

Lagoon Water Quality Index (LWQI)

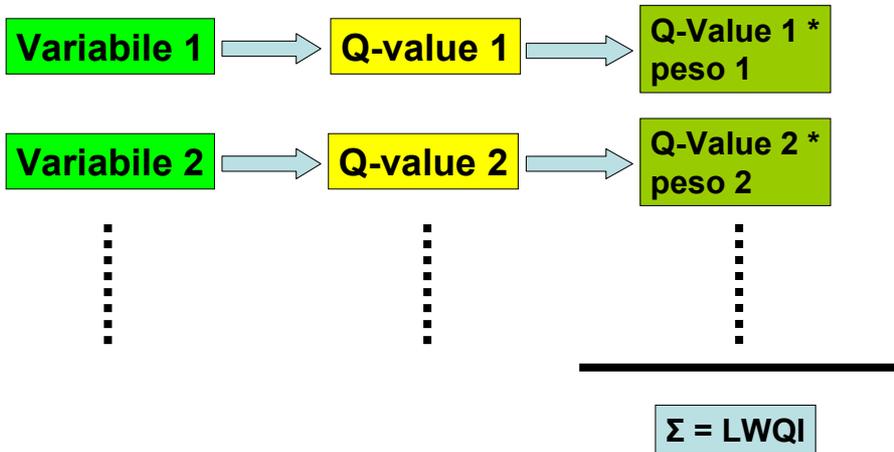
Caratteristiche

- Quantitativo
- Semplice e robusto
- Rilevante dal punto di vista ecologico
- Permette un'analisi comparativa di sistemi differenti
- Basato sul WQI della National Sanitation Foundation (NSF) e sugli standard della Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)

Variabili considerate nel LWQI

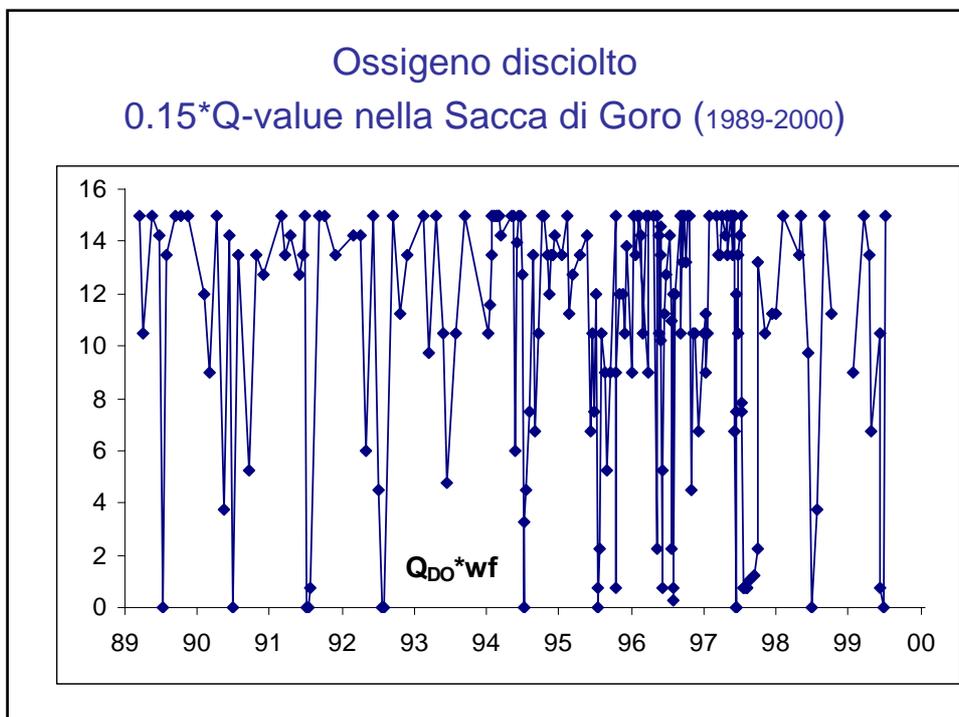
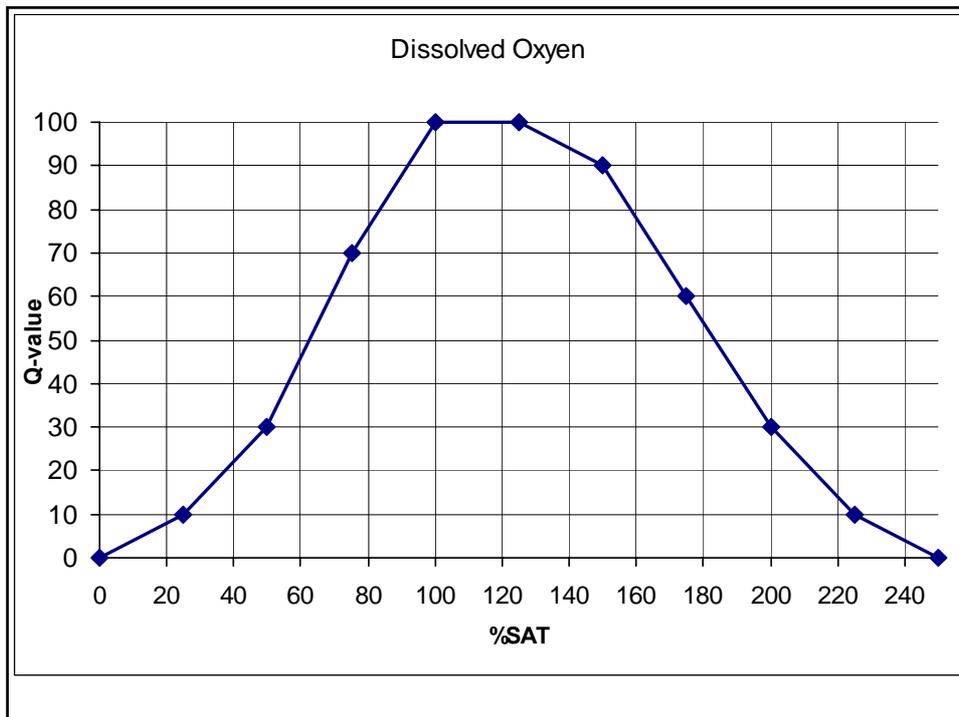
- Ossigeno disciolto (%SAT)
- DIP (mmol m^{-3}) nella colonna d'acqua
- DIN (mmol m^{-3}) nella colonna d'acqua
- Clorofilla a (mg m^{-3})
- Copertura di macroalghe (% della superficie)
- Copertura di fanerogame (% della superficie)

Calcolo del LWQI



Pesi

Ossigeno disciolto	0.15
DIP	0.12
DIN	0.12
Clorofilla a	0.15
Macroalghe	0.23
Fanerogame	0.23



3 Indicatori di qualità ambientale

3.1 *Water Quality Index (WQI)*

Il W.Q.I. (*Water Quality Index*) fu introdotto nei primi anni Settanta dalla *National Sanitation Foundation* (NSF: <http://www.nsf.org/>) con lo scopo di sviluppare un sistema che permettesse di confrontare la qualità delle acque di differenti bacini all'interno di una stessa regione. E'oggi uno dei più utilizzati indici di qualità delle acque.

Si tratta essenzialmente di un indice che integra i risultati di diverse analisi chimico - fisiche e microbiologiche condotte sul corpo d'acqua da valutare (lago, fiume o torrente) quali:

- ossigeno disciolto;
- coliformi fecali;
- pH;
- BOD₅ (Biological Oxygen Demand);
- temperatura;
- P totale;
- nitrati;
- torbidità;
- solidi totali.

A ciascun parametro viene attribuito un valore Q, necessario per la stima del WQI totale, che consente di attribuire un grado di qualità alle acque del bacino esaminato.

Per poter calcolare Q si fa uso di specifiche curve di riferimento, disponibili in letteratura o in rete (http://www.nsf.org/consumer/just_for_kids/wqi.asp e http://www.green.org/files.cgi/580_WQI_Adv_Instructions.html), in cui ad ogni valore del parametro corrisponde un valore di Q (vedi per esempio la fig. 3.1). I nove valori di Q così ricavati vengono moltiplicati per fattori di peso, differenti a seconda del contributo che ciascun parametro dà alla definizione della qualità dell'acqua. Per esempio, il fattore di peso per i coliformi fecali è pari a 0,16 mentre quello per i nitrati è

di 0,10: ciò significa che al primo parametro è stata attribuita una maggiore importanza rispetto al secondo nella valutazione della qualità dell'acqua.

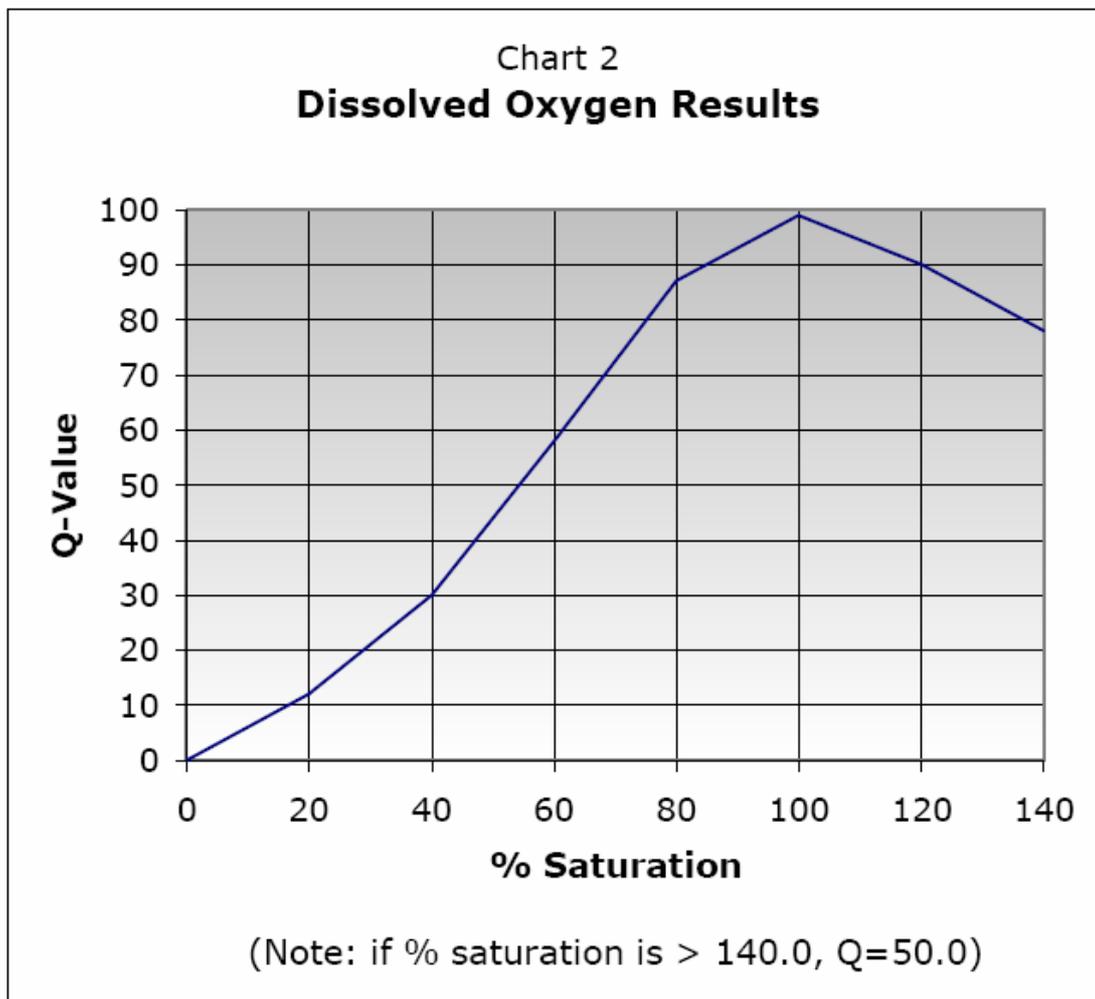


Fig. 3.1: Funzione che lega la percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto al rispettivo valore Q

Tab. 3.1: Scala per il WQI

Scala per WQI	
91-100	Eccellente
71-90	Buono
51-70	Medio
26-50	Scarso
0-25	Pessimo

La somma dei prodotti di Q per i fattori di peso ci fornisce il WQI; il valore ottenuto va confrontato con i valori riportati nella tabella 3.1 per determinare la qualità delle acque oggetto di studio. La tabella 3.2 riassume la procedura per il calcolo dell'indice WQI.

Il WQI è uno strumento utile per il monitoraggio dello stato ecologico del corpo d'acqua nel tempo perchè una sua variazione può essere indicativa di possibili alterazioni. Inoltre un suo utilizzo può essere utile nei casi in cui si voglia confrontare la qualità delle acque nei diversi punti del bacino studiato o nel confrontare diversi corpi d'acqua.

Tab.3.2: Procedura per il calcolo del WQI.

<i>Analisi</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Q- Value</i>	Fattore di peso	Q*Fattore di peso
Ossigeno disciolto	% saturazione		0.17	
Coliformi fecali	colonie/100 ml		0.16	
pH	Unità		0.11	
BOD ₅	mg l ⁻¹		0.11	
Temperatura	°C		0.10	
P tot.	mg l ⁻¹		0.10	
Nitrati	mg l ⁻¹		0.10	
Torbidità	JTU		0.08	
Solidi Totali	mg l ⁻¹		0.07	

WQI totale _____

3.2 Lagoon Water Quality Index (LWQI)

Per valutare i risultati del modello 0D applicato alla Sacca di Goro è stato elaborato il *Lagoon Water Quality Index* (LWQI) modificando il WQI in modo da renderlo applicabile ai sistemi lagunari. Sono stati scelti una serie di parametri tali che i valori possano essere ottenuti direttamente o indirettamente dai risultati dell'applicazione del modello. Il LWQI si basa sui seguenti parametri:

- ossigeno disciolto;

- clorofilla - a;
- azoto inorganico disciolto;
- fosforo inorganico disciolto;
- copertura macroalgale;
- copertura a piante radicate.

Per ogni parametro sono state elaborate delle funzioni per ottenere valori di Q direttamente proporzionali alla qualità ambientale. Le funzioni sono state costruite considerando limiti e classificazioni OECD (*Organization for Economic Co - operation and Development*) (Vollenweider, 1968). Le funzioni sono riportate nelle figure 3.2 - 3.7.

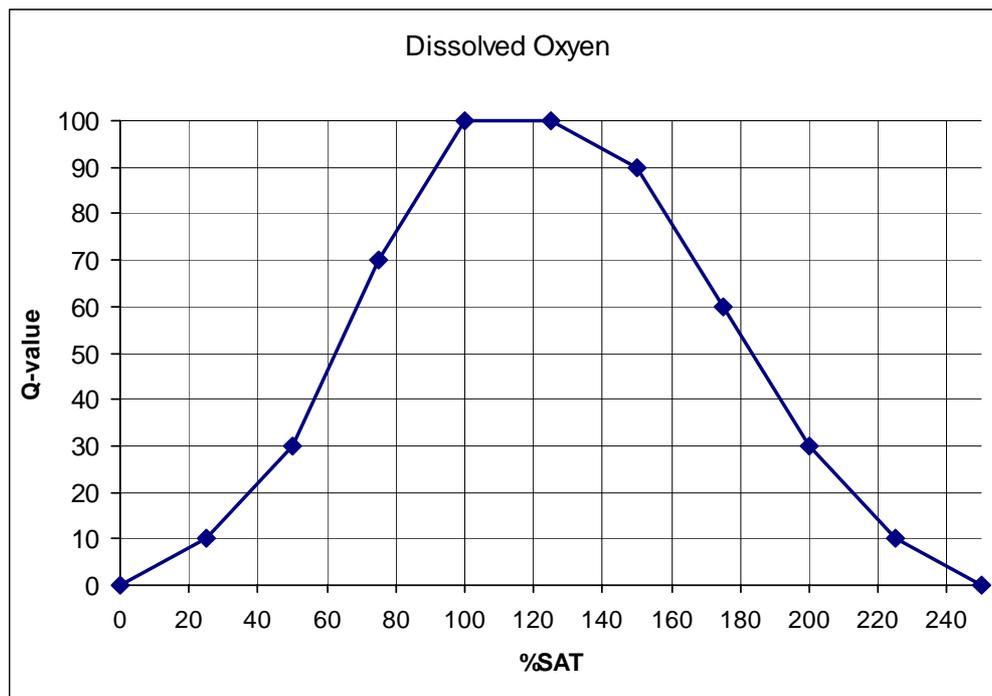


Figura 3.2: Relazione tra percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto e relativo *Q-value*.

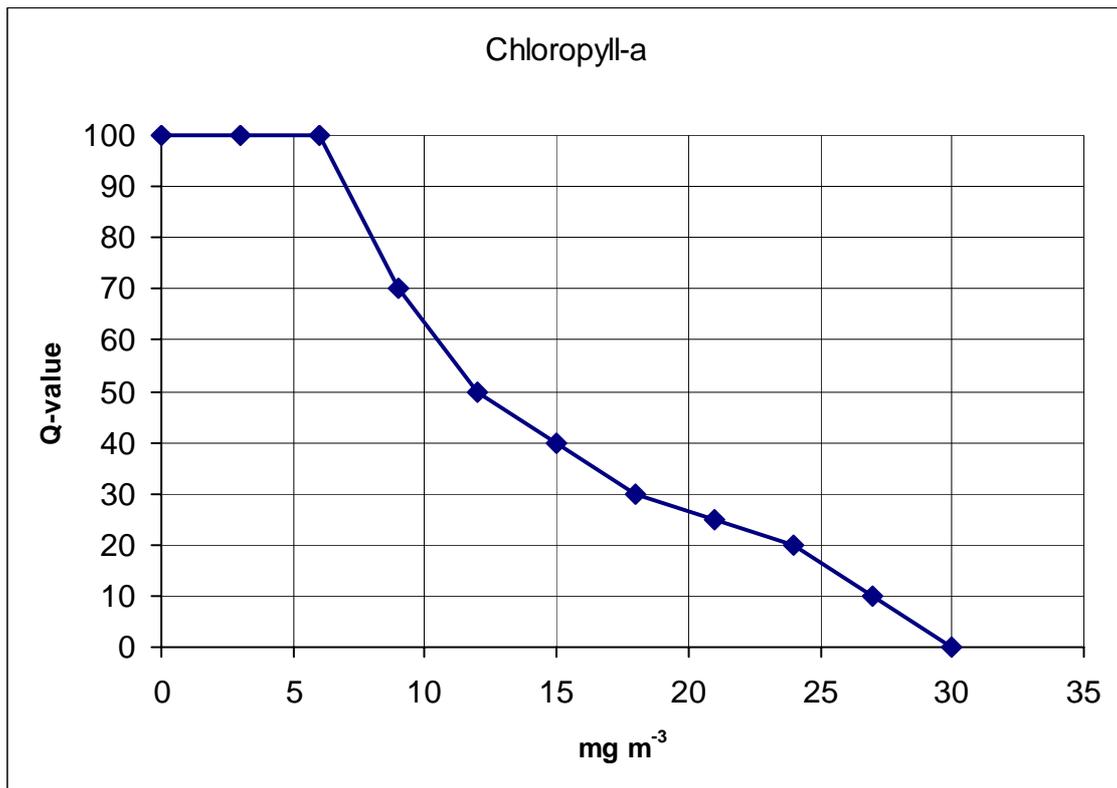


Figura 3.3: Relazione tra concentrazione di clorofilla-a fitoplanctonica in mg m^{-3} e relativo Q -value.

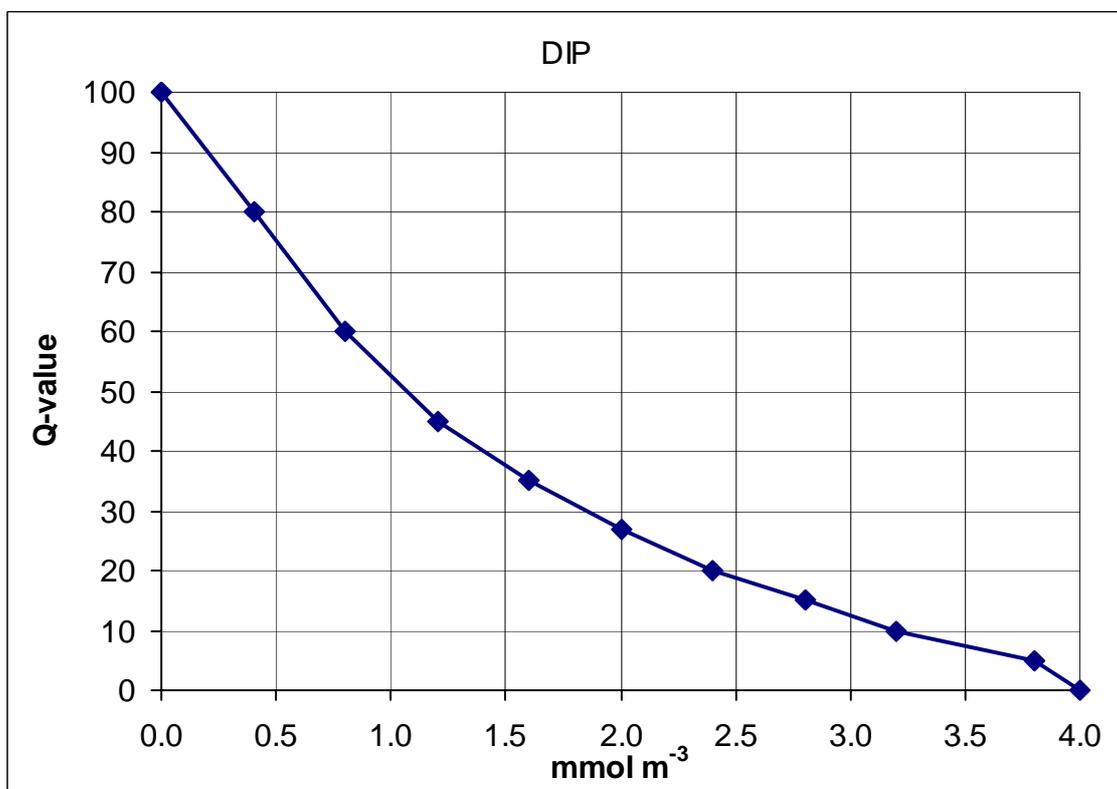


Figura 3.4. Relazione tra concentrazione di fosforo inorganico disciolto (DIP) in mmol m^{-3} e relativo Q -value.

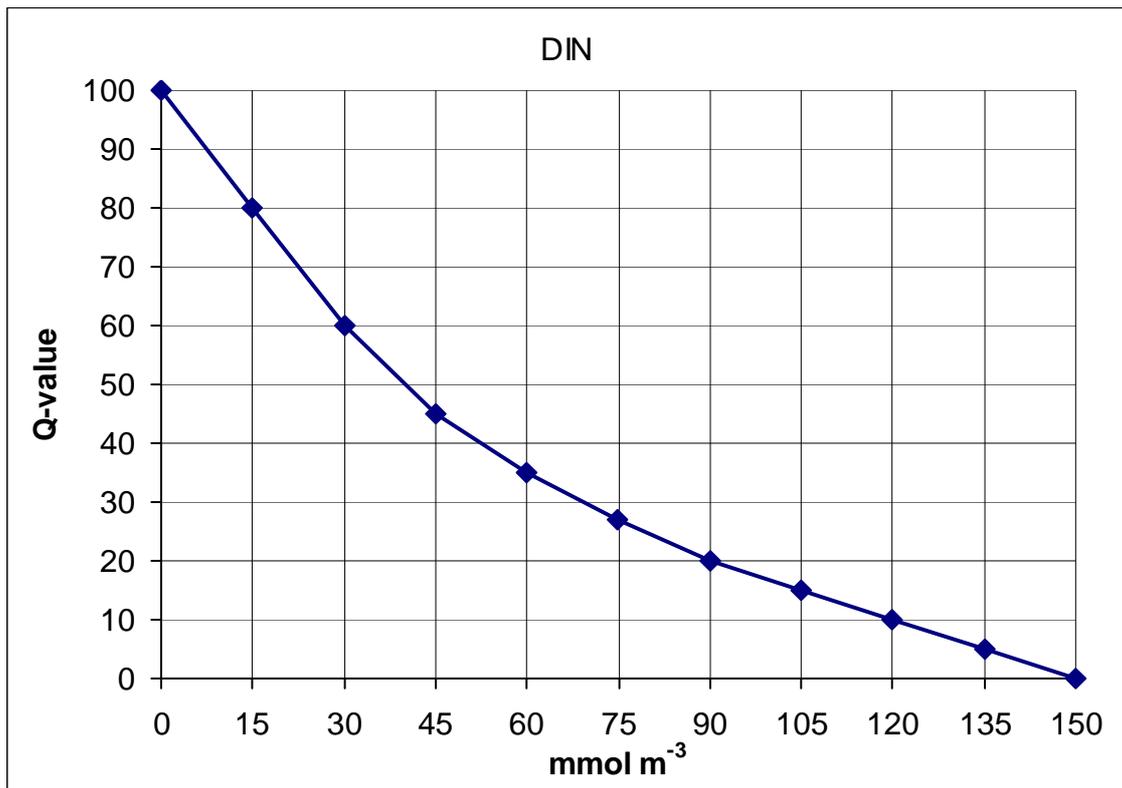


Figura 3.5. Relazione tra concentrazione di azoto inorganico disciolto (DIN) in mmol m^{-3} e relativo *Q-value*.

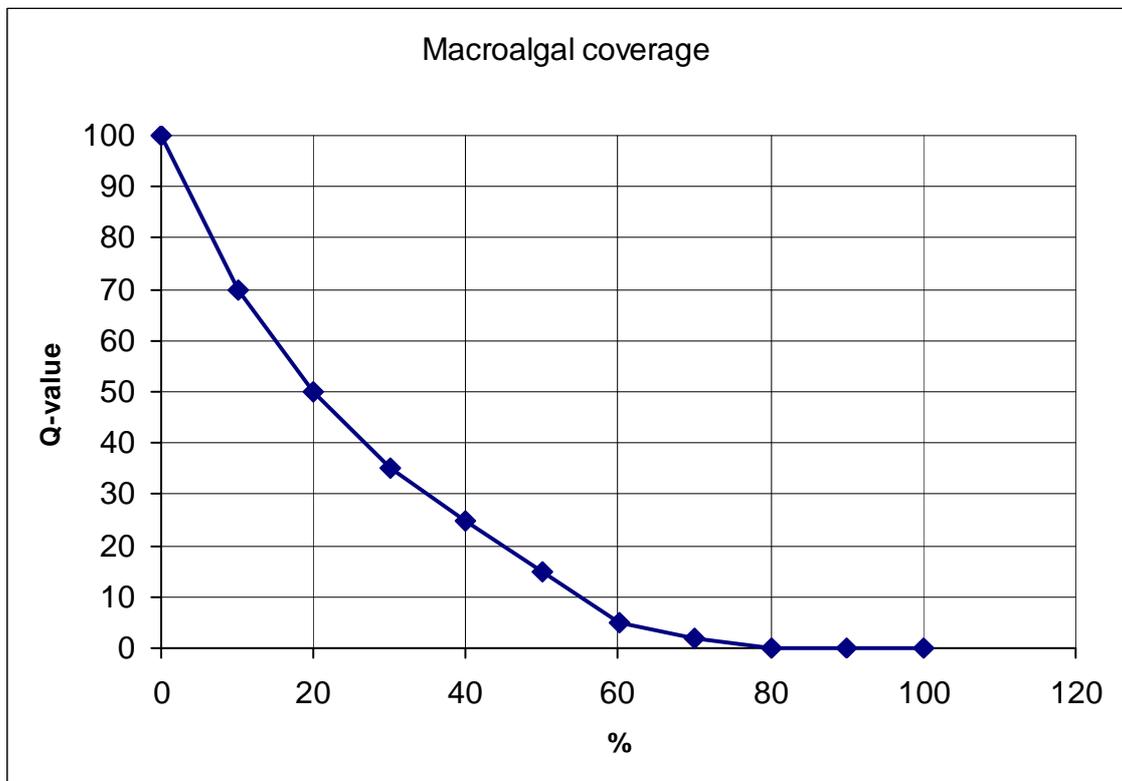


Figura 3.6. Relazione tra la percentuale di copertura macroalgale della superficie della laguna e relativo *Q-value*.

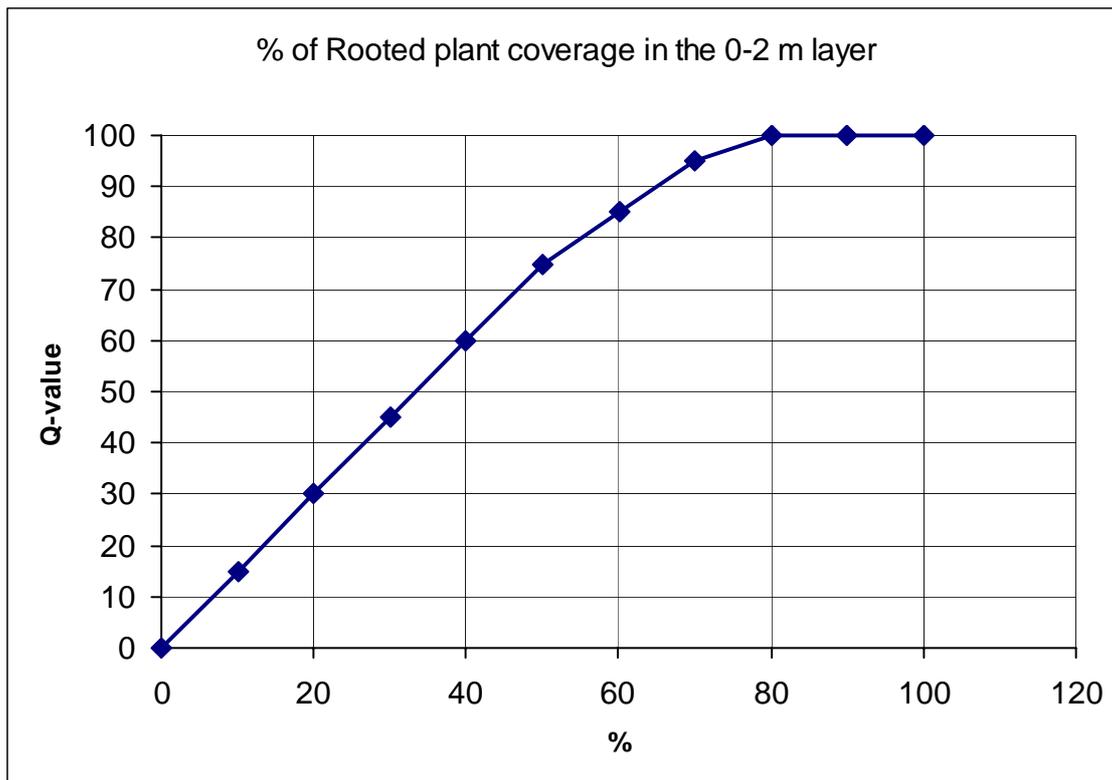


Figura 3.7: Relazione tra la percentuale di copertura a piante radicate della superficie della laguna a profondità 0-2 m e relativo *Q-value*.

3.2.1 Ossigeno disciolto

La curva dell'ossigeno disciolto è stata costruita considerando la percentuale di saturazione dell'ossigeno (%SAT) che integra concentrazione, temperatura e salinità della colonna d'acqua.

Condizioni ottimali sono quelle con valori prossimi al 100% di saturazione in cui la massa d'acqua è in equilibrio con l'atmosfera o è leggermente sovra-satura. Quindi il valore massimo di *Q*, che equivale a 100, è stato attribuito a valori di %SAT tra 100 e 125. Valori inferiori di %SAT indicano condizioni di sempre peggior qualità ambientale e quindi sono stati assegnati valori di *Q* gradatamente inferiori sino a 0 per condizioni di anossia.

Anche valori molto superiori al 100% indicano condizioni di criticità perché, in questo caso, elevate quantità di carbonio organico proveniente da processi di produzione primaria si stanno accumulando nel sistema. Di conseguenza, è prevedibile successivamente un'elevata richiesta di ossigeno per la degradazione di questa sostanza

organica accumulata, sicuramente superiore a quella disponibile nella massa d'acqua in quanto, durante la fase di sovrasaturazione, un'elevata quantità di ossigeno è stata rilasciata nell'atmosfera. Quindi condizioni di elevata sovrasaturazione (maggiore del 150%) sono indicative di probabili condizioni di anossia nei mesi successivi. Valori di Q decrescenti sono assegnati per condizioni di sovrasaturazione sino a 0 per %SAT superiori al 250%.

3.2.2 Clorofilla - a fitoplanctonica

La concentrazione di clorofilla - a fitoplanctonica è indice della presenza di fitoplancton; elevate concentrazioni di questa molecola indicano la presenza di una fioritura fitoplanctonica ma non forniscono una misura diretta della biomassa o biovolume fitoplanctonico.

Fioriture fitoplanctoniche sono indice di condizioni di elevata trofia; quindi, ad elevate concentrazioni di clorofilla - a, maggiori di 30 mg m^{-3} , sono stati attribuiti valori nulli di Q (Fig. 3.3).

Valori di elevata qualità ambientale (Q uguale a 100) sono stati attribuiti a concentrazioni di clorofilla - a inferiori a 6 mg m^{-3} . Un rapido decremento di Q è stato assegnato non appena la concentrazione di clorofilla - a supera i 6 mg m^{-3} in quanto il superare questo limite indica un netto peggioramento delle condizioni ambientali.

3.2.3 Fosforo inorganico disciolto (DIP)

Il fosforo inorganico disciolto, costituito principalmente da ortofosfato, è un nutriente molto importante che stimola la produzione primaria.

La curva riportata in fig. 3.4 è stata costruita considerando i limiti riportati da Vollenweider (1968) per i diversi livelli di trofia. La diminuzione di Q è più rapida a basse concentrazioni di DIP perché in queste condizioni si passa più velocemente da una classe di buona qualità ad una inferiore. Le variazioni di Q sono invece più lente ad elevate concentrazioni di DIP.

Valori nulli di Q sono stati attribuiti a concentrazioni di DIP maggiori di 4 mmol m^{-3} .

3.2.4 Azoto inorganico disciolto (DIN)

Il *pool* dell'azoto inorganico disciolto è composto principalmente da azoto nitrico ed ammoniacale e, in minor misura, da azoto nitroso.

Per questo *pool* sono valide le stesse considerazioni discusse per il DIP nel paragrafo 3.2.3 a parte l'intervallo di concentrazione che per il DIN è più ampio (Fig. 3.5). Valori nulli di Q sono stati attribuiti a concentrazioni superiori a 100 mmol m⁻³.

3.2.5 Copertura macroalgale

Per copertura macroalgale s'intende la percentuale di superficie della laguna coperta da uno strato consistente di macroalghe. Queste ultime sono indice di un elevato stato trofico della laguna e competono efficacemente con il fitoplancton per i nutrienti e la luce. Questo parametro, quindi, va considerato come un'integrazione alla misura della clorofilla - a fitoplanctonica in quanto basse concentrazioni di questa molecola in ambienti eutrofici possono essere dovute a fioriture macroalgali.

Condizioni di elevata qualità ambientale sono indicate da bassa concentrazione di clorofilla - a fitoplanctonica e una bassa copertura di macroalghe. Valori nulli di Q sono attribuiti a coperture macroalgali superiori all'80%, questo considerando che una parte della laguna può comunque non essere coperta da macroalghe per motivi fisici come correnti e flussi di marea (Fig. 3.6). Un rapido decremento di Q è stato assegnato all'intervallo da 0 al 10% di copertura in quanto l'apparire di una fioritura macroalgale in un ambiente che ne è normalmente privo è la peggior indicazione dell'aumento del suo trofismo.

3.2.6 Copertura di piante radicate

La presenza di piante radicate è la miglior indicazione dell'elevata qualità ambientale di una laguna, essendo le stesse piante generalmente molto evolute (fanerogame), pluriennali e con modesti tassi di crescita.

Le piante radicate necessitano di elevate condizioni di trasparenza delle acque ed utilizzano principalmente i nutrienti del sedimento risultando più competitive in condizioni di bassa trofia della laguna. Le stesse sono anche in grado di accumulare sostanza organica refrattaria che viene ritenuta nel sedimento rappresentando una perdita di carbonio e nutrienti per il sistema.

La percentuale di copertura di piante radicate è riferita alla superficie della laguna con profondità variabile da 0 a 2 m per non considerare le zone fisicamente inadatte alla crescita di questi vegetali. Valori elevati di Q sono stati attribuiti per coperture maggiori dell' 80% per considerare quelle zone che, per motivi fisici o altro, non possono essere colonizzate da piante radicate neanche in condizioni di elevata qualità ambientale (Fig. 3.7).

Il decremento maggiore di Q è stato assegnato per variazioni di copertura prossime allo zero in quanto la scomparsa delle piante radicate è una forte indicazione di un peggioramento della qualità ambientale.

3.2.7 Stima dei pesi attribuiti a ciascun *Q-value*

Come per il WQI, pesi differenti sono stati attribuiti ai diversi *Q-values* in base alla relativa importanza del parametro come indice di qualità ambientale.

I pesi, la cui somma deve essere pari a 1, sono stati attribuiti seguendo le indicazioni descritte per il WQI, ma decisi su scala arbitraria.

Si riportano i valori dei pesi per ogni parametro in tab. 3.3.

Tabella 3.3. Fattori di peso attribuiti a ciascun parametro del LWQI

O ₂ % SAT	Chl-a	DIP	DIN	Copertura macroalghe	Copertura piante radicate
0.15	0.15	0.12	0.12	0.23	0.23

I fattori di peso maggiori sono stati attribuiti alla copertura macroalgale e delle piante radicate in quanto queste sono considerate come gli indici più significativi per determinare la qualità ambientale di una laguna. I pesi più modesti sono stati attribuiti alla concentrazione di DIN e DIP in quanto spesso, nelle lagune, processi interni come

mineralizzazione di sostanza organica, fissazione dell'azoto e rilascio del fosforo adsorbito dal sedimento forniscono elevate quantità di nutrienti tali da rendere la semplice misura della loro concentrazione nell'acqua poco indicativa della qualità ambientale.

Valori intermedi sono stati attribuiti alla clorofilla - a e all'ossigeno perché essi sono comunque dei buoni indicatori essendo il risultato di una serie di processi biologici e possono influire pesantemente sulla struttura dell'ecosistema lagunare.

3.2.8 Stima del LWQI e qualche esempio di applicazione

Il valore di LWQI è la somma dei *Q-values* ottenuti dalle funzioni descritte in precedenza moltiplicati per i pesi indicati nel paragrafo 3.2.7 e varia idealmente da 0 a 100 anche se queste condizioni estreme sono particolarmente rare dato che questi parametri difficilmente contribuiscono tutti nella stessa direzione.

Un esempio di applicazione del LWQI, relativo a 5 lagune dell'Europa meridionale studiate per il progetto DITTY, è riportato in figura 3.8.

In questo caso i valori più elevati di LWQI sono stati calcolati per il Golfo di Gera (Grecia) con valori prossimi a 100. Questo sistema ha un bassissimo carico di nutrienti trovandosi in una zona lontana da centri abitati e zone industriali o agricole; l'unica attività significativa è una certa produzione di olio d'oliva. Valori leggermente inferiori sono stati stimati per Ria Formosa, una laguna nel Sud del Portogallo soggetta a importanti scambi di marea con l'Oceano Atlantico. Valori di LWQI vicini a 70 sono stati calcolati per l'Etang du Thau (Francia) e il Mar Menor (Spagna). La prima è sede di importanti allevamenti di ostriche, riceve scarsi carichi di nutrienti, limitati agli eventi piovosi ed è colonizzata da una estesa prateria di *Zostera marina* e *Z. noltii*. Il Mar Menor, invece, è un largo sistema lagunare costiero posizionato nel Sud della Spagna che riceve elevati *inputs* di nutrienti da un largo bacino sfruttato per intense attività agricole; si tratta di un ambiente piuttosto chiuso (il tempo medio teorico di residenza della massa d'acqua è di circa 6 mesi).

I valori più bassi del LWQI, attorno a 50, sono stati stimati per la Sacca di Goro a causa degli elevati apporti di nutrienti dal bacino e dell'assenza di significative coperture di piante radicate. Inoltre, il mare adiacente alla Sacca è influenzato dal

pennacchio dei rami deltizi del Po che la corrente prevalente dell'Adriatico settentrionale spinge verso Sud. Spesso le concentrazioni di nutrienti in mare sono elevate e ciò può essere considerato un'ulteriore fonte di *inputs* di nutrienti per la Sacca di Goro.

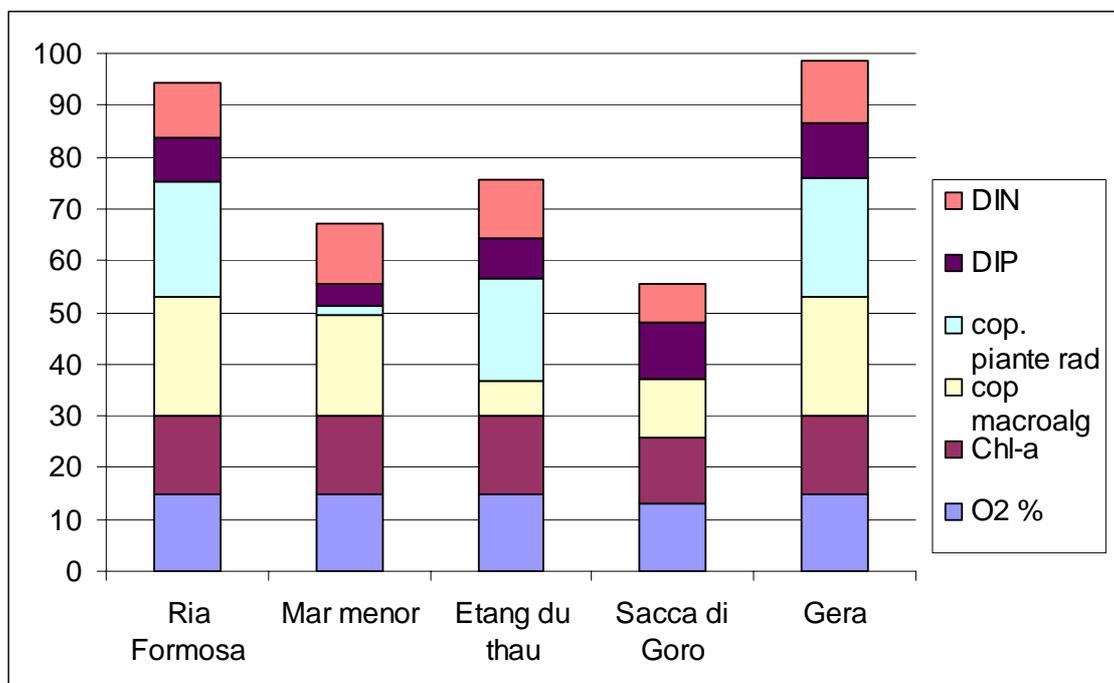


Figura 3.8: Lagoon Water Quality Index (LWQI) calcolato per 5 lagune dell'Europa Meridionale.