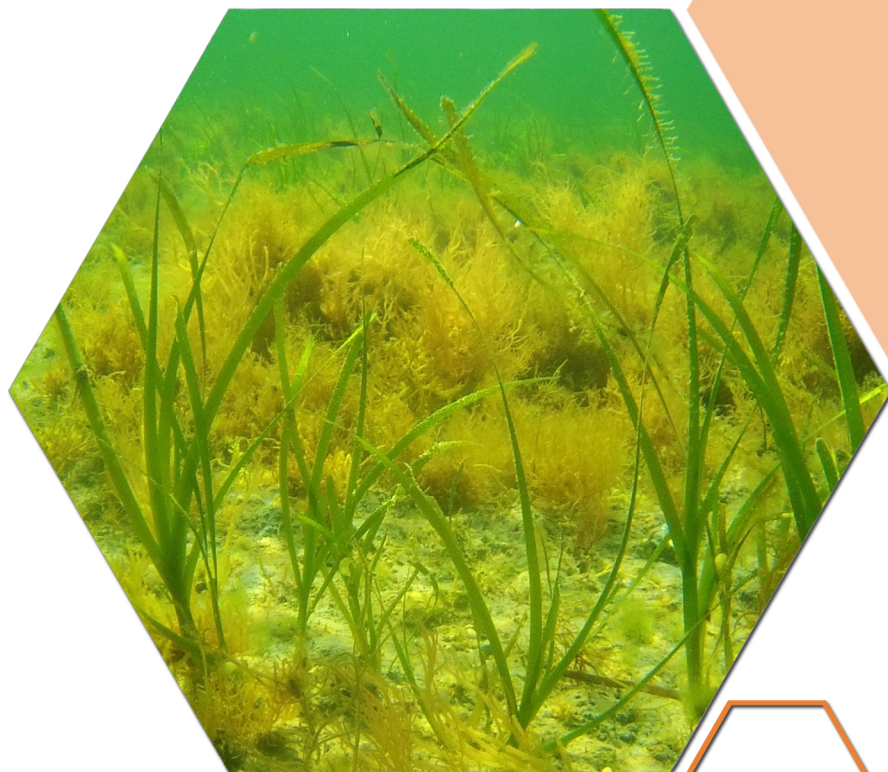


LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLA METODICA PER LA VALUTAZIONE DELL'EUTROFIZZAZIONE NELLE ACQUE DI TRANSIZIONE

Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 25.05.2022. Doc. n. 165/22.



LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLA METODICA PER LA VALUTAZIONE DELL'EUTROFIZZAZIONE NELLE ACQUE DI TRANSIZIONE

Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 25.05.2022 Doc. n. 165/22

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della Legge 28 giugno 2016, n.132 "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale".

Esso costituisce un vero e proprio Sistema a rete che fonde in una nuova identità quelle che erano le singole componenti del preesistente Sistema delle Agenzie Ambientali, che coinvolgeva le 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA), oltre a ISPRA.

La legge attribuisce al nuovo soggetto compiti fondamentali quali attività ispettive nell'ambito delle funzioni di controllo ambientale, monitoraggio dello stato dell'ambiente, controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, attività di ricerca finalizzata a sostegno delle proprie funzioni, supporto tecnico-scientifico alle attività degli enti statali, regionali e locali che hanno compiti di amministrazione attiva in campo ambientale, raccolta, organizzazione e diffusione dei dati ambientali che, unitamente alle informazioni statistiche derivanti dalle predette attività, costituiranno riferimento tecnico ufficiale da utilizzare ai fini delle attività di competenza della pubblica amministrazione.

Attraverso il Consiglio del SNPA, il Sistema esprime il proprio parere vincolante sui provvedimenti del Governo di natura tecnica in materia ambientale e segnala al MATM e alla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano l'opportunità di interventi, anche legislativi, ai fini del perseguimento degli obiettivi istituzionali. Tale attività si esplica anche attraverso la produzione di documenti, prevalentemente Linee Guida o Report, pubblicati sul sito del Sistema SNPA e le persone che agiscono per suo conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in queste pubblicazioni.

Citare questo documento come segue:

Bonometto A., Boscolo Brusà R., Cacciatore F., Ponis E., Ferrari C.R., Pigozzi S., Riccardi E., Blasutto O., Acquavita A., Aguzzi L., Porfido A., Sgaramella E., Ungaro N., Angius R., Manconi P., Novello M., Parati P. Linee guida per l'applicazione della metodica per la valutazione dell'eutrofizzazione nelle acque di transizione. Linee Guida SNPA 42/2022.

ISBN 978-88-448-1112-9

© Linee Guida SNPA, 42/2022

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

Coordinamento della pubblicazione online:

Daria Mazzella – ISPRA

Copertina: Ufficio Grafica ISPRA

Giugno 2022

ABSTRACT

La presente Linea Guida fornisce gli elementi tecnici per l'applicazione della metodologia per la valutazione dell'eutrofizzazione nelle acque di transizione contenuta nel documento "Criteri per la valutazione dell'eutrofizzazione nei corpi idrici superficiali" redatto dal GdL di cui al DD 407 del 2017 e con il contributo del gruppo di lavoro SNPA sottogruppo operativo "Eutrofizzazione – criteri di classificazione", che ha sperimentato e finalizzato la metodologia per le acque di transizione. Tale metodologia è stata messa a punto in relazione all'attuazione della Direttiva 91/676/CEE – Relazione ex art. 10.

La metodologia si basa su due fasi di valutazione: la FASE 1, che consiste in uno screening iniziale incentrato sullo stato delle Macrofite e degli elementi di qualità fisico-chimica a supporto degli elementi biologici (DIN e P-PO₄), sulla base delle soglie riportate nel DM 260/2010; la FASE 2, da attivare solo nelle situazioni non chiaramente attribuibili a una condizione eutrofizzata o non eutrofizzata, con la finalità di valutare con maggior dettaglio la trofia dei corpi idrici tramite il Transitional Water Quality Index (TWQI).

La Linea Guida riporta una sintesi della metodologia per la valutazione dell'eutrofizzazione nelle acque di transizione, i dettagli delle modalità di calcolo delle metriche utilizzate nelle due fasi previste dal metodo e una descrizione dell'applicazione sperimentale del metodo svolta in ambito SNPA a scala nazionale.

This Guideline provides technical elements for the application of the methodology for eutrophication assessment in transitional waters. The method, developed within the Directive 91/676/EEC, is included in the document "Criteria for the evaluation of eutrophication in surface water bodies" written by the DD 407/2017 Working Group and with the contribution of the SNPA working subgroup "Eutrophication - classification

criteria", which tested and finalised the methodology for transitional waters.

The assessment is based on two phases: PHASE 1) initial screening focused on the status of macrophytes and physical-chemical quality elements (Dissolved Inorganic Nitrogen and P-Orthophosphate) supporting biological elements; PHASE 2) in situations not clearly attributable to eutrophic or not eutrophic conditions in PHASE 1, the Transitional Water Quality Index (TWQI) is also considered. The Guideline summarises the methodology for eutrophication assessment in transitional waters, it provides details to calculate metrics used in the two-step method and it reports a description of the experimental application of the method carried out within SNPA at national level.

Parole chiave: eutrofizzazione, acque di transizione, nutrienti, macrofite

AUTORI

ISPRA (coordinamento): Andrea Bonometto, Rossella Boscolo Brusà, Federica Cacciatore, Emanuele Ponis

ARPAE Emilia Romagna: Carla Rita Ferrari, Silvia Pigozzi, Elena Riccardi

ARPA Friuli Venezia Giulia: Oriana Blasutto, Alessandro Acquavita

ARPA Lazio: Laura Aguzzi

ARPA Puglia: Antonietta Porfido, Erminia Sgaramella, Nicola Ungaro

ARPA Sardegna: Roberto Angius, Paola Manconi

ARPA Veneto: Marta Novello, Paolo Parati

Coordinamento SO VI/09-06 "Eutrofizzazione – criteri di classificazione": Silvana Salvati (ISPRA)

SOMMARIO

INTRODUZIONE 5

1. METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DELL'EUTROFIZZAZIONE NELLE ACQUE DI TRANSIZIONE 7

2. MODALITÀ DI CALCOLO DELLE METRICHE 9

 2.1: FASE 1 – ELEMENTI DI QUALITÀ BIOLOGICA E CHIMICO FISICI..... 9

 2.2: FASE 2 – TRANSITIONAL WATER QUALITY INDEX 10

3. APPLICAZIONE SPERIMENTALE DEL METODO 13

 3.1: DATASET UTILIZZATO E ANALISI DELLE SINGOLE METRICHE 13

 3.2: ESITI DELL'APPLICAZIONE 16

BIBLIOGRAFIA 17

APPENDICE 1 18

APPENDICE 2 20

INTRODUZIONE

Le politiche europee hanno riconosciuto l'eutrofizzazione come argomento di prioritario interesse per la protezione delle acque. Le prime Direttive ad introdurre l'obbligo esplicito di valutare tale fenomeno sono state la Direttiva 91/271/CEE (Direttiva Acque Reflue Urbane) e la Direttiva 91/676/CEE (Direttiva nitrati, di seguito DN).

Successivamente, la Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque, di seguito DQA) ha istituito un quadro comunitario per la protezione delle acque superficiali (fiumi, laghi, acque marino-costiere e di transizione) e sotterranee, adottando un approccio, principi, obiettivi e misure di base comuni per tutti i paesi della Comunità Europea.

Nell'ambito della Strategia Comune di Implementazione della DQA e della Strategia Marina europea (Direttiva 2008/56/CE) è stata elaborata la linea guida *"Guidance document on eutrophication assessment in the context of European water policies"*, n. 23 (CE, 2009 – di seguito Guidance CIS 23), recante indicazioni generali per l'armonizzazione delle metodologie e dei criteri di valutazione dell'eutrofizzazione per tutte le categorie di acque.

A differenza della Direttiva Acque Reflue Urbane e della Direttiva Nitrati, che intervengono per limitare l'eventuale inquinamento causato da specifiche attività antropiche (scarichi acque reflue e inquinamento da nitrati di origine agricola, rispettivamente), la DQA mira a proteggere lo stato ambientale nel suo complesso e definisce quindi in maniera implicita l'obbligo di valutare l'eutrofizzazione nella classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici superficiali, quale elemento di alterazione dello stato ecologico delle acque.

In base a quanto riportato nella Guidance CIS 23 e in considerazione dell'approccio innovativo introdotto dalla DQA, la definizione di eutrofizzazione di cui alla Direttiva acque reflue urbane descrive nel modo più completo l'intero processo, come *"l'arricchimento dei nutrienti nelle acque in particolar modo composti dell'azoto e del fosforo, che causano una proliferazione di alghe e di forme superiori di vita vegetale, producendo una indesiderata perturbazione dell'equilibrio degli organismi"*

presenti nell'acqua e della qualità delle acque in questione".

Questa interpretazione di eutrofizzazione da ricondurre alle pressioni antropiche, secondo la quale una pressione (in questo caso l'immissione di nutrienti) provoca un deterioramento della vegetazione acquatica e degli organismi presenti nell'acqua, può essere ricondotta alla classificazione dello stato ecologico delle acque superficiali in relazione alla deviazione dalle condizioni di riferimento tipo-specifiche *sensu* DQA. I corpi idrici che non riescono a raggiungere il buono stato ecologico a causa degli effetti dell'arricchimento da nutrienti di origine antropica possono essere considerati, in generale, deteriorati dall'eutrofizzazione.

Quanto sopra ha rappresentato il punto di partenza del lavoro svolto dal Gruppo di Lavoro istituito presso il MATTM con Decreto del Direttore Generale DG STA del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Prot. n. 0000408 del 25.09.2017 (in seguito GdL MATTM) finalizzato alla definizione di una metodologia nazionale per la valutazione dell'eutrofizzazione nei corpi idrici superficiali in conformità alla Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), alla Direttiva Nitrati (91/676/CEE) e alla Direttiva Acque Reflue Urbane (91/271/CEE), composto da rappresentanti di ISPRA, ARPA Veneto, ARPA Emilia Romagna, ARPA Lombardia, CNR ISE, CNR IRSA, ISS, ENEA. In particolare, il lavoro per la definizione della metodica per la valutazione dell'eutrofizzazione nelle acque di transizione è stato coordinato da ISPRA e svolto in stretta collaborazione con ARPA Veneto e ARPA Emilia Romagna.

Per le acque di transizione la fase di finalizzazione e di sperimentazione della metodica messa a punto dal GdL MATTM sopra menzionato è stata condotta a livello SNPA a partire dal 2019 e, in particolare, all'interno del sottogruppo operativo "SO VI/09-06 "Eutrofizzazione" – criteri di classificazione", afferente al TIC VI, Gruppo di Lavoro 09 "Valutazioni ambientali" istituito nel Piano triennale 2018-2020, al quale hanno partecipato ARPA Friuli Venezia Giulia, ARPA Veneto, ARPA Emilia Romagna, ARPA Puglia e Arpa Sardegna. ARPA Lazio

ha seguito e condiviso il lavoro di sperimentazione e finalizzazione del metodo, pur non disponendo, nel periodo di sperimentazione, di dati per l'applicazione del metodo sul proprio territorio.

Il lavoro ha previsto l'applicazione del metodo in tutti i corpi idrici di transizione nei quali erano disponibili i dati necessari. Il lavoro SNPA ha permesso di finalizzare la metodica del GdL MATTM in modo tale da garantire la coerenza del metodo stesso con la conoscenza territoriale di ciascuna Agenzia per ciascun corpo idrico di transizione ed ha contribuito alla redazione nella sua stesura finale della metodologia "Criteri per la valutazione dell'eutrofizzazione nei corpi idrici superficiali" (MATTM, 2021) trasmessa dalla Direzione Generale per la Sicurezza del Suolo e dell'Acqua del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il 04/02/2021 a tutte le Autorità Competenti. Tale metodologia è stata utilizzata in via preliminare, in alcuni ambienti di transizione, per la Relazione ex Art. 10 della Direttiva 91/676/CEE.

La presente Linea Guida fornisce gli elementi tecnici operativi per l'applicazione della metodologia per la valutazione dell'eutrofizzazione nelle acque di transizione di cui sopra. Al Capitolo 1 è riportata una sintesi della metodologia per la valutazione nelle acque di transizione, tratta dalla linea guida MATTM (2021); al Capitolo 2 sono riportate le modalità di calcolo delle metriche utilizzate nelle due fasi previste dal metodo; al Capitolo 3 è riportata una sintesi dell'applicazione sperimentale del metodo svolta in ambito SNPA.

1. METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DELL'EUTROFIZZAZIONE NELLE ACQUE DI TRANSIZIONE

La metodologia per la definizione dello stato trofico nelle acque di transizione, prevista dalla Linea Guida "Criteri per la valutazione dell'Eutrofizzazione nei corpi idrici superficiali" (MATTM, 2021), si basa principalmente su due fasi di valutazione. La **FASE 1** consiste in uno screening iniziale integrato basato sullo stato dell'EQB Macrofite e degli elementi di qualità fisico-chimica a supporto degli elementi biologici [Azoto inorganico disciolto (DIN) e Ortofosfato (P-PO₄)] (Tabella 1). Lo stato dell'EQB Macrofite viene definito tramite l'indice MaQI, mentre lo stato dei nutrienti è definito rispetto alle soglie riportate nel DM 260/2010. La FASE 1 permette una classificazione del rischio di eutrofizzazione solo nel caso in cui entrambi gli indicatori sopraccitati forniscano una valutazione concorde (Tabella 1). Le possibili risultanze della FASE 1 sono le seguenti:

E1 CORPO IDRICO EUTROFICO SULLA BASE DELLO SCREENING INIZIALE, nel caso di concentrazione dei nutrienti sopra le soglie indicate dal DM 260/2010 e MaQI in stato "Scarso" o "Cattivo";

N1 CORPO IDRICO NON EUTROFICO SULLA BASE DELLO SCREENING INIZIALE, in presenza di concentrazione dei nutrienti entrambe sotto le soglie indicate dal DM 260/2010 e MaQI in stato "Buono" o "Elevato".

La **FASE 2** si attiva quindi solo nelle situazioni non chiaramente attribuibili a una condizione eutrofizzata o non eutrofizzata. Questa incertezza nella definizione del rischio di eutrofizzazione può derivare in particolare da differenze tra lo stato degli elementi di qualità biologica e uno o entrambi i nutrienti. Si passa alla FASE 2 anche nel caso in cui, per i corpi idrici polialini, lo stato dell'ortofosfato non sia definibile (par. 2.1).

In tali condizioni, per la definizione dello stato trofico la valutazione viene integrata dal Transitional Water Quality Index (TWQI, Giordani et al., 2009), sulla base dello schema mostrato in Tabella 2.

Tabella 1 - Integrazione tra elementi di qualità fisico-chimica del DM 260/2010 e Macrophyte Quality Index (MaQI) per lo screening iniziale (FASE 1) e indicazione dei casi per i quali è prevista la FASE 2. Fonte: MATTM, 2021.

	Parametri fisico-chimici DIN e PO ₄ (DM 260/2010)	Macrophyte Quality Index (MaQI)		
		SCARSO/CATTIVO	SUFFICIENTE	BUONO/ELEVATO
FASE 1	DIN > soglia PO ₄ > soglia	E1	FASE 2	FASE 2
	DIN > soglia PO ₄ < soglia (o n.c.) oppure DIN < soglia PO ₄ > soglia (o n.c.)	FASE 2	FASE 2	FASE 2
	DIN < soglia PO ₄ < soglia	FASE 2	FASE 2	N1

Tabella 2 - Fase 2: integrazione parametri chimico-fisici DM 260/2010, Macrophyte Quality Index (MaQI) e TWQI. Fonte: MATTM, 2021.

	Elementi di qualità fisico-chimici DIN e PO ₄ (DM 260/2010)	Transitional Water Quality Index (TWQI)	Macrophyte Quality Index (MaQI)		
			SCARSO/CATTIVO	SUFFICIENTE	BUONO/ELEVATO
FASE 2	DIN > soglia PO ₄ > soglia	Elevato/Buono	E1	N2	N2
		Moderato	E1	M	N2
		Scarso/Cattivo	E1	E2	M
	DIN > soglia PO ₄ < soglia (o n.c.) oppure DIN < soglia PO ₄ < soglia (o n.c.)	Elevato/Buono	M	N2	N2
		Moderato	M	M	N2
		Scarso/Cattivo	E2	E2	M
	DIN < soglia PO ₄ < soglia	Elevato/Buono	M	N2	N1
		Moderato	M	N2	N1
		Scarso/Cattivo	E2	M	N1

Le possibili risultanze a valle dell'applicazione della FASE 2 sono:

E2 CORPO IDRICO EUTROFICO SULLA BASE DELLA VALUTAZIONE INTEGRATA CON TWQI;

N2 CORPO IDRICO NON EUTROFICO SULLA BASE DELLA VALUTAZIONE INTEGRATA CON TWQI;

M CORPO IDRICO MESOTROFICO, A RISCHIO EUTROFIZZAZIONE SOLO QUALORA LA TENDENZA IN ATTO INDICHI UN PEGGIORAMENTO.

Per alcune combinazioni di indicatori e metriche che concorrono alla valutazione integrata di cui alla FASE 2, non è possibile un’assegnazione univoca ad uno stato “eutrofizzato” o non “eutrofizzato”, o di rischio di eutrofizzazione nell’immediato futuro.

Lo stato mesotrofico, nelle acque di transizione, può infatti rappresentare una condizione stabile e sostenibile nel tempo, legata all’elevata produttività tipica di questi ambienti e non prefigurare quindi un rischio di eutrofizzazione, anche in assenza di ulteriori misure di ripristino. Per i corpi idrici classificati in questa classe va prevista una **FASE 3** (MATTM, 2021), basata sul giudizio esperto delle Regioni/ARPA per il sito specifico e su ulteriori approfondimenti (analisi dei trend, uso di altri indicatori, stato di trofia delle stazioni limitrofe, verifica delle misure messe in atto), al fine di determinare se lo stato mesotrofico sia stabile o se, viceversa, vi sia una tendenza al peggioramento o un rischio latente di eutrofizzazione. Qualora tale analisi indicasse una tendenza di peggioramento dello stato trofico, la stazione verrebbe definita “che può diventare eutrofica nell’immediato futuro se non si interviene”; in caso contrario, verrebbe invece definita “non eutrofizzata”.

Le 5 classi definite in Tabella 2 sono funzionali alla definizione del rischio di eutrofizzazione ai sensi della Direttiva Nitrati, come di seguito riportato.

E1, E2	corpo idrico eutrofico
M*	corpo idrico che può diventare eutrofico nell’immediato futuro
N1, N2, M**	corpo idrico non eutrofico

** tendenza al peggioramento da giudizio esperto; ** stato mesotrofico stabile da giudizio esperto*

Le 5 classi non vanno quindi interpretate come 5 diversi livelli di qualità. Le classi E1 e E2, così come le N1 e N2, differiscono tra loro solo per la FASE in cui è stato possibile assegnarne lo stato trofico.

Sul sito SINTAI è disponibile il foglio di calcolo per il calcolo dello stato trofico con l'applicazione della FASE 1 e FASE 2. Le modalità di utilizzo del foglio di calcolo sono riportate in APPENDICE 1.

2. MODALITÀ DI CALCOLO DELLE METRICHE

La metodica per la valutazione dell'eutrofizzazione nei corpi idrici di transizione (Cap. 1), prevede un'analisi integrata dei dati del quadriennio nel caso del reporting Direttiva Nitrati. Un'applicazione della metodologia potrebbe essere effettuata su diversi periodi di analisi (es. triennale/sessennale) nel contesto dei Piani di gestione delle acque ex DQA. Per una corretta applicazione, è indispensabile disporre all'interno di tale periodo di almeno un campionamento dell'EQB Macrofite e di dati di concentrazione di nutrienti rappresentativi dell'intero periodo oggetto di analisi.

Per il calcolo del TWQI (par. 2.2), l'applicazione del metodo necessita, inoltre, della disponibilità di ulteriori parametri, quali la percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto e la concentrazione di Clorofilla-a. Tali parametri normalmente sono inclusi tra i parametri obbligatori da monitorare nelle stazioni delle Macrofite ai sensi della Dir. 2000/60/CE (cfr. Tab. D.2.3.1 DM 260/2010 e ISPRA, 2019).

Per il reporting ai sensi della Direttiva Nitrati, la valutazione dello stato trofico è condotta a scala di singola stazione. Qualora le stazioni di monitoraggio dei parametri biologici e chimico-fisici a supporto non siano coincidenti, va valutata la disponibilità di dati in stazioni limitrofe, tali da poter essere considerate rappresentative delle medesime condizioni. A tal fine, è necessaria una valutazione sito-specifica, non essendo l'appartenenza allo stesso corpo idrico (*sensu* Direttiva 2000/60/CE) una condizione sufficiente.

2.1: FASE 1 – ELEMENTI DI QUALITÀ BIOLOGICA E CHIMICO FISICI

Come indicato al Cap. 1, la FASE 1 consiste in uno screening iniziale basato esclusivamente sullo stato dell'EQB Macrofite (macroalghe e fanerogame) e degli elementi di qualità fisico-chimica, Azoto inorganico

disciolto (DIN) e Ortofosfati (P-PO₄), sulla base del sistema di classificazione ecologica ai sensi del D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. (DM 260/2010).

EQB Macrofite

Lo stato dell'EQB Macrofite viene valutato tramite l'indice MaQI (Macrophyte Quality Index; Sfriso et al., 2014), utilizzando come metodo analitico e applicativo l'ultimo aggiornamento disponibile sul portale SINTAI¹.

La frequenza di monitoraggio dell'EQB Macrofite per l'applicazione dell'indice MaQI è di 2 campionamenti stagionali ogni 3 anni per il monitoraggio Operativo e ogni 6 anni per il monitoraggio di Sorveglianza (Tab. 3.7 DM 260/2010). Pertanto, per l'applicazione del presente metodo nell'ambito del quadriennio di reporting ai sensi della Direttiva Nitrati, sono normalmente disponibili i dati di 1 o 2 annualità per ciclo di monitoraggio.

Qualora fossero disponibili dati per più di un'annualità, di norma si applica il valore dell'EQR medio nel quadriennio. Nel caso di adozione di misure volte al miglioramento dello stato ecologico e trofico dei corpi idrici, o di ulteriori valutazioni sito-specifiche da parte delle Autorità competenti, è possibile utilizzare il dato più recente.

Elementi di qualità chimico-fisica: nutrienti

La FASE 1 prevede il confronto delle concentrazioni medie dell'intero periodo di analisi (quadriennio per la Direttiva Nitrati) dei parametri Azoto inorganico disciolto (DIN) e Ortofosfati (P-PO₄) con i limiti di classe per la classificazione dello stato ecologico (elementi di qualità fisico-chimica a sostegno) fissati dal DM 260/2010, Tab. 4.4.2/a (Tabella 3). Per le metodiche analitiche si

¹ www.sintai.isprambiente.it – Direttiva 2000/60/CE – D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. – Acque di Transizione – Parametri biologici - Elemento di Qualità Biologica Macrofite - Macrophyte

Quality Index (MaQI). Variazioni a seguito dei risultati dell'intercalibrazione nell'Ecoregione Mediterranea (Med-GIG). Ottobre 2012

rimanda ai protocolli di monitoraggio disponibili sul portale SINTAI².

Tabella 3 - Limiti di classe per gli elementi di qualità fisico-chimica DIN e P-PO₄ nella colonna d'acqua (Tab. 4.4.2/a DM 260/2010)

Denominazione della sostanza	Limiti di classe Buono/Sufficiente	Classi di salinità
Azoto inorganico disciolto (DIN)	Salinità <30 30 µM (420 µg/l c.a.)	oligoalino mesoalino polialino
	Salinità >30 18 µM (253 µg/l c.a.)	eualino iperalino
Ortofosfato (P-PO ₄)	Salinità >30 0,48 µM (15 µg/l c.a.)	eualino iperalino

La frequenza di monitoraggio dei nutrienti prevista dal DM 260/2010, Tab. 3.7, è annuale (sia per il monitoraggio Operativo che di Sorveglianza) e con cadenza stagionale (trimestrale). Pertanto all'interno di un quadriennio di monitoraggio sono normalmente disponibili i dati relativi a 16 campagne di monitoraggio trimestrale. Ai fini dell'applicazione del metodo (FASE 1) si utilizza la media dell'intero quadriennio (o periodo di analisi). Qualora la frequenza di monitoraggio fosse maggiore (es. frequenza mensile o bimensile per alcune o tutte le annualità), nel calcolo della media del quadriennio va ad ogni modo garantito un contributo omogeneo delle diverse stagioni e delle diverse annualità. In caso di assenza di dati in uno o più periodi nel quadriennio, è a discrezione degli Enti territorialmente competenti valutare se i dati disponibili siano sufficienti a fornire un valore rappresentativo delle condizioni della stazione. Considerato che le soglie indicate dal DM 260/2010 per i nutrienti sono tipo specifiche, definite sulla base della

salinità (Tabella 3), a ciascuna stazione viene associata la salinità del corpo idrico in cui ricade, come da tipizzazione riportata nei Piani di Gestione delle Acque. In alternativa, nello specifico contesto dell'applicazione del presente metodo di valutazione dello stato trofico, può essere presa come riferimento la salinità media misurata presso ciascuna stazione durante il periodo (quadriennio) di analisi. Non essendo disponibile nel DM 260/2010 la soglia specifica Buono/Sufficiente per l'ortofosfato (P-PO₄) nei corpi idrici con salinità <30, nella FASE 1 si definisce lo stato "Buono" quando il valore è sotto la soglia indicata dal DM 260/2010 per i C.I. con salinità >30 (quindi più restrittiva); in caso contrario, lo stato del fosforo risulta non classificato "n.c." e si passa automaticamente alla FASE 2. Qualora i dati di concentrazione dei nutrienti risultino inferiori al LOQ, nel calcolo del valore medio va utilizzato $LOQ \cdot 0.5$.

2.2: FASE 2 – TRANSITIONAL WATER QUALITY INDEX

Il Transitional Water Quality Index (TWQI), utilizzato nella FASE 2, è un indice multiparametrico sviluppato da Giordani et al. (2009) per la valutazione dello stato trofico delle acque di transizione. Tale indice integra i principali fattori causali (concentrazioni di Azoto e Fosforo), i produttori primari (fitoplancton Clorofilla-a, fanerogame acquatiche, macroalghe) e gli indicatori di effetto dell'eutrofizzazione (saturazione dell'ossigeno disciolto). Le metriche incluse nel TWQI in dettaglio sono:

- concentrazione dell'Azoto inorganico disciolto (DIN),
- concentrazione del Fosforo inorganico disciolto (DIP, sostituito nell'applicazione del metodo con il P-PO₄, quale parametro determinato ai sensi del DM 260/2010),
- biomassa del fitoplancton espressa come concentrazione della Clorofilla-a (Chl-a),

² www.sintai.isprambiente.it – Direttiva 2000/60/CE – D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. – Acque di Transizione – Parametri biologici - Protocolli per il campionamento e la determinazione degli elementi di qualità biologica e fisico-chimica nell'ambito

dei programmi di monitoraggio ex 2000/60/CE delle acque di transizione - El-Pr-TW-Protocolli Monitoraggio-03.06 Maggio 2019.

- copertura % delle fanerogame acquatiche (Ph),
- copertura % delle macroalghe (Ma);
- percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto (DO).

Tutte queste metriche sono considerate dal monitoraggio condotto ai sensi del DM 260/2010 degli elementi di qualità biologica, tra cui il MaQI, e degli elementi di qualità fisico-chimica a supporto. L'applicazione dell'indice non richiede quindi uno sforzo di monitoraggio aggiuntivo da parte delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente.

I valori misurati delle 6 variabili sopra riportate vengono trasformati con funzioni non-lineari in valori adimensionali, definiti *Quality Value* (QV). Il valore di ciascun QV varia tra 0-100 (Figura 1) e successivamente viene moltiplicato per un fattore (wf), che tiene conto del peso relativo di ciascuna variabile nel determinare lo stato di qualità trofica complessivo.

Il valore finale dell'indice è calcolato come somma del contributo di ciascuna variabile $\sum_i (QV_i \times wf_i)$ e varia tra 0 (condizioni peggiori, fortemente eutrofizzate) e 100 (stato trofico "Elevato").

Dettagli operativi per il calcolo del TWQI

È necessario disporre nello stesso anno di monitoraggio dei seguenti dati: concentrazione di Azoto inorganico disciolto e Ortofosfato; concentrazione di Clorofilla-a; percentuale di saturazione di Ossigeno; copertura di macroalghe e fanerogame.

Nello specifico contesto di applicazione della metodologia in oggetto, il TWQI va calcolato utilizzando i valori medi annui di ciascuna metrica.

Normalmente l'insieme dei dati necessari per il TWQI è disponibile per un solo anno all'interno del periodo di analisi. Qualora fossero disponibili i dati per più anni, il TWQI va calcolato per ciascun anno e successivamente calcolato il valore medio del TWQI. Nel caso di adozione di misure volte al miglioramento dello stato ecologico e trofico dei corpi idrici, o di ulteriori valutazioni sito-specifiche da parte delle Autorità competenti, è possibile utilizzare il valore del TWQI più recente.

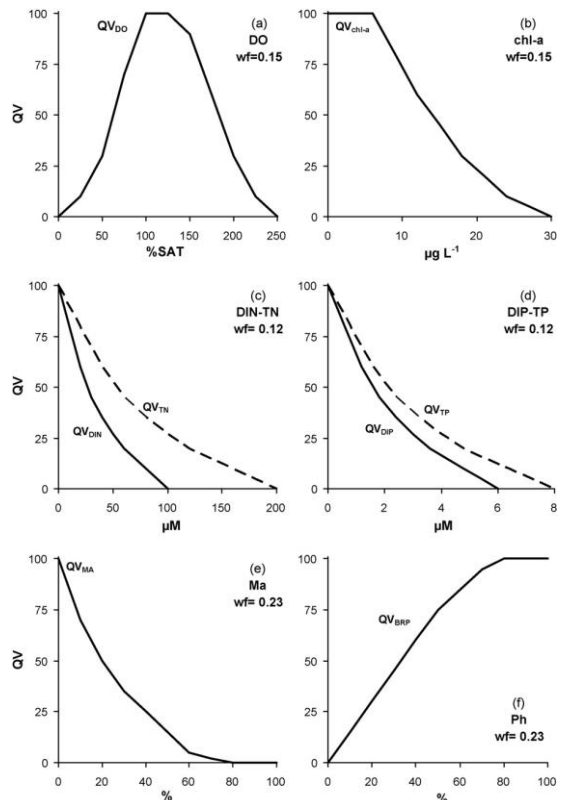


Figura 1 - Funzioni per la trasformazione delle variabili misurate in valori adimensionali di qualità (Quality Value, QV) e fattori di peso (weight factor, wf) utilizzati per il calcolo dell'indice TWQI (fonte: Giordani et al., 2009).

Nutrienti

Qualora i dati di concentrazione dei nutrienti risultino inferiori al LOQ, nel calcolo del valore medio va utilizzato $LOQ \times 0.5$.

Macroalghe e fanerogame

Per l'indice TWQI si usa la copertura totale. Per le fanerogame, nel caso di presenza di più specie, va sommata la copertura di tutte le specie, fino ad un valore massimo del 100%.

Nel caso in cui la copertura % delle macroalghe e delle fanerogame sia espressa come "< VALORE", ai fini dell'applicazione del TWQI nel calcolo del valore medio annuo va utilizzato $0.5 \times VALORE$. Se la copertura è

definita come un intervallo, per il calcolo del valore medio va utilizzato il valore centrale dell'intervallo stesso. Nel caso sia riportata la presenza in tracce, si può utilizzare indicativamente una copertura dell'1%. Per una migliore applicabilità del metodo in oggetto, nelle future campagne, è opportuno valutare la copertura per intervalli pari al 5% (tracce, <5%, 5%, 10%, ..., 95%, 100%), a prescindere dall'informazione minima necessaria per il calcolo del MaQI.

Clorofilla-a

Se disponibili, vanno utilizzati i dati analitici di concentrazione della Clorofilla-a. In mancanza di tali dati, possono essere utilizzati i dati misurati da sonda.

Per la definizione delle 5 classi di qualità del TWQI (Tabella 2), vanno utilizzate le seguenti soglie, definite da Christia et al. (2014) e testate sul territorio italiano nel corso delle attività svolte dal SO VI/09-06: Elevato/Buono 0.8; Buono/Moderato 0.6; Moderato/Scarso 0.5; Scarso/Cattivo 0.4.

Sul sito SINTAI³, è disponibile il foglio di calcolo per l'applicazione del TWQI. Le modalità di utilizzo del foglio di calcolo sono riportate in APPENDICE 2.

³ www.sintai.isprambiente.it - Direttiva 91/676 – download modelli - *Fogli di calcolo per l'applicazione della metodica nelle Acque di Transizione*

3. APPLICAZIONE SPERIMENTALE DEL METODO

L'attività di sperimentazione del metodo sviluppato dal GdL MATTM (MATTM, 2021), condotta nell'ambito del sottogruppo operativo "SO VI/09-06 "Eutrofizzazione" – criteri di classificazione", ha permesso di verificarne l'applicabilità e l'efficacia nel rappresentare lo stato trofico degli ambienti di transizione, sia rispetto alle valutazioni effettuate nei precedenti periodi di reporting sia in relazione alla conoscenza diretta del territorio da parte delle ARPA partecipanti al Gruppo di lavoro.

L'applicazione sperimentale della metodica con i dati raccolti a livello nazionale ha permesso inoltre di testare nel dettaglio il funzionamento della nuova metodica, analizzando il contributo delle diverse metriche e il valore aggiunto derivante dalla loro integrazione, nel discriminare le diverse condizioni trofiche negli ambienti di transizione.

3.1: DATASET UTILIZZATO E ANALISI DELLE SINGOLE METRICHE

Il dataset utilizzato per la finalizzazione e sperimentazione del metodo in oggetto include oltre 40 ambienti di transizione, per un totale di circa 100 corpi idrici e di 126 stazioni di monitoraggio, distribuite in 5 Regioni (Tabella 4).

Tabella 4 - Riepilogo per Regione delle stazioni inserite nel dataset per l'applicazione sperimentale della metodica.

REGIONE	N stazioni
Friuli Venezia Giulia	19
Veneto	46
Emilia Romagna	14
Puglia	12
Sardegna	35
TOTALE	126

Per l'applicazione sperimentale della metodica sono stati utilizzati i dati del triennio 2014-2016, ad eccezione della

Sardegna per la quale sono stati utilizzati i dati del triennio 2016-2018.

Rappresentatività del dataset

Delle stazioni considerate circa il 55% ricade in corpi idrici con salinità <30 (oligo-meso-polialini) e il 45% in corpi idrici con salinità >30 (eu-iperalini). Il dataset risulta inoltre rappresentativo dei 3 macrotipi delle acque di transizione di cui al DM 260/2020 (M-AT-1, M-AT-2, M-AT-3). Tale dataset può essere considerato ampiamente rappresentativo degli ambienti di transizione italiani, coprendo un elevato *range* di condizioni ambientali, trofiche ed idro-morfologiche e risulta quindi adeguato alla sperimentazione del metodo.

FASE 1 – Nutrienti

In riferimento alle diverse metriche che concorrono alla valutazione dello stato trofico, i dati utilizzati nella FASE 1 coprono un ampio *range* di concentrazione di nutrienti (Figura 2, Figura 3).

Dal confronto delle concentrazioni medie di DIN e P-PO₄ con le soglie previste dal DM 260/2010, il valore medio di DIN risulta sotto soglia in circa il 68% delle stazioni (Figura 4), mentre quello di P-PO₄ risulta sotto soglia nel 74% delle stazioni (Figura 5). In mancanza della soglia per corpi idrici con salinità <30, il 17% delle stazioni risulta non classificato per il P-PO₄.

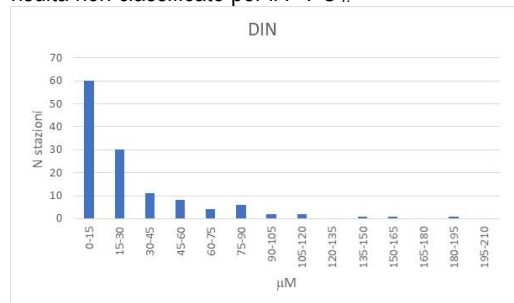


Figura 2 - Distribuzione di frequenza del valore medio triennale di DIN nelle stazioni inserite nel dataset.

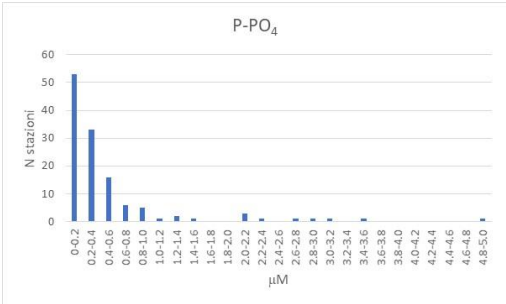


Figura 3 - Distribuzione di frequenza del valore medio triennale di P-PO₄ nelle stazioni inserite nel dataset.

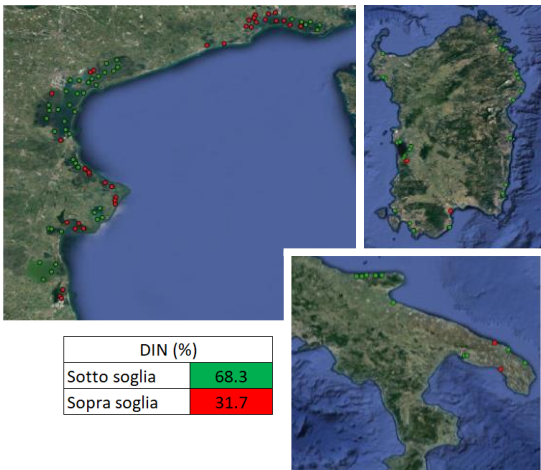


Figura 4 - Concentrazioni medie triennali di DIN con indicazione dei superamenti delle soglie previste dal DM 260/2010.

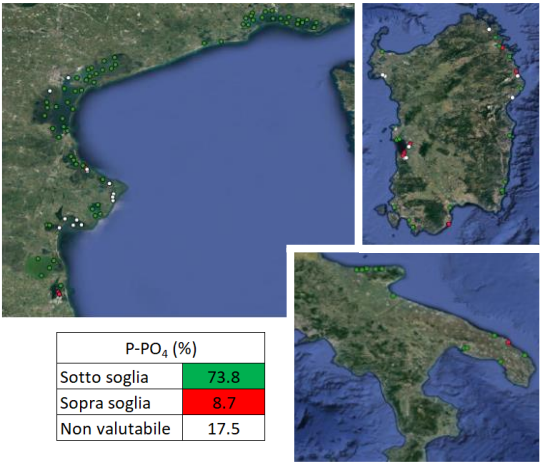


Figura 5 - Concentrazioni medie triennali di P-PO₄ con indicazione dei superamenti delle soglie previste dal DM 260/2010.

FASE 1 – EQB Macrofite

Il dataset utilizzato presenta una buona copertura di tutte le classi di qualità ecologica della componente macrofita attribuite mediante l'indice MAQI (Figura 6, Figura 7), seppur con una distribuzione che vede una prevalenza delle stazioni in stato "Scarso" (51%) ed "Elevato" (24%).

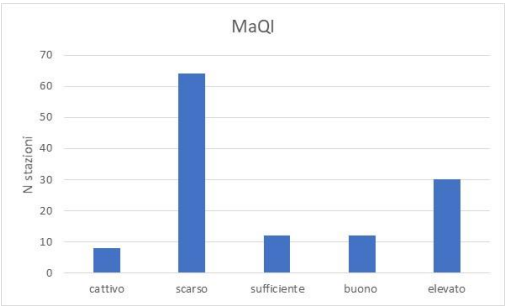


Figura 6 - Frequenza delle classi di qualità ecologica attribuite dall'indice MAQI alle stazioni inserite nel dataset.

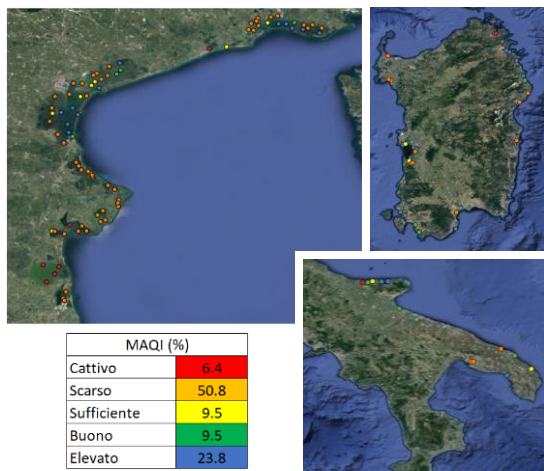


Figura 7 - Classificazione dello stato ecologico delle macrofite sulla base dell'indice MAQI.

FASE 2 – TWQI

Analogamente, i dati utilizzati nella FASE 2 per il calcolo delle singole metriche dell'indice TWQI (par. 2.2) risultano rappresentativi dell'intero *range* di valori (QV) definiti dalle funzioni di qualità (Figura 8).

Complessivamente, i risultati del TWQI mostrano una condizione di stato trofico altamente eterogenea e distribuita tra le 5 classi (Figura 9), evidenziando al contempo la rappresentatività del dataset e la capacità di discriminazione di questo indice; le classi “Cattivo” e “Scarso” sono presenti nel 37% delle stazioni, la classe “Sufficiente” nel 27% delle stazioni, mentre il rimanente 36% delle stazioni risulta in stato trofico “Buono”.

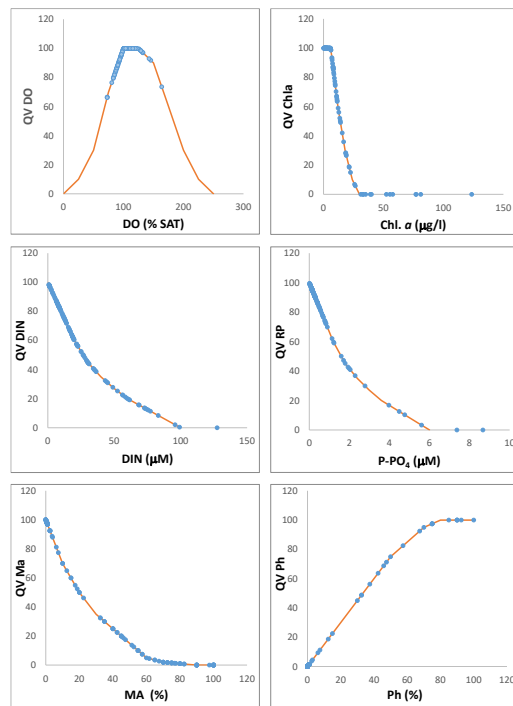


Figura 8 - Distribuzione dei dati raccolti per le diverse metriche (punti blu) sulle rispettive curve di qualità (QV) utili al calcolo dell'indice TWQI.

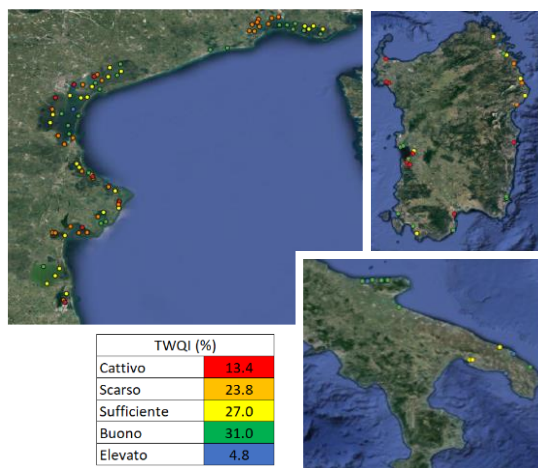


Figura 9 - Classificazione dello stato trofico sulla base dell'indice TWQI.

3.2: ESITI DELL'APPLICAZIONE

L'applicazione sperimentale del metodo evidenzia come lo screening iniziale nella FASE 1 permetta la definizione dello stato trofico in un numero ridotto di casi. Delle 126 stazioni considerate, a seguito della FASE 1, 3 stazioni (2% circa) sono classificate “eutrofizzate”, E1 e 29 (23% circa) “non eutrofizzate”, N1. Per 94 stazioni (75%) è stato necessario il passaggio in Fase 2 (Figura 10). Nello specifico la necessità di passaggio alla Fase 2 è riconducibile:

- in 22 stazioni alla mancanza della soglia per la classificazione del P-PO₄ nei corpi idrici polialini;
- in 32 stazioni ad un risultato differente tra le classificazioni di DIN e P-PO₄;
- in 40 stazioni ad un differente stato derivante dalla classificazione complessiva dei nutrienti e del MAQL.

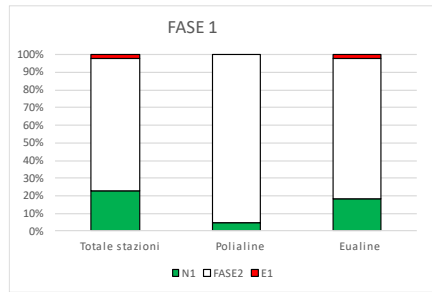


Figura 10 - Esito dell'applicazione della prima fase del metodo sul dataset.

Il passaggio alla fase successiva del metodo, con l'applicazione delle elaborazioni previste per la Fase 2, ha consentito la classificazione delle rimanenti stazioni. Sulla base delle risultanze dell'applicazione complessiva del metodo sperimentale al dataset è stata effettuata la seguente classificazione: 50 stazioni (39.7%) sono risultate “non eutrofiche” (classi N1 e N2); 44 stazioni (34.9%) sono risultate “eutrofiche” (classi E1 e E2), mentre 32 stazioni (25.4%) sono risultate “a rischio eutrofizzazione qualora la tendenza in atto indichi un peggioramento” (classe M).

I risultati complessivi sono riepilogati in Figura 11 e rappresentati in forma cartografica in Figura 12. L'applicazione del metodo sperimentale nel suo

complesso ha mostrato una forte capacità di cogliere l'eterogeneità delle condizioni eutrofiche presenti nelle diverse lagune incluse nel dataset, ritenute condivisibili da parte delle Agenzie Regionali di competenza alla luce della loro conoscenza del territorio. Nel caso delle stazioni classificate in stato mesotrofico (M) ai fini della definizione del rischio (o meno) di eutrofizzazione, in fase di reporting ai sensi della Direttiva Nitrati, va prevista la FASE 3, nella quale le Regioni/ARPA assegnano lo stato di trofia per il sito specifico sulla base del giudizio esperto e su ulteriori approfondimenti (analisi dei trend, uso di altri indicatori, stato di trofia delle stazioni limitrofe, verifica delle misure messe in atto) (Cap.1).

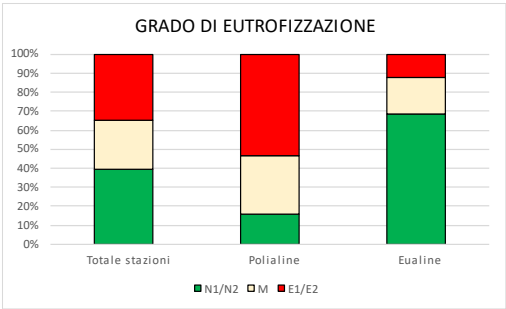


Figura 11 - Esiti dell'applicazione sperimentale del metodo.

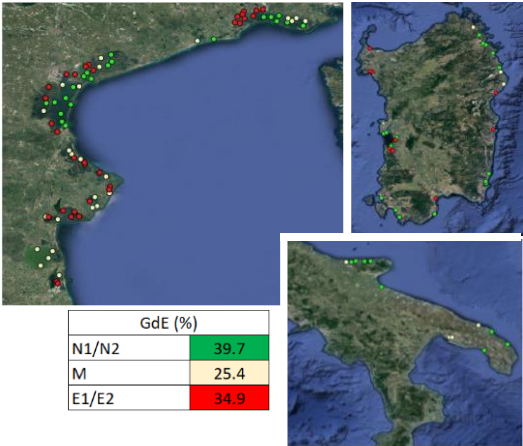


FIGURA 12 - Mappa della classificazione del grado di eutrofizzazione ottenuta dall'applicazione sperimentale del metodo.

BIBLIOGRAFIA

- CE, 2009. European Commission, 2009. CIS Guidance Document. *Eutrophication Assessment in the Context of European Water Policies*, vol. 23, p. 137.
- Christia, C., Giordani, G., Papastergiadou, E., 2014. *Assessment of ecological quality of coastal lagoons with a combination of phyto-benthic and water quality indices*. Mar. Poll. Bull. 86 (1-2), 411-423.
- Giordani, G., Zaldivar, J.M., Viaroli, P., 2009. *Simple tools for assessing water quality and trophic status in transitional water ecosystems*. Ecol. Ind. 9 (5), 982-991.
- ISPRA, 2019. *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 Maggio 2019.
- MATTM, 2021. *Criteri per la valutazione dell'Eutrofizzazione nei corpi idrici superficiali*. Linea guida prodotta dalla Direzione Generale per la Sicurezza del Suolo e dell'Acqua con il supporto del GdL tecnico scientifico istituito con Decreto Direttoriale 408/STA del 25/09/2017.
- Sfriso, A., Facca, C., Bonometto, A., Boscolo, R., 2014. *Compliance of the macrophyte quality index (MaQI) with the WFD (2000/60/EC) and ecological status assessment in transitional areas: the Venice lagoon as study case*. Ecol. Ind. 46, 536-547.

APPENDICE 1

ISTRUZIONI PER L'UTILIZZO DEL FOGLIO DI CALCOLO DELLO STATO TROFICO

INFORMAZIONI GENERALI							
REGIONE	QUADRIENNIO	ANNUALITÀ MAQI / TWQI	TIPO C.I.	MACROTIPO EU= >30 POLI=<30	C.I. NOME	COD STAZIONE ACQUA	COD STAZIONE MACROFITE
Regione nella quale ricade il corpo idrico/stazione e oggetto di analisi	Indicare il periodo di analisi. Di norma il quadriennio nel caso di applicazione per la DN. Diversi periodi di analisi possono essere utilizzati per altri ambiti (es. triennale o sessennale per la DQA) (Cap. 2)	Indicare gli anni per cui si dispone della classificazione e del MaQI (par. 2.1) e del TWQI (par. 2.2)	Tipologia C.I. ai sensi del DM 131/2008	Nel foglio di calcolo va inserita la dicitura "EU" per applicare le soglie DM 260/2010 per salinità > 30, "POLI" per applicare soglie per salinità ≤30 (par. 2.1)	Codice / nome del corpo idrico	Inserire il riferimento alla stazione. Le stazioni di acqua e macrofite potrebbero non essere coincidenti (par. 2.1 e par. 2.2)	

DATI DI INPUT			
NUTRIENTI		EQB MaQI	TWQI
DIN µM	P-PO ₄ µM	EQR	TWQI
Inserire il valore medio del quadriennio (o del periodo di analisi) (Cap.2). Il dato entra nella valutazione sia della FASE 1 sia della FASE 2 (Cap.1)		Inserire il valore del MaQI (EQR medio nel caso di utilizzo di dati di più anni) (par.2.1)	Inserire il valore del TWQI (valore medio nel caso di utilizzo di dati di più anni) (par.2.2)

CALCOLO					
STATO NUTRIENTI			MaQI	TWQI	stato trofico
DIN	P-PO ₄	NUT			
La cella restituisce automaticamente la classificazione "Buono" "Non Buono" in relazione alle soglie del DM 260/2010	La cella restituisce automaticamente e la classificazione "Buono" "Non Buono" in relazione alle soglie del DM 260/2010 per le stazioni con salinità >30. Per il P-PO₄ nelle stazioni con salinità <30, in caso di superamento della soglia disponibile per i CI eualini lo stato è non classificabile "n.d." (par. 2.1)	La cella restituisce automaticamente una classificazione integrata di DIN e P-PO₄. Le possibili combinazioni sono: "Buono", entrambi rispettano la soglia; "Non Buono", entrambi non rispettano la soglia; "B/S", nel caso di stato differente dei due parametri o di "n.d." del P-PO₄	La cella restituisce automaticamente la classe di stato del MaQI in relazione alle soglie fissate dal DM 260/2010 (par.2.1)	La cella restituisce automaticamente la classe di stato del TWQI in relazione alle soglie indicate al par.2.2	La cella restituisce automaticamente la classificazione sulla base delle combinazioni riportate indicate per la FASE 1 e FASE 2 (Cap.1)

APPENDICE 2

ISTRUZIONI PER L'UTILIZZO DEL FOGLIO DI CALCOLO DEL TWQI

INFORMAZIONI GENERALI				
REGIONE	ANNO TWQI	NOME C.I.	cod stazione acqua	cod stazione macrofite
Regione nella quale ricade il corpo idrico/stazione oggetto di analisi	Indicare gli anni per cui si dispone della classificazione del TWQI (par. 2.2)	Codice / nome del corpo idrico	Le stazioni di acqua e macrofite potrebbero non essere coincidenti (par. 2.1 e par. 2.2)	

DATI DI INPUT					
DO %SAT	Chla µg/L	DIN µM	P-PO ₄ µM	Ma %	Ph %
Inserire per ciascuna metrica il valore medio dell'anno di monitoraggio. Nel caso si disponga di tutti i dati necessari al calcolo del TWQI per più di un anno all'interno del quadriennio considerato, il TWQI va calcolato separatamente per ciascun anno. Successivamente si calcola il valore medio del TWQI. (par. 2.2)					

FOGLIO "TWQI"

Le informazioni generali sono compilate in automatico in riferimento al foglio "dati x TWQI"

DATI DI INPUT						
QDO*Wf	QP-PO ₄ *Wf	QDIN*Wf	QChla*Wf	QMA*Wf	QPH*Wf	TWQI
Ciascuna cella restituisce per ciascuna metrica il relativo contributo al TWQI, dato dal prodotto del Quality value (QV) per il fattore di peso (Wf) (par. 2.2)						La cella restituisce il valore finale del TWQI, dato dalla somma del contributo delle 6 metriche (par.2.2)

