

Caratteristiche idrologiche delle acque al largo del golfo di Trieste – Stazione P555 (gennaio 2008-dicembre 2019)

La stazione di campionamento P555 posta in prossimità della meda ISMAR-CNR “Paloma” è sita nell’area centrale del golfo di Trieste e presenta una batimetria di 26m, viene monitorata mensilmente in collaborazione con ISMAR-CNR dal gennaio 2008. Le misure con profili verticali sono state eseguite utilizzando le seguenti sonde multiparametriche: Idronaut mod. 316, dal gennaio 2008 al gennaio 2014 e Idronaut mod. 316 *plus*, dal febbraio 2014 ad oggi. I sensori di pressione, temperatura e conducibilità vengono tarati annualmente dalla ditta costruttrice, mentre i sensori per la misura del pH, dell’ossigeno disciolto sono stati tarati prima di ogni campagna di rilevamento secondo le indicazioni fornite dalla ditta costruttrice. Il sensore di fluorescenza indotta utilizzato per stimare la clorofilla *a* viene tarato con valori di clorofilla *a* ottenuti da analisi di laboratorio utilizzando il metodo ISPRA/SIBM 56/2010 “Metodologie di studio del plancton marino”.

Le caratteristiche oceanografiche della stazione risentono dell’azione delle forzanti meteorologiche e marine. In generale, nel periodo autunnale-invernale lo strato superficiale rilascia calore all’atmosfera raggiungendo temperature inferiori a 9-10°C (<5°C nel febbraio 2012) e l’instabilità della colonna d’acqua favorisce il mescolamento delle sue masse d’acqua rendendola omogenea, nel periodo estivo con l’instaurarsi della stabilità per l’accumulo di calore dall’atmosfera, la temperatura superficiale raggiunge valori superiori a 25°C (>28°C ad inizio agosto 2018) e un gradiente termico di circa 10-12°C interessa la colonna d’acqua dalla superficie al fondo.

Benché posta a circa 6 miglia nautiche al largo della foce del fiume Isonzo risente dell’apporto di acque a bassa salinità soprattutto in marzo-aprile e novembre, mentre gli strati sub-superficiali sono caratterizzati da salinità superiori a 38 nel periodo invernale (38.5 febbraio 2012) e durante i periodi di maggiore ingressione nel golfo di acque di origine istro-dalmata per effetto di risalita (circolazione ciclonica delle correnti marine) associata a forti venti di Bora.

L’ossigeno disciolto è in sovrasaturazione in superficie e negli strati intermedi della colonna d’acqua soprattutto tra maggio e luglio in associazione a fioriture planctoniche, mentre moderata ipossia si registra tra agosto e settembre per l’effetto del consumo d’ossigeno nei processi di rimineralizzazione della sostanza organica in fase di sedimentazione nella colonna d’acqua. La clorofilla *a* rilevata con misure di fluorescenza indotta *in situ* si attesta sul valore medio di 1.0±0.6 µg/l (1.2±0.7 µg/l strato d’acqua compreso tra 15m a 26m) con massimi superiori a 3-4 µg/l nel periodo estivo.

Risultati

Analizzando la distribuzione temporale dei parametri si osservano le seguenti **tendenze annuali**:

Parametro	Colonna d'acqua (0-26m)	Colonna d'acqua (15-26m)
Temperatura (°C)	+0.10	+0.09
Temperatura (°C) mesi invernali	+0.11	+0.10
Temperatura (°C) mesi estivi	0.00	0.00
Salinità	+0.06	+0.04
Anomalia di densità (kg/m ³)	+0.02	+0.01
Stabilità colonna d'acqua – Frequenza di Brunt-Väisälä (cicli/h)	-0.29	-0.22
Ossigeno disciolto (% sat.)	+0.58	+0.78
Ossigeno disciolto (ml/l)	+0.02	+0.03
Utilizzazione Apparente di Ossigeno (AOU) (ml/l)	-0.02	-0.04
Clorofilla <i>a</i> (µg/l)	0.00	0.00

La **temperatura** e la **salinità** presentano una tendenza positiva, associata al cambiamento climatico in atto, che ipotizzerebbe, per la temperatura, l'incremento di 1°C in un decennio, questo è evidente soprattutto nei mesi invernali. L'aumento della salinità è invece associato sia alla minor diluizione delle acque del golfo, dovuto al decremento nel numero di eventi ad elevata portata del fiume Isonzo, che all'ingressione nel bacino di acque ad alta salinità formatesi nell'Adriatico meridionale e mare Ionio. Il minor apporto di acque dolci, probabilmente, va ad influenzare anche la **stabilità della colonna d'acqua** che presenta una tendenza negativa, cioè una minor stratificazione alina soprattutto negli strati superficiali per la carenza di apporti fluviali.

La percentuale di **ossigeno disciolto** ha una tendenza positiva dovuta all'incremento di temperatura e salinità, infatti a parità di ossigeno disciolto in acqua, il valore in percentuale aumenta all'aumentare del valore dei due parametri. La concentrazione dell'ossigeno disciolto espressa in ml/l si può, invece, considerare costante nel tempo, mostrando una leggera tendenza positiva. L'**AOU** (Utilizzazione Apparente di Ossigeno) calcolata come differenza tra la concentrazione pari all'equilibrio di saturazione e quella misurata in acqua ha una leggera tendenza negativa che potrebbe indicare, nel tempo, una minor attività produttiva del comparto fitoplanctonico.

La **clorofilla a**, indice della biomassa fitoplanctonica, per gli anni considerati non presenta una tendenza evidente. E' da notare, per il periodo 2008 – 2014, una maggior presenza di picchi del parametro nel periodo estivo (giugno-agosto) con massimi di 8-9 µg/l posizionati soprattutto negli strati sub-superficiali. L'assenza di tali picchi nel periodo temporale successivo potrebbe essere associato all'allestimento con un diverso sensore di fluorescenza della sonda multiparametrica, che, benché tarato come quello precedente utilizzando concentrazioni di clorofilla a ottenute con il metodo: ISPRA/SIBM 56/2010 "Metodologie di studio del plancton marino" non riesce ad evidenziare i valori più alti.

Conclusioni

A scala mondiale il "Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC" indica, per un periodo compreso tra 1971 e 2010 e per le acque superficiali (fino a 75m di profondità), un incremento della temperatura compresa tra 0.09°C e 0.13°C ogni dieci anni, per il mare Mediterraneo l'incremento varia, a seconda del bacino acqueo considerato, tra 0.24°C e 0.51°C per decade.

Considerando il mare Adriatico, dalle serie temporali delle temperature superficiali, medie annuali, per il periodo 1982-2012 sembra non si evinca una chiara tendenza all'aumento della temperatura. L'analisi statistica comunque indica un possibile trend di circa 0.4 °C per decade, al quale contribuisce prevalentemente il periodo primaverile ed estivo.

Dagli studi effettuati per il golfo di Trieste, su valori di temperatura del mare per il periodo 1921-2000 non si evidenziano tendenze nelle temperature. E' possibile individuarne un aumento dagli anni 1970 che è in parte mascherato da una oscillazione multidecadale, del periodo di 70 anni e di ampiezza di circa 0.5 °C.

La serie storica di temperatura analizzata per il golfo di Trieste per il periodo 1991-2003 presenta, per lo strato superficiale, un incremento annuale di 0.1°C nei mesi primaverili ed estivi, ma non nel resto dell'anno. Per quello posto alla profondità di 10 m è stata calcolata una tendenza di 0.2 °C all'anno soprattutto nel periodo estivo.

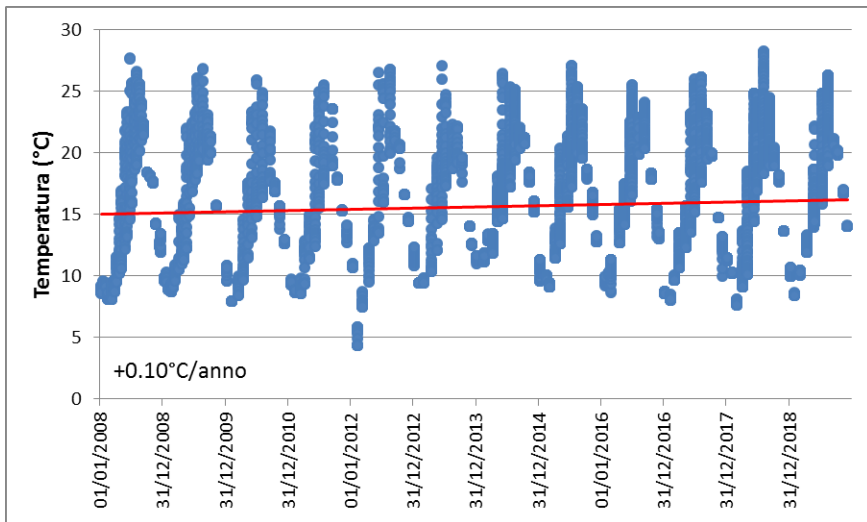
L'analisi delle misure rilevate dal 2008 al 2019 per la stazione posta al largo del golfo mostra una tendenza, statisticamente significativa, relativa ad un aumento di 1°C ogni decennio (0.9°C/decennio non considerando nell'analisi le temperature misurate nel febbraio 2012, mese particolarmente freddo) . Ciò è evidente sia considerando i dati annuali che quelli registrati nel periodo invernale (Dicembre - Marzo), l'analisi statistica effettuata, invece, per il periodo estivo (Luglio-Ottobre) non evidenzia nessuna tendenza.

Tale risultato è in contraddizione rispetto a quello ottenuto dall'analisi della serie storica 1991-2003 e potrebbe indicare che l'aumento delle temperature del mare per i mesi invernale è avvenuta principalmente in questi ultimi 10 anni, aumento che, per i mesi estivi era, invece, probabilmente in fase attiva nel periodo 1991-2003 ed attualmente in fase di stasi.

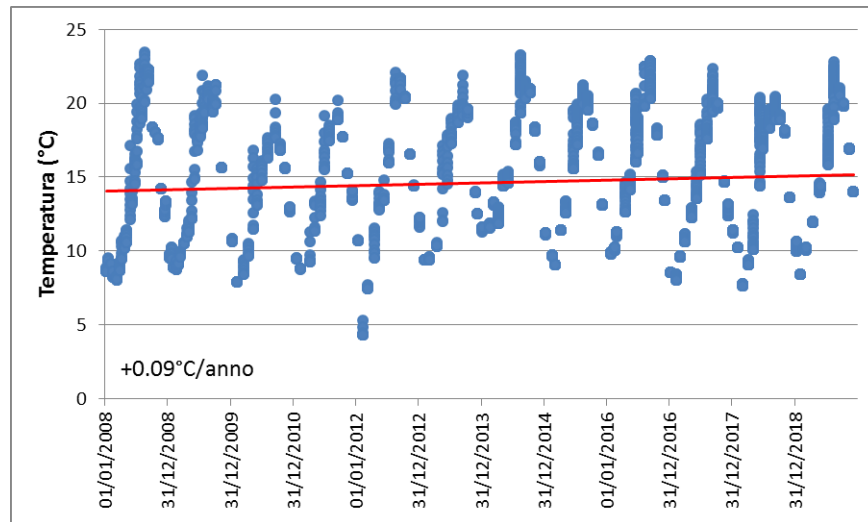
Ciò indica che le acque del golfo di Trieste, a causa della conformazione geografica e batimetrica del bacino e delle forzanti atmosferiche che agiscono su di esse, sono particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici che potrebbero avvenire con modalità e tempi differenti. Evidenziando più o meno marcatamente i processi di riscaldamento globale in atto.

L'analisi effettuata mostra anche un aumento annuale della salinità compreso tra 0.04 e 0.06 che potrebbe essere messo in relazione al minor apporto fluviale e quindi ad un minor carico di sali nutritivi sversati nel golfo, che associato al "trend" negativo del AOU assieme alla diminuzione della frequenza dei picchi di clorofilla *a* potrebbe indicare la tendenza del bacino ad una maggiore oligotrofia delle sue acque.

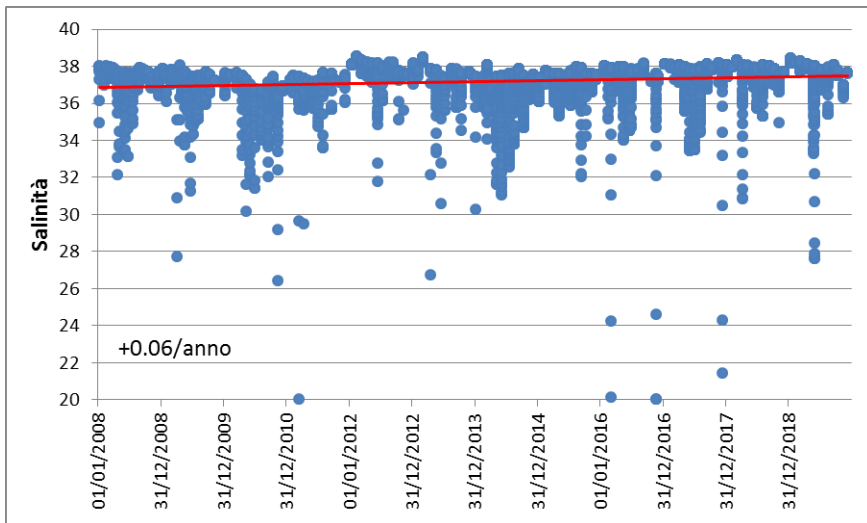
Colonna d'acqua: 0-25 m



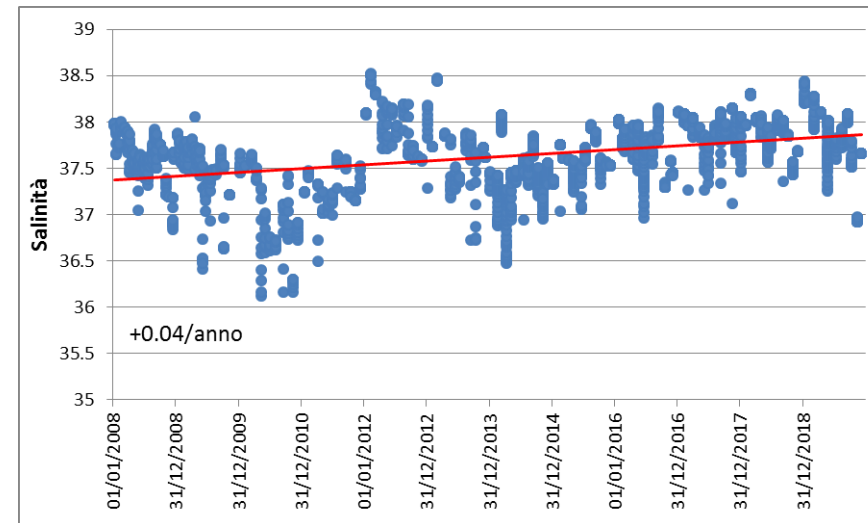
Strato di fondo: 15-25 m



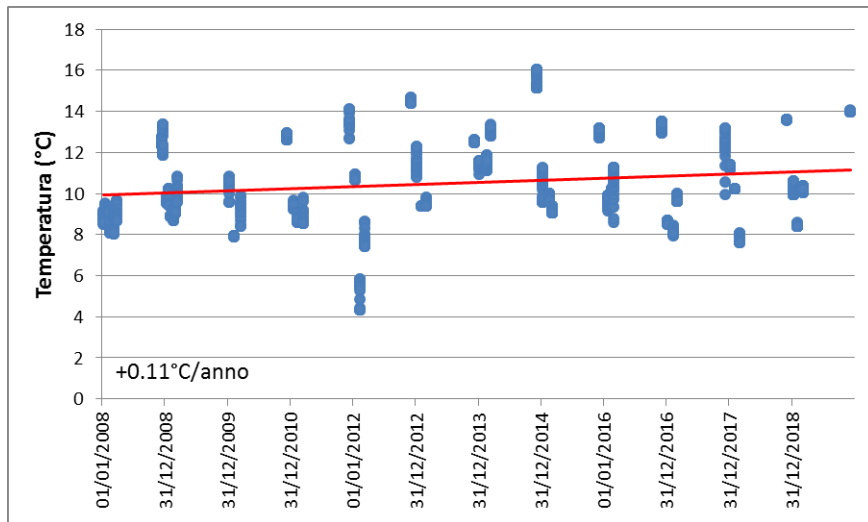
Colonna d'acqua: 0-25 m



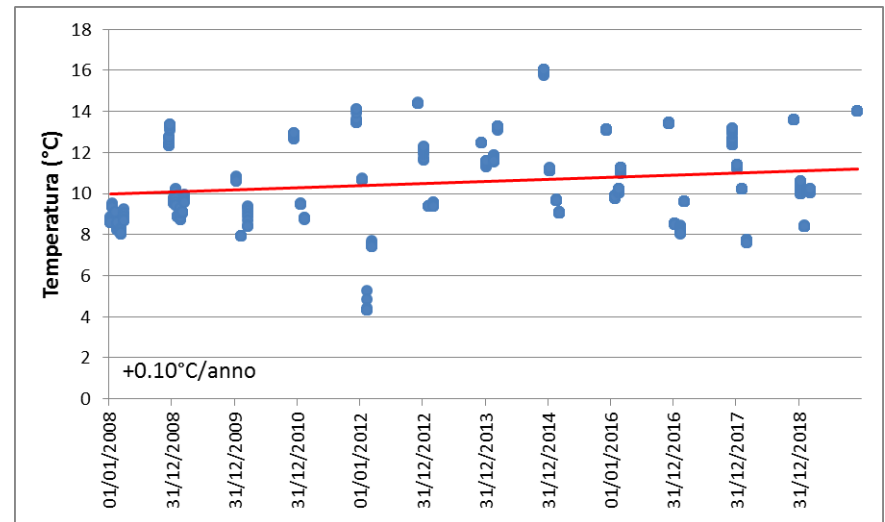
Strato di fondo: 15-25 m



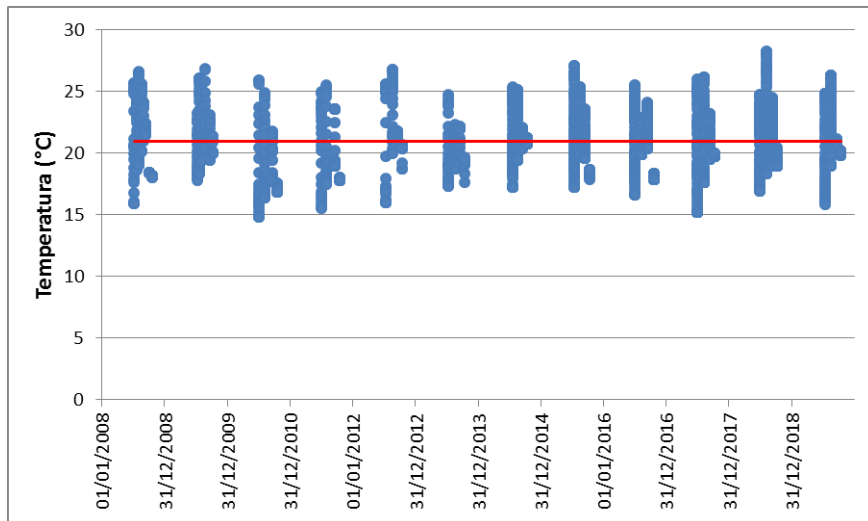
Colonna d'acqua: 0-25 m; DIC-GEN-FEB-MAR



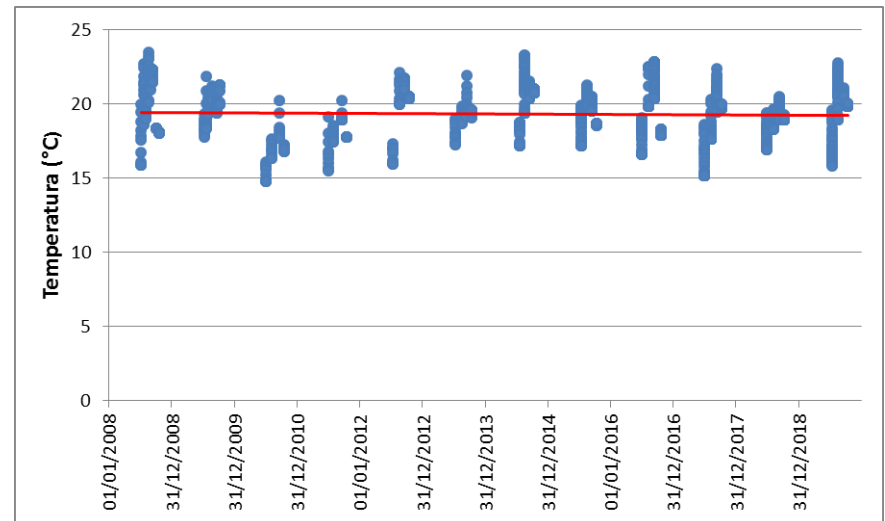
Colonna d'acqua: 15-25 m; DIC-GEN-FEB-MAR



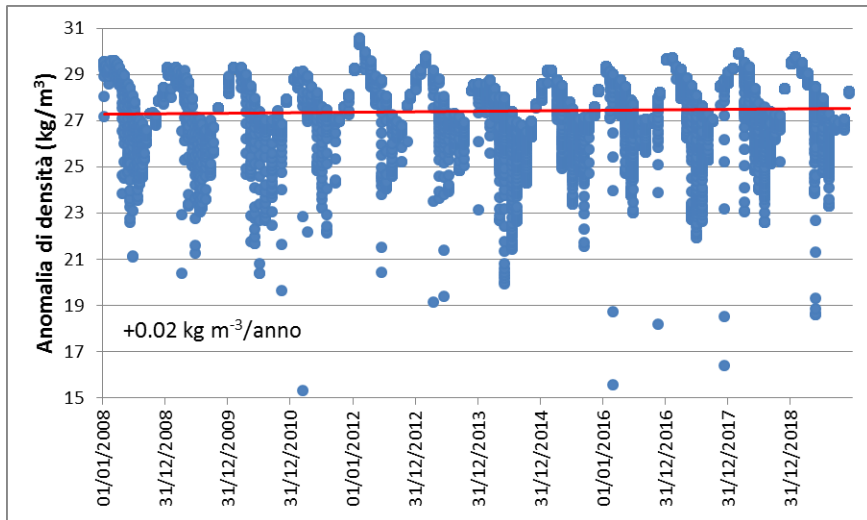
Colonna d'acqua: 0-25 m; LUG-AGO-SET-OTT



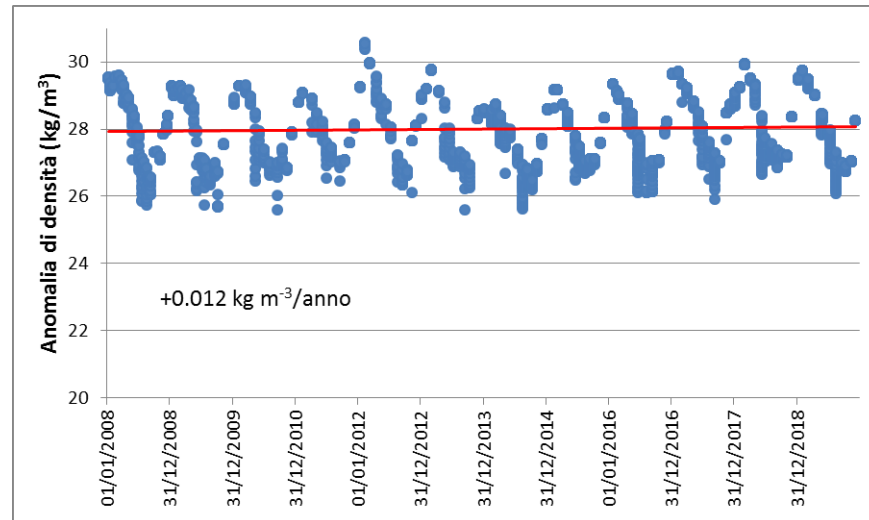
Colonna d'acqua: 15-25 m; LUG-AGO-SET-OTT



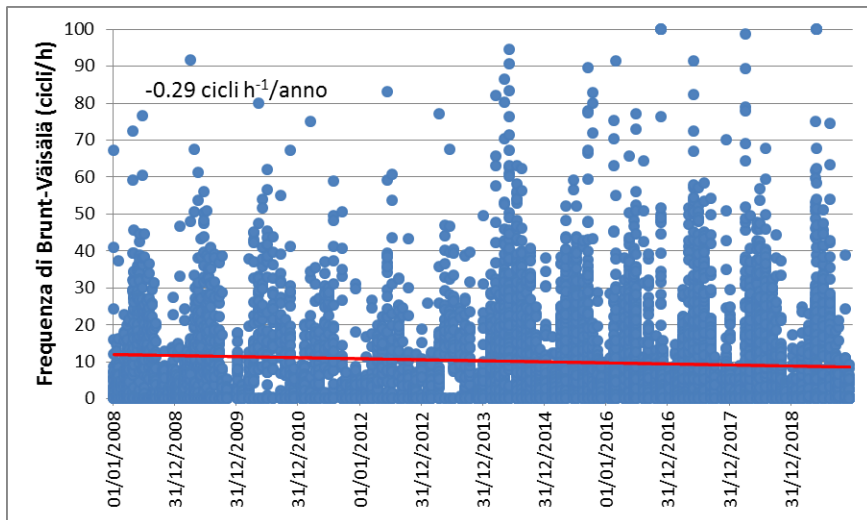
Colonna d'acqua: 0-25 m



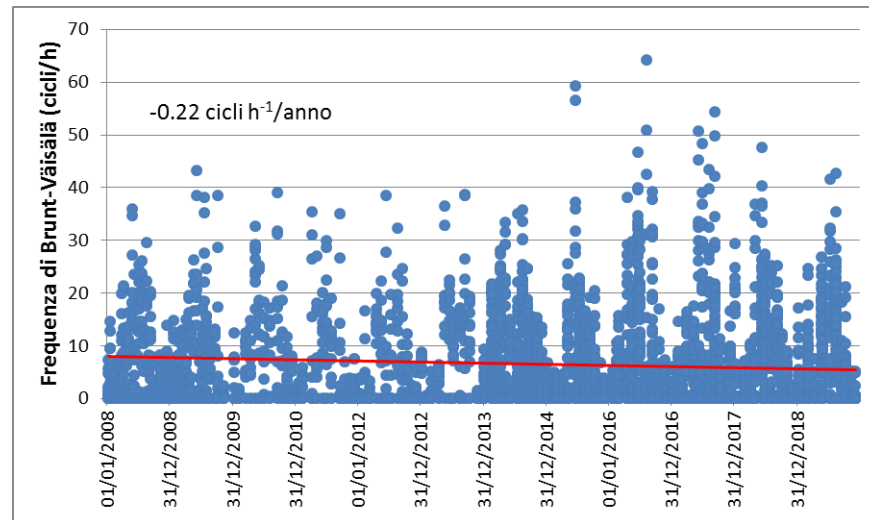
Strato di fondo: 15-25 m



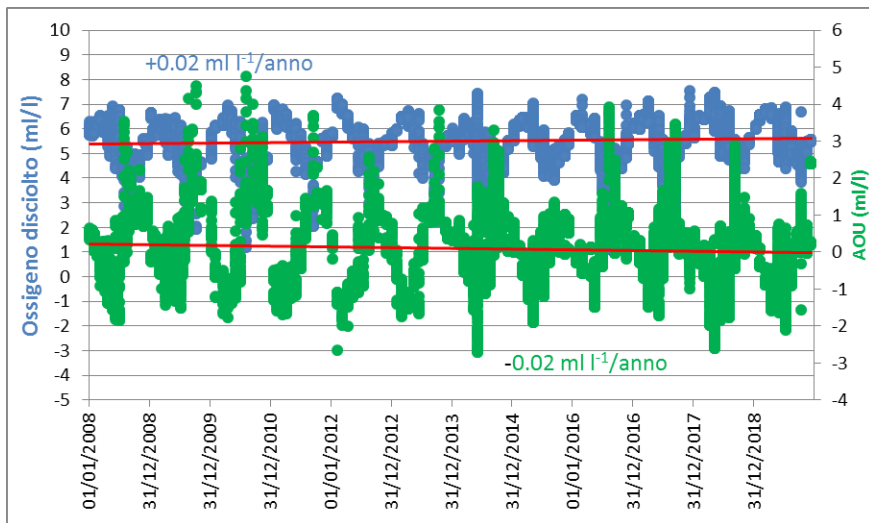
Colonna d'acqua: 0-25 m



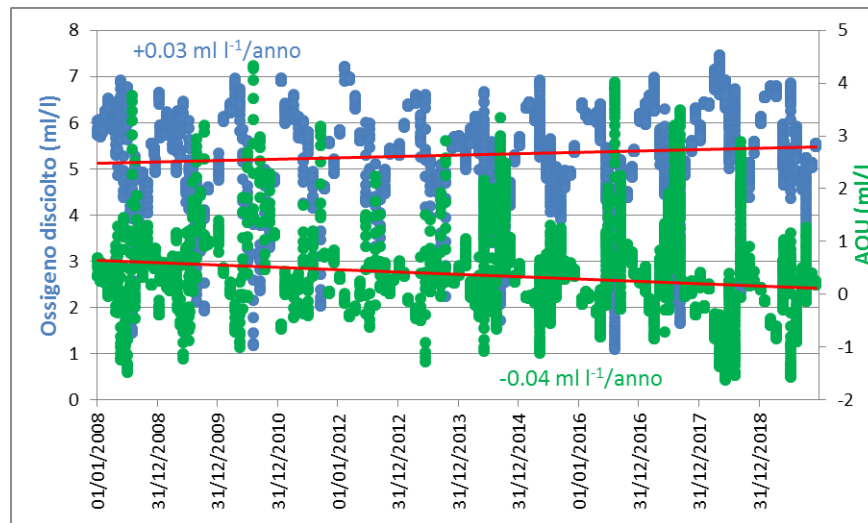
Strato di fondo: 15-25 m



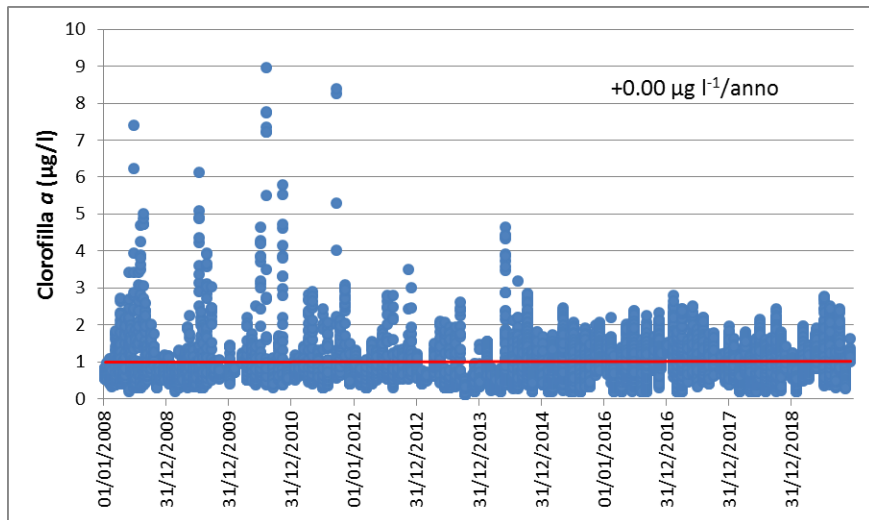
Colonna d'acqua: 0-25 m



Strato di fondo: 15-25 m



Colonna d'acqua: 0-25 m



Strato di fondo: 15-25 m

