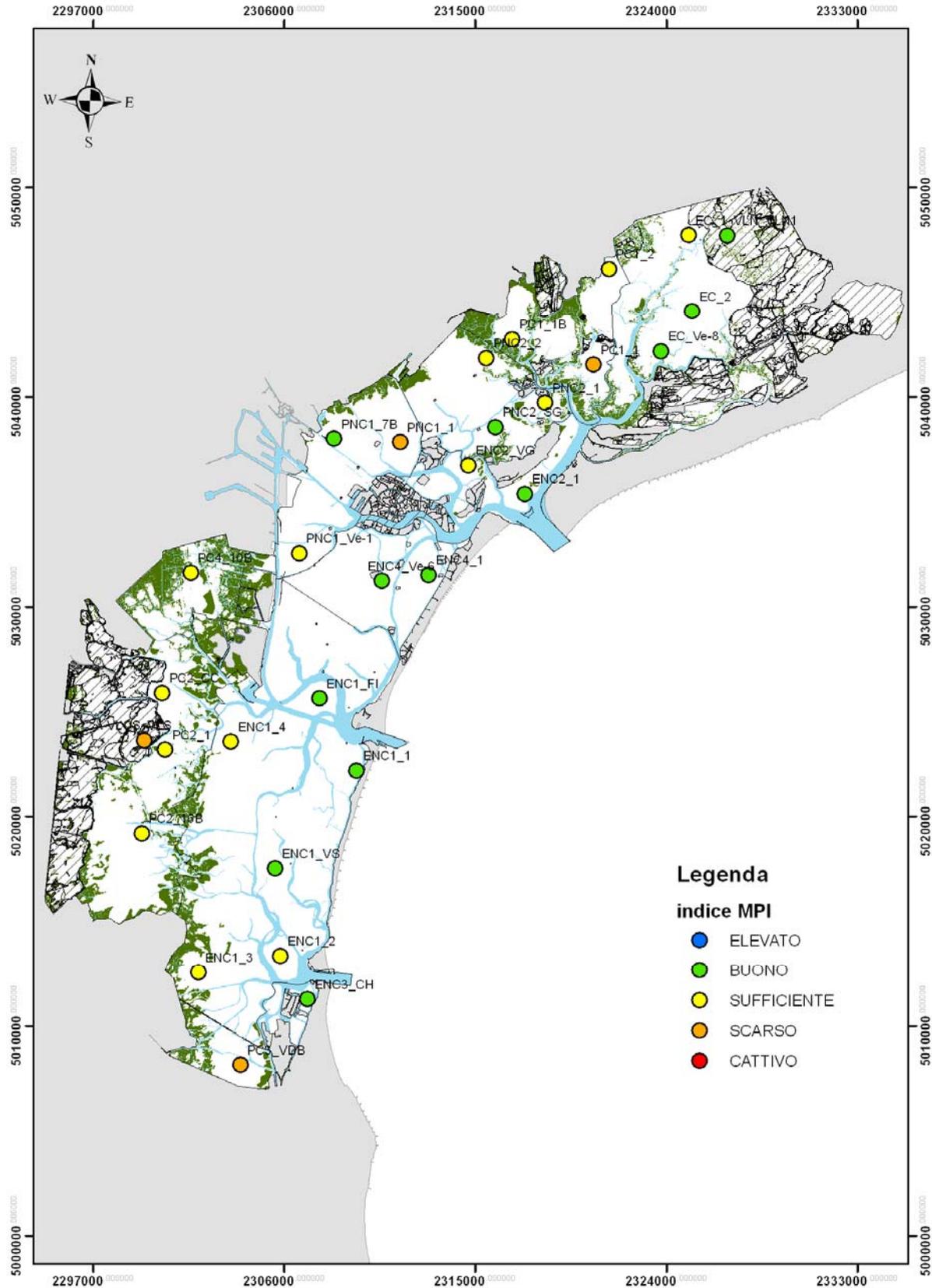
**Tabella 23. Definizione degli intervalli per l'individuazione delle classi di qualità.**

Classe	Minimo	Massimo
Elevato	0.81	1
Buono	0.61	0.8
Sufficiente	0.41	0.6
Scarso	0.21	0.4
Cattivo	0	0.2

In linea generale le stazioni appartenenti a corpi idrici non confinati evidenziano un gradiente di qualità crescente nello spostamento dalle aree più interne verso quelle più prossime alle bocche di porto; tutte le stazioni di questa tipologia sono classificate nelle classi di qualità ecologica "buono" o "sufficiente". Nelle aree lagunari confinate si registra una maggiore variabilità, con bassi valori dell'indice registrati in laguna sud ed in laguna centrale (classificazione di qualità ecologica raggiunta di valore "scarso" o "sufficiente"), mentre le stazioni della laguna nord risultano maggiormente variabili, con valori dell'indice che variano tra "scarso" e "buono". Le stazioni con qualità più bassa (scarso) sono quelle caratterizzate da valori di clorofilla *a* più alti, da diversità più bassa e da biomasse più alte a causa di fenomeni di fioritura stagionali.

**Tabella 24. Valori di MPI nelle stazioni di campionamento e misura e nei CI (se un corpo idrico è rappresentato da più stazioni l'indice del corpo idrico è la media delle stazioni che compongono l'indice). Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).**

CI	Stazioni	MPI	Classe
EC	EC-1	0.48	Sufficiente
	EC-2	0.65	Buono
	EC-VE8	0.73	Buono
ENC1	ENC1-1	0.65	Buono
	ENC1-2	0.57	Sufficiente
	ENC1-3	0.41	Sufficiente
	ENC1-4	0.59	Sufficiente
	ENC1-FI	0.63	Buono
	ENC1-VS	0.63	Buono
ENC2	ENC2-1	0.62	Buono
	ENC2-VG	0.48	Sufficiente
ENC3	ENC3-CH	0.64	Buono
ENC4	ENC4-1	0.60	Buono
	ENC4-VE6	0.62	Buono
PC1	PC1-1	0.39	Scarso
	PC1-1B	0.44	Sufficiente
	PC1-2	0.47	Sufficiente
PC2	PC2-1	0.50	Sufficiente
	PC2-16B	0.53	Sufficiente
	PC2-CC	0.44	Sufficiente
PC3	PC3-VDB	0.28	Scarso
PC4	PC4-10B	0.50	Sufficiente
PNC1	PNC1_VE1	0.58	Sufficiente
	PNC1-1	0.40	Scarso
	PNC1-7B	0.69	Buono
PNC2	PNC2_1	0.56	Sufficiente
	PNC2_2	0.48	Sufficiente
	PNC2_SG	0.73	Buono
VLS	VLS_VLCS	0.22	Scarso
VLN	VLN-VLN-1	0.61	Buono



**Figura 12. Classificazione dello stato ecologico delle 30 stazioni del monitoraggio addizionale della laguna di Venezia in base ai risultati dell'indice MPI applicato all'EQB fitoplancton.**

## **5.2 Fauna Ittica**

### **5.2.1 Rete di monitoraggio**

In Figura 11 è riportata la localizzazione spaziale delle stazioni di campionamento per l'elemento di qualità biologica "Fauna Ittica". Il campionamento è avvenuto nel periodo primaverile, dal 9 al 20 maggio 2011, e autunnale, dal 17 al 28 ottobre 2011.

### **5.2.2 Campionamento e analisi**

Per il monitoraggio della fauna ittica è stata utilizzata una piccola sciabica da spiaggia (del tipo conosciuto localmente come "tratta da pesce novello"), lunga 10 m, con altezza massima di 2 m e con maglia di 2 mm. Per campagna di campionamento ed in ogni stazione sono state effettuate due tirate con la tratta. Ogni tirata era lunga 20 m con un'apertura della rete di circa 7.5 m, in modo da esplorare una superficie di fondo costante di 300 m<sup>2</sup> per stazione e per campagna (due repliche di 150 m<sup>2</sup> per stazione). Il sorting del pescato è stato effettuato sul campo, facendo in modo di manipolare con cautela gli esemplari catturati in modo tale da minimizzare i danni causati dalle operazioni di pesca. Quando nel campione erano presenti esemplari di difficile identificazione (stadi larvali e giovanili, adulti di specie di piccola taglia) questi sono stati sacrificati e portati in laboratorio. A questo scopo, gli esemplari sono stati immersi in una soluzione acquosa diluita di 2-fenossietanolo in dose letale e poi sono stati riposti in sacchetti di polietilene opportunamente siglati (data, stazione, numero della replica); i sacchetti sono stati poi riposti in contenitori refrigerati con ghiaccio e mantenuti ad una temperatura di circa 0°C fino all'arrivo in laboratorio. Qui i campioni raccolti sono stati immediatamente congelati a -20°C. Nel caso di esemplari di specie di facile identificazione o di elevato interesse conservazionistico questi sono stati fotografati su sfondo millimetrato e poi liberati.

In laboratorio poi si è proceduto all'analisi dei campioni raccolti. I campioni da processare venivano di volta in volta tolti dal congelatore e lasciati scongelare per 24 ore in frigorifero a circa 6°C. Una volta scongelato, ogni campione veniva processato secondo il seguente protocollo:

- Separazione delle specie presenti mediante identificazione tassonomica degli esemplari campionati. L'identificazione, oltre che basata sull'esperienza dei ricercatori di CEMAS-DAIS-UNIVE, è stata sempre confermata mediante confronto con la letteratura e l'iconografia scientifica sull'argomento (Tortonese, 1970, 1975; Whitehead et al., 1984-1986; Fisher et al., 1987; Gandolfi et al., 1991; e, limitatamente alle sole forme giovanili: Lo Bianco, 1969; Russel, 1976; Arias & Drake, 1990). L'identificazione è stata spinta fino al livello di specie; solo in casi sporadici, e relativamente ad esemplari in fase post-larvale o giovanile, l'identificazione è stata limitata al genere.

- Per ogni taxon così identificato, si è proceduto al conteggio degli individui e alla misura del peso totale per campione (+/-0,01 g oppure +/-0,001 g).

- Per ogni taxon sono state poi effettuate misure di lunghezza (Lunghezza Totale, LT, e Lunghezza Standard, LS, +/-1 mm oppure +/-0,1 mm) e peso umido (+/-0,01 g oppure +/-0,001 g) individuali. Nel caso in cui erano presenti meno di 100 individui per taxon, le misure sono state effettuate su tutti gli esemplari campionati. Nel caso di campioni più abbondanti, le misure sono state limitate ad un sottoinsieme casuale di 100 individui per taxon. Nel caso degli esemplari fotografati sul campo, la misura della lunghezza individuale è stata effettuata mediante utilizzo di un programma di analisi delle immagini; il peso è poi stato calcolato mediante utilizzo di specifiche regressioni lunghezza peso ( $P=a*Lb$ ) ricavate dalla banca dati di CEMAS-DAIS-UNIVE relativa alla fauna ittica della laguna di Venezia. Sulla base di questa informazione, è stato poi integrato, quando necessario, il dato relativo alla biomassa totale.

Sugli esemplari campionati è stato anche condotto un esame esterno per evidenziare la presenza di ectoparassiti, lesioni/emorragie/escrescenze e di deformità.

- Quando evidenziabile con un esame esterno, si è proceduto a determinare il sesso degli individui campionati e misurati (maschio, M; Femmina, F; non determinato, ND, nel caso degli stadi post-larvale e giovanile).

- Tutti gli esemplari di ogni campione sono stati nuovamente riposti in sacchetti siglati (data; stazione; replica; già esaminato, E) e nuovamente ricongelati a -20°C (questi campioni sono stati mantenuti separati da quelli ancora da analizzare). Gli esemplari di difficile identificazione o presentanti anomalie esterne sono stati invece conservati in contenitori con alcool etilico 80% denaturato e chiarificato; su ogni barattolo sono state riportate le seguenti indicazioni: taxon, data e stazione di campionamento, numero della replica.

- Per le specie ittiche che sono state complessivamente catturate nel corso delle due campagne del 2011 sono stati definiti i seguenti parametri: gruppo funzionale di appartenenza e gruppo trofico, abbondanza e biomasse.

Per quanto riguarda le misure di salinità, temperatura, ossigeno disciolto e torbidità, queste sono state rilevate in campo a circa metà della colonna d'acqua mediante sonda multiparametrica e torbidimetro.

### ***5.2.3 Proposta di applicazione dell'indice HFI modificato***

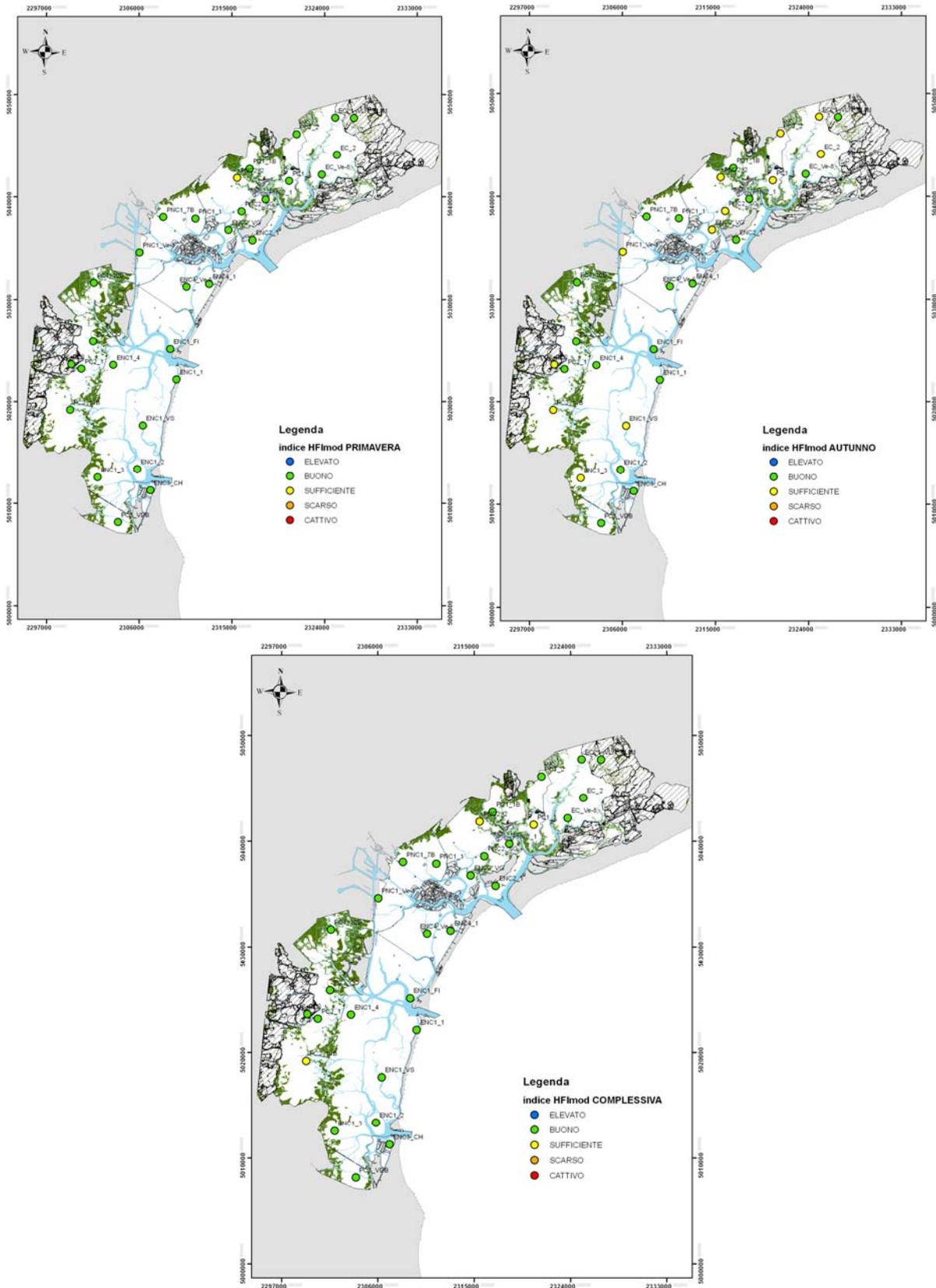
Per quanto concerne le acque di transizione italiane, ad oggi la normativa vigente (D.M. 260/2010) per l'EQB fauna ittica non prevede ancora i criteri tecnici di classificazione dei corpi idrici, quali l'indice da applicare, le soglie relative al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) per la suddivisione dello stato nelle 5 classi previste e i valori da applicare ai diversi

macrotipi (valori di riferimento tipo-specifici per l'applicazione dell'indice). Nell'ambito delle attività, in corso d'opera a livello Europeo, per la definizione dell'indice per l'EQB Fauna Ittica, è stato proposto e preso in considerazione l'indice multimetrico HFImod di cui si riporta una prima prova di applicazione con i dati del monitoraggio addizionale della Laguna di Venezia. Tale indice rappresenta l'evoluzione dell'indice HFI proposto da Franco et al. (2009) modificato allo scopo di sviluppare uno strumento, con la classica struttura di un indice multimetrico (Karr, 1981; Karr & Chu, 1999), che rispetti i vincoli dettati dalla Direttiva 2000/60/CE, che risponda in modo significativo alle variazioni di pressione antropica e che sia basato su un processo oggettivo, e riproducibile, messo a punto su dati raccolti in campo (Pérez-Dominguez et al., 2012).

L'indice ittico HFImod è stato applicato al data set relativo alle due campagne di monitoraggio condotte nel 2011, separatamente per stazione e per campagna di campionamento; l'indice HFImod tiene conto, nel calcolo degli EQR, sia dell'habitat caratteristico di ogni stazione (vegetato, non vegetato) sia della tipologia di corpo idrico (ENC, EC, PNC, PC; i corpi idrici fortemente modificati sono stati considerati, ai fini della presente indagine, come PC), oltre che del fattore "stagione". A titolo sperimentale per la classificazione dello stato ecologico di ogni stazione sono stati combinati assieme i dati relativi alle due campagne stagionali, mediante il calcolo della media aritmetica complessiva. Tutte le stazioni campionate in primavera sono state classificate in uno stato ecologico buono, con la sola eccezione della stazione PNC2\_2, in habitat non vegetato, che è stata classificata come sufficiente. Il quadro in autunno risulta meno favorevole, con 12 stazioni classificate in uno stato ecologico sufficiente e le rimanenti in uno stato buono. Le stazioni che non raggiungono lo stato ecologico buono sono distribuite in diversi corpi idrici e in diverse tipologie di corpo idrico; con la sola eccezione della stazione PC2\_16B, si tratta di stazioni di habitat non vegetato. Considerando la classe complessiva, risultante dalla media dei due campionamenti stagionali, solo 3 stazioni risultano in stato ecologico sufficiente, mentre tutte le altre risultano in stato "buono". I valori dell'indice HFImod e le relative classificazioni sono presentate in Tabella 25.

**Tabella 25. Valori dell'indice HFI mod e relativa classificazione per ciascuna stazione risultati a primavera, in autunno e come classe complessiva, calcolata come media tra le due campagne. Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO)**

C.I.	Stazione	HFI mod primavera	Classe primavera	HFI mod autunno	Classe autunno	Classe complessiva
EC	EC 1	0.51	Buono	0.47	Sufficiente	Buono
	EC 2	0.50	Buono	0.45	Sufficiente	Buono
	EC_Ve8	0.62	Buono	0.59	Buono	Buono
ENC1	ENC1_1	0.60	Buono	0.54	Buono	Buono
	ENC1_2	0.57	Buono	0.55	Buono	Buono
	ENC1_3	0.52	Buono	0.44	Sufficiente	Buono
	ENC1_4	0.60	Buono	0.58	Buono	Buono
	ENC1_FI	0.60	Buono	0.61	Buono	Buono
	ENC1_VS	0.54	Buono	0.44	Sufficiente	Buono
ENC2	ENC2_1	0.55	Buono	0.49	Buono	Buono
	ENC2_VG	0.59	Buono	0.47	Sufficiente	Buono
ENC3	ENC3_CH	0.55	Buono	0.56	Buono	Buono
ENC4	ENC4_1	0.52	Buono	0.54	Buono	Buono
	ENC4_Ve6	0.56	Buono	0.53	Buono	Buono
PC1	PC1_1	0.52	Buono	0.41	Sufficiente	Sufficiente
	PC1_2	0.52	Buono	0.44	Sufficiente	Buono
	PC1_3	0.48	Buono	0.52	Buono	Buono
PC2	PC2_1	0.58	Buono	0.50	Buono	Buono
	PC2_16B	0.49	Buono	0.43	Sufficiente	Sufficiente
	PC2_CC	0.52	Buono	0.51	Buono	Buono
PC3	PC3_VDB	0.51	Buono	0.50	Buono	Buono
PC4	PC4_10B	0.51	Buono	0.51	Buono	Buono
PNC1	PNC1_1	0.59	Buono	0.56	Buono	Buono
	PNC1_7B	0.53	Buono	0.53	Buono	Buono
	PNC1_Ve1	0.55	Buono	0.42	Sufficiente	Buono
PNC2	PNC2_1	0.54	Buono	0.52	Buono	Buono
	PNC2_2	0.45	Sufficiente	0.44	Sufficiente	Sufficiente
	PNC2_SG	0.56	Buono	0.42	Sufficiente	Buono
VLCS	VLCS_VLS	0.53	Buono	0.44	Sufficiente	Buono
VLN	VLN_VLN1	0.48	Buono	0.50	Buono	Buono



**Figura 13. Classificazione dello stato ecologico delle 30 stazioni della laguna di Venezia, secondo l'indice HFImod applicato all'EQB fauna ittica: nella mappa viene mostrata la classificazione risultata dai campionamenti di primavera, autunno e complessiva.**

## **5.3 Macroinvertebrati Bentonici**

### **5.3.1 Rete di monitoraggio**

In Figura 11 è riportata la localizzazione spaziale delle stazioni di campionamento per l'elemento biologico "Macroinvertebrati". Per questo EQB sono stati presi in considerazione i risultati delle 30 stazioni selezionate per il monitoraggio addizionale ed indagate in primavera per il monitoraggio operativo ed è stato realizzato un ulteriore campionamento nel periodo autunnale, nel mese di ottobre 2011, per simulare la frequenza di campionamento prevista per un monitoraggio di sorveglianza (cfr. Piano di Monitoraggio 2010).

### **5.3.2 M-AMBI e BITS**

I valori degli indici M-AMBI e BITS applicati all'EQB Macroinvertebrati bentonici e le rispettive classificazioni delle 30 stazioni individuate per il monitoraggio addizionale sono riportati in Tabella 26 e in Figura 14.

Considerando le 30 stazioni, la variabilità media è leggermente maggiore per il M-AMBI in ambedue le campagne e per il BITS nella campagna autunnale, mentre si abbassa per quest'ultimo nella campagna primaverile.

Il calcolo svolto su 30 stazioni nella stagione primaverile presenta la maggior parte delle stazioni classificate come buone per l'indice M-AMBI (13 stazioni su 30) e come sufficiente per l'indice BITS (16 stazioni su 30) nonostante la classificazione secondo l'indice BITS veda in molti casi un innalzamento della classe di qualità. In particolare, in cinque casi si ha un innalzamento di due classi (EC\_02, ENC1\_03, PC2\_CC, PNC1\_B07\_PNC2\_02), e in due stazioni addirittura di tre classi (PC1\_02 e PC2\_B16).

La classificazione basata sulla campagna autunnale vede un complessivo innalzamento della classe di qualità per molte stazioni per ambedue gli indici.

I risultati evidenziano, in modo inatteso, un complessivo innalzamento delle classi di qualità, anche se i valori continui dei vari descrittori non sembrano evidenziare trend chiari.

**Tabella 26. Valore degli indici e classificazione calcolati per le 30 stazioni nelle campagna primaverile e autunnale. Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO) sia per l'indice M-AMBI sia per l'indice BITS.**

CI	ID Stazione	Campagna primaverile				Campagna autunnale			
		M-AMBI	BITS	Classe M-AMBI	Classe BITS	M-AMBI	BITS	Classe M-AMBI	Classe BITS
EC	EC_01	0.61	0.77	Sufficiente	Buono	0.46	0.60	Cattivo	Sufficiente
EC	EC_02	0.37	0.67	Cattivo	Sufficiente	0.59	0.90	Sufficiente	Elevato
EC	EC_Ve8	0.57	0.49	Scarso	Sufficiente	0.65	0.81	Sufficiente	Buono
ENC1	ENC1_01	0.77	0.89	Buono	Elevato	0.66	0.81	Sufficiente	Buono
ENC1	ENC1_02	0.88	0.73	Buono	Buono	0.79	1.22	Buono	Elevato
ENC1	ENC1_03	0.58	0.99	Sufficiente	Elevato	0.65	0.53	Sufficiente	Sufficiente
ENC1	ENC1_04	0.74	0.51	Buono	Sufficiente	0.58	0.67	Sufficiente	Sufficiente
ENC1	ENC1_FI	0.95	0.63	Buono	Sufficiente	0.84	0.66	Buono	Sufficiente
ENC1	ENC1_VS	0.62	0.69	Sufficiente	Buono	0.35	1.01	Cattivo	Elevato
ENC2	ENC2_01	0.74	0.70	Buono	Buono	0.71	0.96	Sufficiente	Elevato
ENC2	ENC2_VG	0.68	0.55	Sufficiente	Sufficiente	0.54	0.63	Scarso	Sufficiente
ENC3	ENC3_CH	0.72	0.54	Buono	Sufficiente	0.97	0.85	Elevato	Buono
ENC4	ENC4_01	0.58	0.60	Sufficiente	Sufficiente	0.69	0.81	Sufficiente	Buono
ENC4	ENC4_Ve6	0.80	0.62	Buono	Sufficiente	0.77	0.84	Buono	Buono
PC1	PC1_01	0.89	0.68	Buono	Sufficiente	0.86	0.92	Buono	Elevato
PC1	PC1_02	0.57	1.01	Scarso	Elevato	0.55	0.97	Scarso	Elevato
PC1	PC1_B01	0.59	0.81	Sufficiente	Buono	0.75	0.66	Buono	Sufficiente
PC2	PC2_01	0.95	0.89	Buono	Elevato	0.71	1.06	Sufficiente	Elevato
PC2	PC2_B16	0.52	0.97	Scarso	Elevato	0.91	0.85	Buono	Buono
PC2	PC2_CC	0.58	0.88	Sufficiente	Elevato	0.72	1.04	Buono	Elevato
PC3	PC3_VDB	0.86	0.75	Buono	Buono	0.81	0.84	Buono	Buono
PC4	PC4_B10	0.76	1.11	Buono	Elevato	0.61	1.13	Sufficiente	Elevato
PNC1	PNC1_01	0.57	0.55	Scarso	Sufficiente	0.91	0.95	Buono	Elevato
PNC1	PNC1_B07	0.44	0.50	Cattivo	Sufficiente	0.41	0.55	Cattivo	Sufficiente
PNC1	PNC1_Ve1	0.68	0.62	Sufficiente	Sufficiente	0.62	0.57	Sufficiente	Sufficiente
PNC2	PNC2_01	0.53	0.64	Scarso	Sufficiente	0.89	0.73	Buono	Buono
PNC2	PNC2_02	0.46	0.64	Cattivo	Sufficiente	0.47	0.51	Scarso	Sufficiente
PNC2	PNC2_SG	0.96	0.54	Buono	Sufficiente	1.17	0.78	Elevato	Buono
VLCS	VLCS_VLS	0.52	0.48	Scarso	Sufficiente	0.52	0.62	Scarso	Sufficiente
VLN	VLN_VLN1	0.83	0.86	Buono	Buono	0.56	0.26	Scarso	Scarso

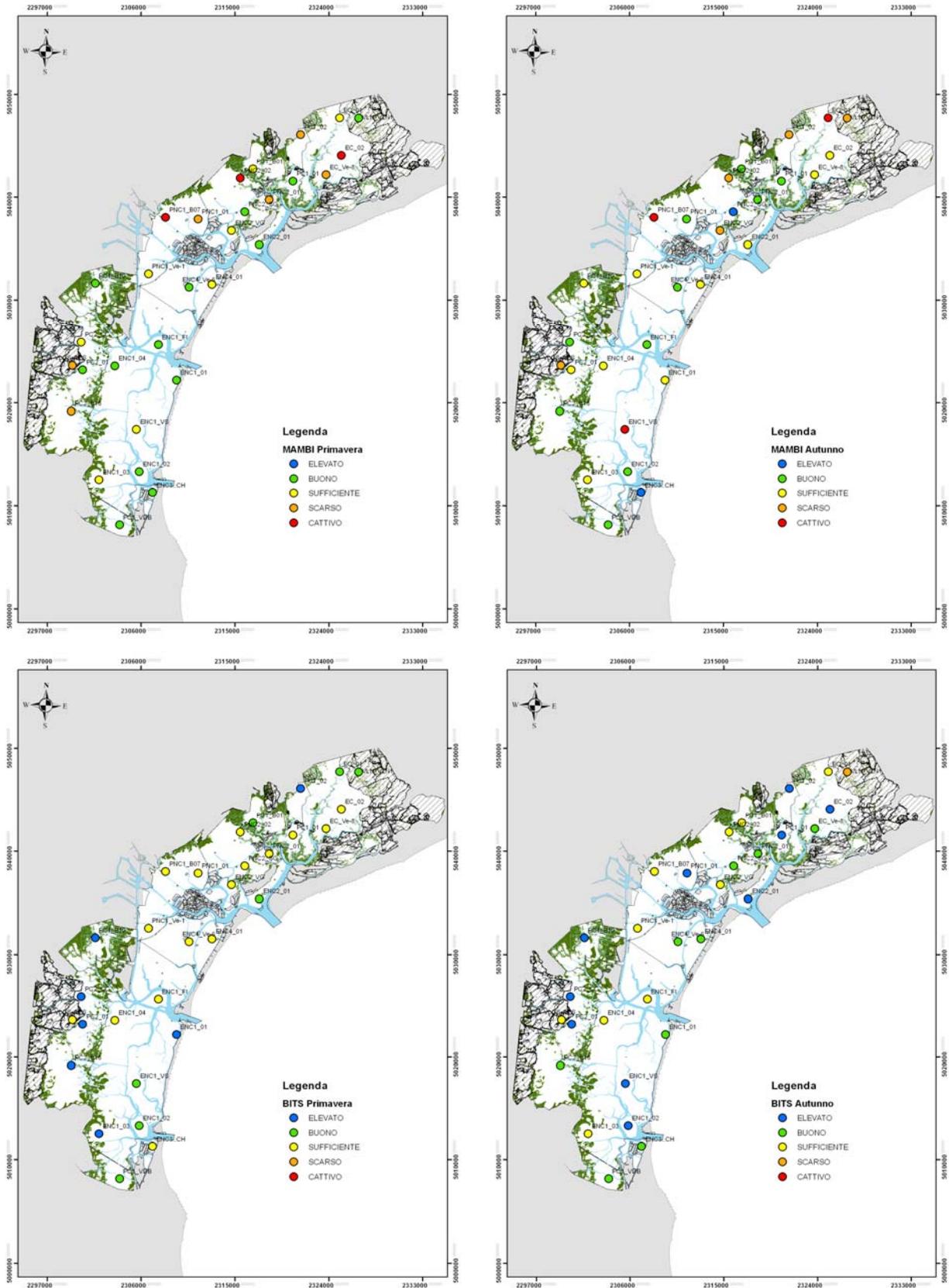


Figura 14. Classificazione delle 30 stazioni del monitoraggio aggiuntivo attraverso l'indice M-AMBI (sopra) e l'indice BITS (sotto)

## 5.4 Macrofite

### 5.4.1 Rete di monitoraggio

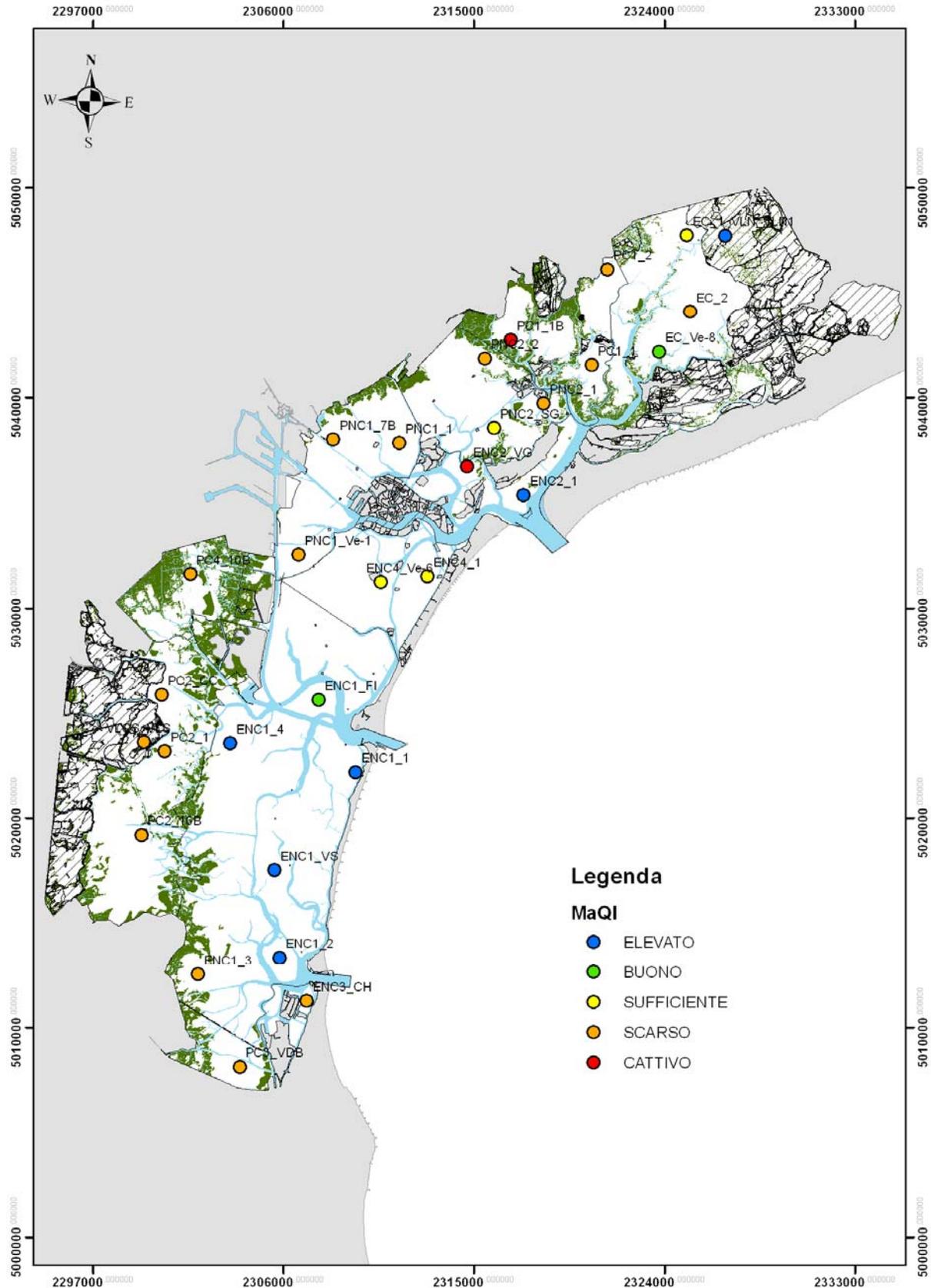
In Figura 11 è riportata la localizzazione spaziale delle stazioni di campionamento per l'elemento di qualità biologica "Macrofite". Per questo EQB non sono state previste campagne aggiuntive di indagine rispetto al monitoraggio operativo. Le 30 stazioni selezionate per il monitoraggio aggiuntivo fanno parte delle 112 complessivamente indagate in primavera e autunno 2011 e i cui risultati sono già stato discussi al paragrafo 1.2.

### 5.4.2 MaQI

I valori dell'indice MaQI e la rispettiva classificazione secondo l'EQB Macrofite per le 30 stazioni individuate per il monitoraggio aggiuntivo sono riportati in Tabella 27 ed in Figura 15.

**Tabella 27. Valutazione stato ecologico di ciascun C.I. applicando punteggio MaQI sulla media di ambedue le campagne di monitoraggio. Le classi di qualità sono espresse tramite i colori convenzionali (blu: ELEVATO; verde: BUONO; giallo: SUFFICIENTE; arancio: SCARSO; rosso: CATTIVO).**

CI	ID stazione	Punteggio MaQI	CI	ID stazione	Punteggio MaQI
EC	EC_1	0.45	PC1	PC1_1B	0.15
	EC_2	0.35		PC1_2	0.35
	EC_Ve-8	0.75		PC2	PC2_1
ENC1	ENC1_1	0.85	PC2_16B		0.35
	ENC1_2	1.00	PC2_CC		0.35
	ENC1_3	0.25	PC3	PC3_VDB	0.25
	ENC1_4	0.85	PC4	PC4_10B	0.35
	ENC1_VS	1.00	PNC1	PNC1_1	0.35
	ENC1_FI	0.65		PNC1_7B	0.35
ENC2	ENC2_VG	0.15		PNC1_Ve-1	0.35
	ENC2_1	0.85	PNC2	PNC2_1	0.35
ENC3	ENC3_CH	0.35		PNC2_2	0.35
ENC4	ENC4_1	0.55		PNC2_SG	0.45
	ENC4_Ve-6	0.55	VLS	VLCS_VLS	0.25
PC1	PC1_1	0.35	VLN	VLN_VLN1	0.85



**Figura 15. Classificazione delle 30 stazioni del monitoraggio aggiuntivo applicando l'indice MaQI all'EQB macrofite.**

## ***5.5 Risultati del Monitoraggio Addizionale***

Il monitoraggio addizionale è stato eseguito allo scopo di avere una panoramica complessiva della situazione della Laguna di Venezia attraverso tutti gli EQB previsti dalla Direttiva ed è stato scelto di applicare, a puro titolo indicativo, la frequenza di campionamento prevista dai protocolli per il monitoraggio di sorveglianza. In presenza di risultati multipli relativi a diverse campagne stagionali, dove non previsto dagli indici, è stato scelto, ai soli fini interpretativi di questo monitoraggio, di calcolare la media aritmetica dei risultati delle diverse campagne stagionali.

In Tabella 28 è riportata per ciascuna delle 30 stazioni la classificazione risultante applicando l'indice MaQI, l'indice MPI, l'indice HFI-mod, l'indice M-AMBI, rispettivamente relativi agli EQB Macrofite, Fitoplancton, Fauna Ittica e Macroinvertebrati bentonici.

È interessante osservare che delle 30 stazioni selezionate per il monitoraggio addizionale, solo una stazione (ENC1\_FI) ha presentato un risultato univoco per tutti gli EQB investigati risultando in stato "Buono" secondo tutti e 4 gli indici applicati (per l'indice BITS sarebbe risultata in stato sufficiente). Per tutte le altre stazioni si osservano invece dei risultati di classificazione differenti tra loro, a conferma della presenza di pressioni multiple in Laguna di Venezia, rispetto alle quali gli elementi di qualità più sensibili possono rispondere in modo diverso. Fermo restando che solo le Macrofite e i Macroinvertebrati bentonici hanno indici e condizioni di riferimento ben definite dalla normativa, si evidenzia per l'EQB Fauna ittica una situazione di sostanziale omogeneità tra i risultati ottenuti nelle diverse stazioni, dovuta in parte anche alla localizzazione delle stazioni con cui non è stato possibile cogliere l'eterogeneità della Laguna di Venezia relativamente a questo specifico EQB.

**Tabella 28. Confronto tra le classificazioni delle singole stazioni sulla base di MaQI (Macrofite), MPI (Fitoplancton), HFI-mod (Fauna Ittica) e M-AMBI (Macroinvertebrati bentonici)**

CI	ID stazione	Macrofite MAQI	Fitoplancton MPI	Fauna Ittica HFI-mod	Macroinvertebrati M-AMBI
EC	EC_1	Sufficiente	Sufficiente	Buono	Scarso
	EC_2	Scarso	Buono	Buono	Scarso
	EC_Ve-8	Buono	Buono	Buono	Sufficiente
ENC1	ENC1_1	Elevato	Buono	Buono	Sufficiente
	ENC1_2	Elevato	Sufficiente	Buono	Buono
	ENC1_3	Scarso	Scarso	Buono	Sufficiente
	ENC1_4	Elevato	Sufficiente	Buono	Sufficiente
	ENC1_VS	Elevato	Buono	Buono	Scarso
	ENC1_FI	Buono	Buono	Buono	Buono
ENC2	ENC2_VG	Cattivo	Sufficiente	Buono	Sufficiente
	ENC2_1	Elevato	Buono	Buono	Buono
ENC3	ENC3_CH	Scarso	Buono	Buono	Buono
ENC4	ENC4_1	Sufficiente	Sufficiente	Buono	Sufficiente
	ENC4_Ve-6	Sufficiente	Buono	Buono	Buono
PC1	PC1_1	Scarso	Scarso	Sufficiente	Buono
	PC1_1B	Cattivo	Sufficiente	Buono	Sufficiente
	PC1_2	Scarso	Sufficiente	Buono	Scarso
PC2	PC2_1	Scarso	Sufficiente	Buono	Buono
	PC2_16B	Scarso	Sufficiente	Sufficiente	Buono
	PC2_CC	Scarso	Sufficiente	Buono	Sufficiente
PC3	PC3_VDB	Scarso	Scarso	Buono	Buono
PC4	PC4_10B	Scarso	Sufficiente	Buono	Sufficiente
PNC1	PNC1_1	Scarso	Scarso	Buono	Buono
	PNC1_7B	Scarso	Buono	Buono	Cattivo
	PNC1_Ve-1	Scarso	Sufficiente	Buono	Sufficiente
PNC2	PNC2_1	Scarso	Sufficiente	Buono	Sufficiente
	PNC2_2	Scarso	Sufficiente	Sufficiente	Scarso
	PNC2_SG	Sufficiente	Buono	Buono	Elevato
VLS	VLCS_VLS	Scarso	Scarso	Buono	Scarso
VLN	VLN_VLN1	Elevato	Buono	Buono	Sufficiente

## 6 CONCLUSIONI

I risultati del monitoraggio presentato in questo documento comprendono sia quelli relativi al Monitoraggio Operativo, effettuato nel 2011 sugli EQB Macroalghe, Angiosperme e Macroinvertebrati bentonici identificati come significativi delle pressioni che insistono in ciascun corpo idrico, come richiesto dalla normativa, e per i quali il D.M. 260/2012 ha definito indici ed EQR per la classificazione ecologica; sia il monitoraggio Addizionale effettuato nel 2011 e 2012, su un sottoinsieme di stazioni, utilizzando sia gli EQB per cui non è ancora stato definito a livello normativo un sistema di classificazione (Fitoplancton, Fauna Ittica), sia gli EQB che fanno parte del Monitoraggio Operativo. Dall'applicazione degli indici MaQI e MAMBI secondo il D.M. 260/2010 emerge che l'unico corpo idrico risultato in stato buono è ENC1. Sono risultati in stato scarso EC, PC1, PC2, PC3, PC4, PNC1 e PNC2, mentre sono risultati in stato sufficiente ENC2, ENC3 ed ENC4. Per quanto riguarda l'indice BITS, pur essendo ritenuto facoltativo dal D.M. 260/2010 è stato allo stesso modo applicato all'EQB macroinvertebrati bentonici, evidenziando diversità significative con l'indice M-AMBI obbligatorio, invece, per la classificazione mediante l'EQB macroinvertebrati bentonici.

Si evidenzia come vi sia una convergenza tra classificazione effettuata con M-AMBI e MaQI per i corpi idrici ENC1, ENC2, ENC3, mentre per i corpi idrici Polialini vi sia generalmente una condizione peggiorativa data dall'EQB macrofite. Al contrario il corpo idrico EC risulta in stato scarso a causa dell'EQB macroinvertebrati bentonici.

Nessun corpo idrico risulta in stato "cattivo" e nessuno in stato "elevato".

Per quanto riguarda gli elementi di qualità fisico-chimica a supporto della classificazione ecologica, tale monitoraggio è stato eseguito stagionalmente a partire da febbraio 2011 fino a dicembre 2012. I risultati hanno permesso il calcolo delle medie annuali per ciascun corpo idrico effettuate, rispettivamente per il 2011 e il 2012, per i parametri ad oggi con limite di classe tra buono e sufficiente definiti dal D.M. 260/2010, ovvero DIN (Azoto inorganico disciolto) e PO<sub>4</sub> (Fosforo reattivo). Il confronto con i limiti di classe Buono/Sufficiente della normativa ha evidenziato per il DIN un unico superamento nel 2011 (corpo idrico PC4) e diversi superamenti nel 2012. Per il Fosforo reattivo non si sono verificati superamenti, ma anzi si sono riscontrati diversi casi in cui le concentrazioni presenti erano inferiori al limite di quantificazione della metodica analitica.

I dati sulle condizioni di ossigenazione provengono, invece, dalle indagini eseguite dal Magistrato alle Acque, sia attraverso le sonde in continuo sia attraverso l'analisi del rapporto AVS/LFe determinati nei sedimenti lagunari. Da tali dati è emerso che non si sono mai verificate situazioni di anossia (valori di ossigeno disciolto < 1 mg/l) per 1 o più giorni né nel 2011, né nel 2012, mentre si segnalano, per entrambi gli anni, transitorie condizioni di anossia della durata di alcune ore. Anche per quanto riguarda i rapporti AVS/LFe si sono

evidenziati alcuni casi di superamento del limite di classe Buono/Sufficiente sia nel 2011 che nel 2012.

Dall'integrazione tra i risultati derivanti dal giudizio peggiore degli EQB del monitoraggio operativo e gli elementi di qualità chimico-fisica si è sostanzialmente confermato lo stato ecologico determinato dagli EQB. Per il corpo idrico ENC1 risultato buono per gli EQB, ma che ha presentato condizioni di anossia di durata inferiore a 1 giorno ripetute per più giorni consecutivi nel 2011 e un superamento del limite Buono/Sufficiente per il DIN nel 2012, sono necessarie, come suggerisce il D.M., verifiche aggiuntive.

I risultati della FASE I di integrazione tra elementi di qualità biologica ed elementi di qualità fisico-chimica a supporto riportati in questo documento non variano anche considerando, come prevede il D.M. 260/2010, i parametri idromorfologici a supporto della classificazione ecologica che intervengono solo per confermare lo stato "elevato".

Per completare la classificazione ecologica dei corpi idrici della laguna di Venezia resta da completare la Fase II ovvero l'integrazione tra i risultati della Fase I con gli elementi chimici (altri inquinanti specifici).

## 7 BIBLIOGRAFIA

- Anneville O., Soussi S., Ibanez F., Ginot V., Druart J.C., Angeli. N., 2002. Temporal mapping of phytoplankton assemblages in Lake Geneva: annual and interannual changes in their patterns of succession. *Limnol. Oceanogr.*, 47 (5): 1355-1366.
- APHA, AWWA, WEF, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed.. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Arare. J., Collins G. B., 1997. In Vitro Determination of Chlorophyll *a* and Pheophytin *a* in Marine and Freshwater Algae by Fluorescence. EPA Methods – 445.0. Revision 1.2.
- Arias A.M., Drake P., 1990. Estados alevines y juveniles de la ictiofauna en los canos de las Salinas de la bahia de Cadiz. Instituto de Ciencias Marinas de Andalucia, Junta de Andalucia
- Cicero A.M., Di Girolamo. I., 2001. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003). Metodologie di riferimento. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. ICRAM © ICRAM . Roma.
- Dufrêne M., Legendre P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.*, 67: 345-366.
- Facca C., Pellegrino N., Ceoldo S., Tibaldo M., Sfriso A., 2011. Trophic Conditions in the Waters of the Venice Lagoon (Northern Adriatic Sea, Italy). *The Open Oceanography Journal*, 5: 1-13.
- Fisher W., Bauchot M.L. and Schneider (Eds), 1987. Fiches FAO d'Identification des especes pour les besoins de la peche. Mediterranee and Mer Noie. Vol. II Vertebres. FAO, Rome.
- Franco A., Torricelli P., Franzoi P., 2009. A habitat-specific fish-based approach to assess the ecological status of Mediterranean coastal lagoons. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1704-1717.
- Gandolfi G., Zerunian S., Torricelli P., Marconato A., 1991. I pesci delle acque interne italiane. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, XVI+617 pp.
- 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. EI-Pr-TW-Protocolli Monitoraggio-03.06
- ISPRA, UNIVE, 2010. Implementazione della Direttiva 2000/60/ce linea guida per l'applicazione del Macrophyte Quality Index (MaQI).
- ISPRA, UNIVE, 2012. Elemento di qualità biologica macrofite, Macrophyte quality index (maq): variazioni a seguito dei risultati dell'intercalibrazione nell'Ecoregione Mediterranea (Med-GIG). A. Sfriso, A. Bonometto, R. Boscolo, A.M. Cicero e F. Giovanardi.
- Karr J.R., 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6: 21-27.
- Karr J.R., Chu. E.W., 1999. Biological Monitoring and Assessment: Using Multimetric Indexes Effectively. University of Washington, Seattle, Washington, pp. 1–155.
- Lo Bianco S., 1969. Stazione Zoologica di Napoli. Eggs, larvae and juvenile stages of Teleostei. Israel Program for Scientific translations.
- Manuali e linee guida, ISPRA 56/2010. Metodologie di studio del plancton marino. ISPRA 2010.

- Minelli A., Ruffo S., La Posta S. (eds.), 1995. Checklist delle specie della fauna italiana. Calderini Editore, Bologna.
- Pérez-Domínguez, R., Maci, S., Courrat, A., Lepage, M., Borja, A., Uriarte, A., Neto, J.M., Cabral, H., St.Raykov, V., Franco, A., Alvarez, M.C., Elliott, M., 2012. Current developments on fish-based indices to assess ecological-quality status of estuaries and lagoons. *Ecological Indicators* 23, 34-45.
- Piano di Gestione, 2010. Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali (adottato con delibera dei Comitati Istituzionali dell'Autorità di Bacino dell'Adige e dell'Alto Adriatico in seduta comune in data 24 febbraio 2010) – 04 Subunità idrografica bacino scolante, laguna di Venezia e mare antistante.
- Russel F.S., 1976. The eggs and planktonic stages of British marine fishes. Academic Press, London
- SIBM, 2008., Checklist della fauna marina italiana. Parte 1.
- SIBM, 2010. Checklist della fauna marina italiana. Parte 2.
- Sokal, R. e Rohlf, J. 1981. Biometry. 2nd Ed., Freeman & Co., San Francisco: 859 pp
- Tortonese E., 1970. Fauna d'Italia. Vol. X. Osteichthyes 1, Ediz. Calderini, Bologna.
- Tortonese E., 1975. Fauna d'Italia. Vol. XI. Osteichthyes 2, Ediz. Calderini, Bologna.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M.-L., Hureau J.-C., Nielsen J. & Tortonese E. (eds.), 1984-86. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. UNESCO. Paris. I(1984). II(1986). III (1986).
- WoRMS [Appeltans, W., Bouchet P., Boxshall G.A., Fauchald K., Gordon D.P., Hoeksema B.W., Poore G.C.B., van Soest R.W.M., Stöhr S., Walter T.C., Costello M.J. (eds)], 2012. World Register of Marine Species. <http://www.marinespecies.org/>